

Д.Г. Веселова, Н.Е. Сергеев

ПРЕДИКТИВНАЯ АНАЛИТИКА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМАХ

В настоящее время актуальность использования криптоактивов стремительно растет. В последние годы торговля криптовалютой стала одной из наиболее обсуждаемых тем в мире финансов и инвестиций. Криптовалюты, такие как Биткоин, Эфириум, привлекают внимание миллионов людей благодаря своей инновационности, потенциалу высокой прибыли и возможности децентрализации. Технология блокчейн, на которой основаны криптовалюты, является одной из самых инновационных и перспективных технологий на рынке. Изучение торговли криптовалютами позволяет понять, как частные инвесторы и компании могут использовать блокчейн-технологии для инвестирования и развития своих бизнесов. Одной из главных причин популярности торговли криптовалютой является ее высокий уровень волатильности. Курс криптовалют может быстро меняться, что предоставляет возможности для получения прибыли. Данная статья направлена на исследование использования предиктивной аналитики для принятия решений в децентрализованных системах на примере торговли криптовалютами на централизованных и децентрализованных биржах. В настоящей работе проводится исследование децентрализованных и централизованных систем с целью дальнейшего создания систем поддержки принятия решений. Приведено общее описание и схемы работы децентрализованных и централизованных динамических систем на примере исследования криптобирж. Данная научная статья исследует типовую структуру централизованной и децентрализованной криптобиржи, анализируя основные компоненты и принципы ее функционирования. В статье рассматривается внутренняя организация биржи, включая систему хранения цифровых активов, механизмы выполнения сделок, обеспечение безопасности и управление рисками. Также обсуждается взаимодействие биржи с участниками рынка, а также регулируемыми органами. Помимо этого, данная научная статья исследует правила и принципы работы трейдеров и маркет мейкеров на централизованных и децентрализованных криптобиржах. Рассматриваются основные стратегии и тактики, которые используют участники рынка для обеспечения ликвидности и оптимизации операций торговли. В статье проводится сравнение подходов к торговле на различных типах криптобирж с учетом их особенностей и влияния на ценовую динамику криптовалют. Представленные результаты могут способствовать более глубокому пониманию процессов в торговле криптовалютами и оптимизации стратегий принятия решений для инвесторов и торговцев на рынке криптоактивов.

Децентрализация; динамические системы; криптовалюта; алгоритмическая торговля; предиктивная аналитика; блокчейн.

D.G. Veselova, N.E. Sergeyev

PREDICTIVE ANALYTICS FOR DECISION-MAKING IN DECENTRALIZED SYSTEMS

Currently, the relevance of using crypto assets is growing rapidly. In recent years, cryptocurrency trading has become one of the most discussed topics in the world of finance and investment. Cryptocurrencies such as Bitcoin, Ethereum, attract the attention of millions of people due to their innovativeness, high profit potential, and decentralization possibilities. The blockchain technology, on which cryptocurrencies are based, is one of the most innovative and promising technologies in the market. Studying cryptocurrency trading helps understand how private investors and companies can use blockchain technologies for investment and business development. One of the main reasons for the popularity of cryptocurrency trading is its high level of volatility. The cryptocurrency exchange rate can change quickly, providing opportunities for profit. This article focuses on exploring the use of predictive analytics for decision-making in decentralized systems using cryptocurrency trading on centralized and decentralized exchanges as an example. The research conducted in this work aims to investigate decentralized and centralized systems to further develop decision support systems. A general description and operation schemes of decentralized and centralized dynamic systems are provided using cryptocurrency exchanges as a research example. This scientific article examines the typical structure of centralized and decentralized cryptocurrency exchanges, analyzing the fundamental components and principles of their functioning. The article discusses the internal organization of the exchange, including the system for storing digital

assets, transaction execution mechanisms, security provisions, and risk management. It also examines the interaction between the exchange and market participants, as well as regulatory bodies. Furthermore, this scientific article explores the rules and principles of operation for traders and market makers on centralized and decentralized cryptocurrency exchanges. It covers the main strategies and tactics used by market participants to ensure liquidity and optimize trading operations. The article compares the trading approaches on different types of cryptocurrency exchanges considering their specific features and impact on cryptocurrency price dynamics. The presented results can contribute to a deeper understanding of cryptocurrency trading processes and optimize decision-making strategies for investors and traders in the crypto asset market.

Decentralization; dynamic systems; cryptocurrency; algorithmic trading; predictive analytics; blockchain.

Введение. Исследование децентрализованных и централизованных систем является актуальным по многим причинам. Во-первых, децентрализация предоставляет уникальные возможности для создания более устойчивых, прозрачных и безопасных систем.

Во-вторых, децентрализация имеет большое значение для многих отраслей и областей деятельности. Например, в сфере финансов и банковского дела децентрализованные системы позволяют проводить безопасные и прозрачные финансовые операции, минуя посредников и устраняя необходимость в доверии к институтам.

В-третьих, централизованные системы по-прежнему широко используются и важны для функционирования многих организаций и государств. Исследование централизованных систем помогает понять их преимущества и ограничения, а также идентифицировать возможности улучшения эффективности и безопасности.

Определение 1. Предиктивная аналитика — это процесс анализа данных, который использует различные методы и модели для прогнозирования будущих событий или результатов. Данный вид аналитики позволяет предсказывать вероятные будущие сценарии на основе данных о прошлых тенденциях и поведении [1].

Предиктивная аналитика является важным инструментом для трейдеров и инвесторов на криптобиржах, поскольку позволяет прогнозировать будущие тенденции и изменения цен на криптовалюты, используя следующие факторы:

1. Волатильность рынка.
2. Большое количество данных.
3. Повышение эффективности торговли.
4. Быстрота реакции на изменения рынка.
5. Уменьшение ошибок и повышение надежности.

В целом, предиктивная аналитика является ценным инструментом для трейдеров на криптобиржах, позволяющим прогнозировать тенденции и изменения на рынке криптовалют. Она помогает принимать осознанные решения, повышает эффективность торговли, снижает риски и повышает надежность в прогнозировании [2].

Далее приведем самые популярные и известные подходы к анализу и аналитике рынков [3, 4]:

1. Линейная регрессия: Данный алгоритм часто применяется для прогнозирования цен на криптовалюты. Он позволяет анализировать исторические данные о ценах для предсказания будущих изменений цен.

2. ARIMA (Авторегрессионное Интегрированное Скользящее Среднее): Модели ARIMA широко используются для анализа временных рядов при прогнозировании криптовалют. Они учитывают как прошлые значения, так и скользящие средние для предсказания будущих цен.

3. LSTM (Долгая Краткосрочная Память): LSTM – это тип рекуррентной нейронной сети (RNN), способной предсказывать будущие цены на основе исторических данных. Она часто используется для прогнозирования временных рядов в торговле криптовалютами.

4. Случайный лес: Алгоритм случайного леса использует ансамбль деревьев решений для анализа различных предикторов и прогнозирования. Он может применяться для предсказания цен и тенденций на рынке криптовалют.

5. Градиентный бустинг (GBM): GBM – это техника машинного обучения, которая комбинирует несколько слабых моделей прогнозирования для создания более сильной общей модели прогнозирования. Она часто применяется для предсказания цен и паттернов на рынке криптовалют.

Для сравнительного анализа приведем список продуктов, которые используются на данный момент для предсказания и аналитики поведения рынка [4, 5]:

1. TradingView: Эта платформа предоставляет инструменты для расширенного построения графиков, технического анализа и получения данных в режиме реального времени для различных криптовалют.

2. Coinigy: Coinigy предлагает комплексный набор инструментов для технического анализа, построения графиков и управления портфелем на нескольких биржах криптовалют.

3. CryptoCompare: CryptoCompare предлагает широкий спектр продуктов, включая данные рынка в режиме реального времени, исторические данные, агрегацию новостей и различные инструменты аналитики для криптовалютной индустрии.

4. CoinMetrics: CoinMetrics предоставляет всесторонний анализ данных on-chain и off-chain для криптовалют. Она предлагает исследования тенденций рынка, объемы транзакций, активность сети и многое другое.

Типовая структура централизованной криптобиржи. На схеме ниже (рис. 1) представлена типовая структура работы системы централизованной криптобиржи.

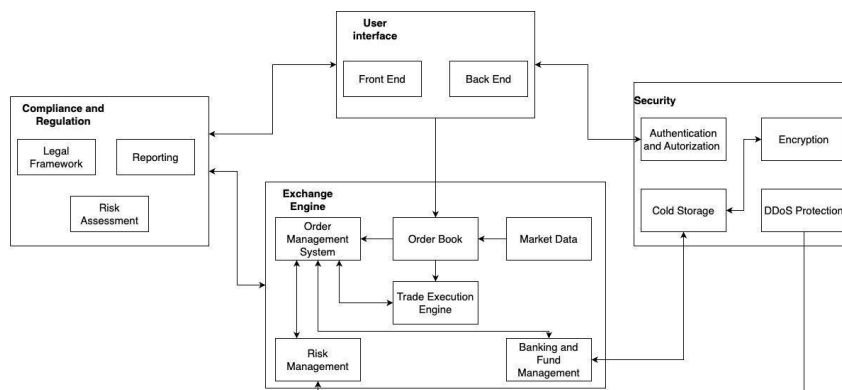


Рис. 1. Схема типовой структуры централизованной криптобиржи

Определение 2. Ордер – это заявка от трейдера на покупку или продажу определенного количества криптовалюты по определенной цене. Ордер можно разделить на два типа: ордер на покупку (buy order) и ордер на продажу (sell order). Когда ордер исполняется (то есть, когда его цена соответствует текущей цене на бирже), совершается сделка между покупателем и продавцом.

Разберем на примере структуру на примере типовой централизованной криптобиржи Binance [5, 6]. В состав инфраструктуры входят следующие компоненты:

1. Пользовательский интерфейс (User Interface):
 - a. Интерфейс (Frontend).
 - b. Бэкэнд (Backend): данный компонент является связующим звеном между фронтендом и ядром биржи.
2. Движок биржи (Exchange Engine):
 - a. Система управления ордерами (Order Management System): данная часть системы отвечает за жизненный цикл ордеров, на вход система получает заявки на покупку и продажу крипто активов, сопоставляет их между собой, следуя правилам матчинга ордеров на рынке и исполняет ордера.
 - b. Книга ордеров (Order Book): данная часть системы отвечает за трекинг всех активных заявок на покупку и продажу крипто активов, их цен, эмаунтов и времени создания и жизни.

- c. Маркет дата (Market Data): предоставляет реалтайм информацию о ценах различных крипто активов, торговых объемов, глубины стакана. данный компонент используется для иллюстрации графиков движения рынка, работы книги ордеров и системы менеджмента ордеров.
 - d. Движок исполнения ордеров (Trade Execution Engine): этот компонент отвечает за изменение балансов пользователей, исходя из исполненных ими торговых заявок.
 - e. Управление рисками (Risk Management) внедряет меры по контролю рисков и отслеживает торговые операции, чтобы предотвратить незаконное или манипулятивное поведение.
 - f. Управление средствами (Banking and Fund Management) обрабатывает процессы депозита и вывода средств, управляет балансами пользователей и обеспечивает безопасность средств, хранимых на бирже.
3. Система безопасности (Security):
- a. Аутентификация и авторизация (Authentication and Authorization): реализует безопасные механизмы входа, двухфакторную аутентификацию и управление доступом на основе ролей для защиты учетных записей пользователей.
 - b. Шифрование (Encryption): шифрует чувствительные данные, такие как учетные данные пользователей, закрытые ключи и финансовые транзакции, для обеспечения конфиденциальности.
 - c. Холодное хранение (Cold Storage): хранит значительную часть средств в автономных "холодных" кошельках, которые меньше подвержены возможным нарушениям безопасности.
 - d. Защита от DDoS-атак (DDoS Protection).
4. Система регулирования (Compliance and Regulation):
- a. Правовая система (Legal Framework): Соблюдение соответствующих законов и регуляций, связанных с криптовалютами, финансовыми услугами и защитой потребителей.
 - b. Отчетность (Reporting): Предоставляет необходимые отчеты регулирующим органам в соответствии с законом.
 - c. Оценка рисков (Risk Assessment): Периодически проводит оценку рисков и проверки, чтобы выявить и устранить проблемы, связанные с соблюдением и безопасностью.

В централизованной криптовалютной бирже обычно доступны следующие типы ордеров [7, 8]:

1. Ордер рыночной цены (Market order). Ордер на покупку или продажу определенного количества криптовалюты по лучшей доступной рыночной цене.
2. Ордер лимитированной цены (Limit order). Ордер на покупку или продажу определенного количества криптовалюты по указанной цене (лимит). Сделка будет выполнена только в случае достижения рынком указанной цены или лучше.
3. Ордер стоп-лимит (Stop order) также известный как стоп-лосс ордер, это ордер на покупку или продажу определенного количества криптовалюты, когда рыночная цена достигает заданной уровня-триггера. Это используется для ограничения потенциальных убытков или фиксации прибыли.
4. Ордер стоп-лимит с лимитированной ценой (Stop-Limit Order) похож на ордер стоп-лимит, этот ордер срабатывает, когда рыночная цена достигает указанного уровня-триггера. Однако, он выполняется как ордер с лимитированной ценой по указанной цене или лучше.

Типовая структура децентрализованной криптобиржи. Далее предлагается рассмотреть типовую структуру децентрализованной биржи на примере Uniswap v3 [9, 10].

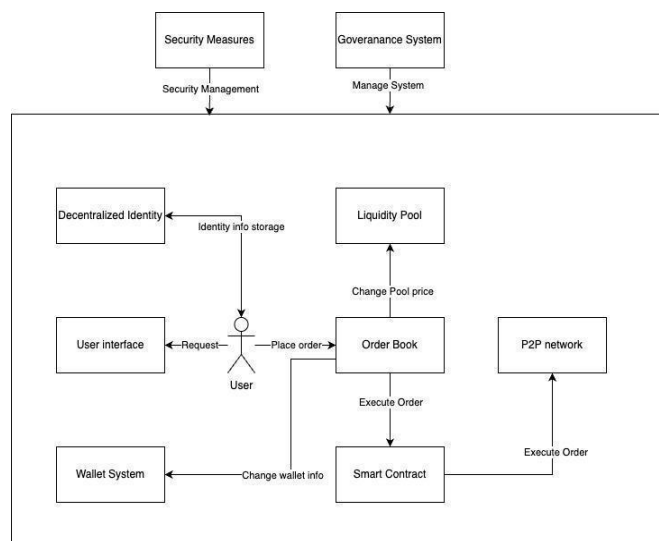


Рис. 2. Схема типовой структуры децентрализованной криптобиржи

1. Пользовательский интерфейс (User interface):
 - a. Веб-сайт или мобильное приложение, предоставляющее доступ к функциям биржи.
 - b. Позволяет пользователям создавать учетные записи, управлять кошельками, размещать ордера и просматривать историю транзакций.
2. Система кошельков (Wallet System):
 - a. У каждого пользователя есть личный кошелек, связанный с его учетной записью.
 - b. Хранит приватные ключи пользователя, необходимые для подписи транзакций.
 - c. Предоставляет безопасный способ хранения, отправки и получения криптовалют.
3. Книга ордеров (Order Book):
 - a. Управляет и сопоставляет покупку и продажу ордеров от пользователей.
 - b. Хранит и отображает текущие заявки покупки и продажи.
 - c. Позволяет пользователям размещать рыночные, лимитные и стоп-ордера.
4. Смарт контракты (Smart Contract):
 - a. Реализует логику и правила для выполнения сделок.
 - b. Обеспечивает прозрачность, безопасность и доверие с помощью технологии блокчейн.
 - c. Используется для получения он-чейн данных сторонними децентрализованными приложениями.
5. Пул ликвидности (Liquidity Pool):
 - a. Децентрализованный фонд, используемый для торговли.
 - b. Пользователи могут вносить средства в пул и получать вознаграждение.
 - c. Обеспечивает достаточную ликвидность для торговых операций.
6. Децентрализованная система хранения данных пользователей (Decentralized Identity):
 - a. Предоставляет пользователям контроль над их персональной информацией.
 - b. Обеспечивает безопасное и конфиденциальное создание учетных записей.
 - c. Позволяет пользователям сохранять владение и контроль над своими данными.
7. Peer-to-Peer сеть (P2P network):
 - a. Использует децентрализованную сеть для сопоставления ордеров и осуществления сделок.
 - b. Пользователи взаимодействуют друг с другом напрямую без посредников.
 - c. Снижает зависимость от центрального агентства и способствует доверительным сделкам.

8. Система безопасности (Security Measures):
 - a. Внедряет надежные меры безопасности для защиты средств пользователей и данных.
 - b. Использует шифрование для коммуникаций пользователей и хранения данных.
 - c. Проводит регулярные аудиты безопасности и программы поиска уязвимостей.
 - d. Предлагает аутентификацию с несколькими факторами для повышения безопасности.
9. Система управления (Governance System):
 - a. Позволяет держателям токенов участвовать в принятии решений.
 - b. Предоставляет механизмы голосования для обновлений платформы, структур комиссий и других предложений.
 - c. Способствует демократическому и общественному участию.
10. Интеграция с блокчейн-сетями (Other Blockchain Integration):
 - a. Обеспечивает совместимость с различными блокчейн-сетями.
 - b. Пользователи могут торговать различными поддерживаемыми биржей криптовалютами.

В децентрализованных крипто валютных биржах (DEX), таких как Uniswap, доступные типы ордеров отличаются из-за специфики децентрализованной платформы. Основной тип ордера, используемый на DEX, это Ордер Автоматизированного маркет мейкера (АММ). Вместо традиционных типов ордеров, DEX полагаются на пулы ликвидности и АММ, где трейдеры предоставляют ликвидность в пулы, и активы торгуются напрямую с ними. В этом случае взаимодействие осуществляется со смарт контрактами, и цены определяются алгоритмически на основе соотношений ликвидности каждой монеты в пуле [11].

Для сравнения приведем несколько примеров самых популярных децентрализованных криптобиржи [12]. Биржи были выбраны по количеству «залоченых» средств (TVL) и активности пользователей и проторгованному объему (24h Volume) [13].

1. Uniswap – децентрализованная биржа, построенная на блокчейне Ethereum. Она позволяет пользователям торговать токенами ERC-20 непосредственно из своих кошельков.

2. PancakeSwap – децентрализованная биржа, построенная на Binance Smart Chain (BSC). Она предоставляет возможности низкой стоимостной и быстрой торговли для токенов в этой сети.

3. SushiSwap – децентрализованная биржа, которая предоставляет расширенные возможности по сравнению с Uniswap, такие как возможности фарминга¹ и стейкинга.

4. 1inch – децентрализованный агрегатор обмена, который находит лучшие пути для торговли через несколько децентрализованных бирж, предлагая пользователям лучшие цены.

5. Curve Finance – децентрализованная биржа, оптимизированная для торговли стейбл монетами². Она предлагает низкую волатильность и низкие комиссии для обмена стейбл монет.

6. Balancer – децентрализованная биржа и автоматизированный портфельный менеджер. Она позволяет пользователям создавать и управлять пулами ликвидности с несколькими токенами и настраиваемыми весами.

¹ Фарминг – это процесс участия в децентрализованных финансовых (DeFi) проектах, где пользователи предоставляют свои криптовалютные активы для получения вознаграждения в виде процентов или новых токенов.

² Стейблкоины – это криптовалюты, стоимость которых привязана к стабильным активам, таким как фиатные валюты (например, доллар США), драгоценные металлы или другие стабильные активы.

7. Bancor – это децентрализованный протокол ликвидности, который позволяет пользователям торговать токенами непосредственно из своих кошельков с непрерывной ликвидностью.

8. dYdX – это децентрализованная платформа маржинальной торговли, построенная на блокчейне Ethereum. Она позволяет пользователям торговать с использованием плеча, при этом сохраняя контроль над своими средствами.

Правила и принципы работы трейдеров и маркет мейкеров. Одной из важных информационных составляющих, способных существенно влиять на поведение трейдеров криптовалют, является новости о регулирующих мерах и правительственной политике в отношении криптовалют. Основные принципы торговли для автоматизированных маркет-мейкеров на крипто биржах, как децентрализованных, так и централизованных, могут включать следующие аспекты [14, 15]:

1. Ликвидность. Маркетмейкеры стремятся обеспечить адекватную ликвидность торговых пар на бирже. Они предоставляют постоянную двустороннюю котировку, готовы купить и продать активы по различным ценам.

2. Спреды. Хорошие маркет-мейкеры стараются поддерживать низкие спреды между ценами покупки и продажи, чтобы сделки были более выгодными для трейдеров. Это обычно привлекает больше участников на биржу и способствует большей активности торговли.

3. Автоматизация. Автоматизированные маркет-мейкеры базируются на технологии, которая позволяет им быстро и эффективно реагировать на изменения цен и выставлять соответствующие ордера. Это обеспечивает непрерывность котировок и более точное отражение текущих рыночных условий.

4. Управление рисками. Маркет-мейкеры должны быть осведомлены о рисках, связанных с рыночной волатильностью и прочими потенциальными угрозами. Они должны разрабатывать стратегии управления рисками, чтобы минимизировать потери и обеспечить стабильность своей деятельности.

5. Технический анализ. Маркет-мейкеры основывают свои решения на техническом анализе рынка. Они используют инструменты анализа данных и моделирование ценовых движений для принятия решений о котировках и исполнении ордеров.

6. Глубина рынка. Маркет-мейкеры стремятся поддерживать глубину рынка для активов, чтобы облегчить трейдерам покупку и продажу значительных объемов. Это также позволяет снизить влияние крупных ордеров на рыночные цены.

7. Мониторинг и обновление. Маркет-мейкеры постоянно мониторят рынок и обновляют свои котировки в соответствии с изменениями спроса и предложения. Это помогает им адаптироваться к рыночным условиям и поддерживать конкурентоспособность.

Помимо этого, необходимо принимать в учет, что имеется некоторое количество факторов, которые влияют на поведение рынка. В ходе анализа рынка, было выделено несколько факторов, которые имеют непосредственное влияние на котировки на децентрализованных и централизованных биржах:

1. Предложение и спрос. Основной экономический принцип предложения и спроса играет значительную роль в определении цен на платформах DEX и CEX. Если спрос на конкретную криптовалюту превышает предложение, цена обычно возрастает, и наоборот.

2. Ликвидность рынка. Большая ликвидность обычно приводит к более плавным движениям цен и узким разрывам между ценой продажи и покупки. Платформы CEX часто имеют более высокую ликвидность по сравнению с DEX, так как обычно имеют более крупную пользовательскую базу, больше торговых пар и профессиональных маркетмейкеров.

3. Торговый объем. Торговый объем представляет собой общий объем торговой активности криптовалютой за определенный период. Большой объем торгов часто указывает на большое участие на рынке и может способствовать увеличению волатильности цен.

4. Манипуляция рынком и спекуляция. Рынки криптовалют подвержены манипуляции рынком, схемам "качалка" и спекулятивным торговым операциям. Эти факторы могут влиять на цены как на DEX, так и на CEX.

5. Регулирование. Государственные регулирования и политика, связанная с криптовалютами и биржами, могут серьезно повлиять на их цены. Положительные регуляторные меры, такие как признание или принятие криптовалюты, могут привести к ее росту, тогда как негативные действия могут вызвать снижение цен.

6. Технологические обновления и платформы. Обновления в блокчейн-технологии, протоколах или конкретных платформах DEX/CEX могут повлиять на воспринимаемую стоимость и функциональность криптовалют, торгуемых на этих платформах. Положительные новости и обновления могут привести к увеличению интереса к покупке и повышению цен.

7. Безопасность и взломы. Случаи нарушения безопасности, взломы или уязвимости, связанные с определенными платформами DEX или CEX, могут негативно сказаться на ценах. Пользователи могут потерять доверие к безопасности платформы, что может привести к потенциальному снижению цен.

8. Инвесторское поведение. Настроения и психология рынка также влияют на цены криптовалют. Положительные новости и оптимизм рынка или негативные новости и страх могут поднять или опустить цены, так как инвесторы реагируют на изменяющиеся рыночные условия.

Таким образом, для прогнозирования поведения рынка в той или иной ситуации, необходимо руководствоваться не только стандартными входными данными, но и учитывать социальные факторы [16, 17].

Помимо основных внешних факторов, необходимо рассмотреть виды стратегий, которые используют трейдеры и брокеры в своей деятельности. В рамках данной работы были выделены следующие стратегии, которые позволяют трейдерам реализовывать торговые операции:

1. Перемещающееся среднее пересечение (Moving Average Crossover). Данная стратегия основана на сравнении коротких (например, 50-дневное) и длинных (например, 200-дневное) скользящих средних с целью выявления сигналов к покупке и продаже при пересечении краткосрочной скользящей средней сверху или снизу от долгосрочной скользящей средней.

2. Полосы Боллинджера (Bollinger Bands). Этот алгоритм использует стандартные отклонения для создания верхней и нижней торговых полос вокруг скользящей средней. Когда цена касается верхней полосы, генерируется сигнал к продаже, а когда она касается нижней полосы, генерируется сигнал к покупке.

3. Возврат к среднему (Mean Reversion). Данная стратегия предполагает, что цены активов с течением времени имеют тенденцию возвращаться к своему среднему значению. Трейдеры идентифицируют перекупленные и перепроданные условия, открывая сделки в противоположном направлении и ожидая, что цена вернется к своему среднему уровню.

4. Агрессивная торговля (Breakout Trading). Этот алгоритм стремится выявить значимые уровни цен, такие как уровни поддержки и сопротивления, и осуществляет сделки, когда цена выходит за пределы этого диапазона. Это позволяет извлечь прибыль из увеличенной волатильности и импульса после прорыва.

5. Подход следования за трендом (Trend Following). Как следует из названия, эта стратегия стремится захватить тренды в ценах активов. Она включает в себя определение направления тренда и открытие сделок в этом направлении, с надеждой на продолжение тренда и получение прибыли от его продолжения.

6. Арбитраж (Arbitrage). Этот алгоритм стремится извлечь прибыль из различий в ценах между различными рынками или активами с низким или нулевым риском. Трейдеры одновременно покупают и продают связанные активы по разным ценам, извлекая прибыль из разницы в ценах [18].

7. Парная торговля (Pairs Trading). Данная стратегия предполагает идентификацию двух взаимосвязанных активов и одновременное открытие длинных и коротких позиций по ним. Трейдер ожидает, что разница между активами вернется к своему среднему значению, извлекая прибыль из относительных изменений цен.

8. Торговля с высокой частотой (HFT): Стратегии HFT используют мощные компьютеры и алгоритмы для выполнения большого количества сделок в течение секунд или миллисекунд. Эти алгоритмы основаны на небольших различиях в ценах или торговых моделях для извлечения прибыли из краткосрочных неэффективностей рынка [19].

9. Торговля на волатильности (Volatility Trading). Данная стратегия основана на извлечении прибыли из изменений в неявной волатильности опционов или других производных инструментов. Трейдеры могут открывать позиции, когда ожидается рост или снижение волатильности, используя различные индикаторы и модели волатильности.

10. Торговля на основе новостей (News-Based Trading). Трейдеры, использующие эту стратегию, анализируют новостные события и экономические показатели для предсказания реакции рынка. Позиции открываются перед или сразу после важных новостных объявлений, с целью извлечения прибыли из результирующих изменений цен [20].

Заключение. Целью последующего исследования является разработка метода предиктивной аналитики для децентрализованных систем. В рамках исследования предполагается на примере процессов рынка криптовалют на децентрализованных биржах разработать математическую модель функционирования бирж для предсказания поведения сложных децентрализованных систем. Предполагается, что разработанная математическая модель будет представлять процесс в виде иерархической структуры централизованной системы, а при помощи предложенных методов интерполяции появится возможность приведения модели децентрализованных систем к модели централизованных систем. Перечень последующих задач исследования:

1. Разработать методологию приведения модели работы децентрализованных систем к модели централизованных систем на примере блокчейн технологий.
2. Разработать метод предиктивной аналитики для предсказания состояния децентрализованной системы на примере блокчейн технологий.
3. Используя разработанную методологию, предложить инструмент для принятия решений в работе с децентрализованными системами при помощи искусственного интеллекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Зыбин Е.Ю., Косьянчук В.В.* Алгебраический критерий обнаружения факта и времени возникновения отказов в системах управления динамическими объектами // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2016. – № 4. – С. 50-61.
2. *Мироновский Л.А.* Функциональное диагностирование динамических систем. – СПб.: Изд-во МГУ-ГРИФ, 1998.
3. *Jiang Y, Yin S, Kaynak O.* Data-driven monitoring and safety control of industrial cyber-physical systems: Basis and beyond // IEEE Access. – 2018. – Vol. 6. – P. 47374-47384.
4. *Angeris G., Chitra T.* Improved Price Oracles: Constant Function Market Makers. In Proceedings of the 2nd ACM Conference on Advances in Financial Technologies (AFT '20) // Association for Computing Machinery, – New York, 2020. – P. 80-91.
5. A Deep Dive into Decentralized Exchanges. – URL: <https://coinmarketcap.com/alexandria/article/a-deep-dive-into-decentralizedexchanges> (accessed: 21/01/2021).
6. *Alexander C., Heck D.F.* Price discovery in bitcoin: The impact of unregulated markets // Journal of Financial Stability. – 2020. – No. 50. – P. 1-18.
7. *Angeris G., Chitra T.* Improved price oracles: Constant function market makers // Conference: AFT '20: 2nd ACM Conference on Advances in Financial Technologies. – 2020. – P. 80-91.
8. *Chen M.A., Wu Q., Yang B.* How valuable is FinTech innovation? // Review of Financial Studies. – 2019. – Vol. 32 (5). – P. 2062-2106.
9. *Cohen J.E.* Between Truth and Power: The Legal Constructions of Informational Capitalism. – New York: Oxford University Press, 2019. – 376 p.
10. *Cong L.W., He Z.* Blockchain disruption and smart contracts // Review of Financial Studies. – 2019. – Vol. 32 (5). – P. 1754-1797.
11. *Egorov M.* StableSwap - Efficient Mechanism for Stablecoin Liquidity. – URL: <https://www.curve.fi/stableswap-paper.pdf>.
12. *Lin L.X.* Deconstructing decentralized exchanges // Stanford Journal of Blockchain Law & Policy. – URL: <https://stanfordjblp.pubpub.org/pub/deconstructing-dex> (accessed: 26/01/2021).

13. Murray A., Kuban S., Josefy M., Anderson J. Contracting in the smart era: the implications of blockchain and decentralized autonomous organizations for contracting and corporate governance // *Academy of Management Perspectives*. – 2019. – P. 51-55.
14. Buterin V. Ethereum whitepaper. URL: <https://ethereum.org/en/whitepaper/>.
15. Adams H., Zinsmeister N., Salem M., Keefer R., Robinson D. Uniswap v3 Core. – URL: <https://uniswap.org/whitepaper-v3.pdf>.
16. Li X., Wang R., Li Y., Qin X., Liu S. Predicting Bitcoin Prices from Twitter with LSTM Network // *IEEE Access*. – 2021. – P. 17253-17265.
17. Kim Y., Kim J., Kim H., Rhim J., & Ryu K.H. Bitcoin price prediction using machine learning: An approach to predict the price of Bitcoin based on Twitter sentiment analysis // *International Conference on Platform Technology and Service (PlatCon)*. – 2018. – P. 1-5.
18. Yoon J.H., & Chang H. Predicting cryptocurrency prices using machine learning techniques // *Applied Intelligence*. – 2020. – P. 1258-1272.
19. Verkouteren J.M., & van Vliet B. Machine learning for financial prediction: Hype or hope // *Expert Systems with Applications*. – 2019. – P. 1-22.
20. Turel O., Ul Ibrahim M., & Altun G.B. Predicting Cryptocurrency Prices Using Machine Learning Techniques: A Comparative Analysis // *Journal of Organizational and End User Computing (JOEUC)*. – 2021. – P. 79-94.

REFERENCES

1. Zybin E.Yu., Kos'yanchuk V.V. Algebraicheskiy kriteriy obnaruzheniya fakta i vremeni vozniknoveniya otkazov v sistemakh upravleniya dinamicheskimi ob'ektami [Algebraic criteria for detecting the occurrence and timing of failures in control systems of dynamic objects], *Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Theory and control systems], 2016, No. 4, pp. 50-61.
2. Mironovskiy L.A. Funktsional'noe diagnostirovanie dinamicheskikh system [Functional diagnostics of dynamic systems]. St. Petersburg: Izd-vo MGU-GRIF, 1998.
3. Jiang Y, Yin S. Kaynak O. Data-driven monitoring and safety control of industrial cyber-physical systems: Basis and beyond, *IEEE Access*, 2018, Vol. 6, pp. 47374-47384.
4. Angeris G., Chitra T. Improved Price Oracles: Constant Function Market Makers. In Proceedings of the 2nd ACM Conference on Advances in Financial Technologies (AFT '20), *Association for Computing Machinery*, New York, 2020, pp. 80-91.
5. A Deep Dive into Decentralized Exchanges. Available at: <https://coinmarketcap.com/alexandria/article/a-deep-dive-into-decentralized-exchanges> (accessed: 21/01/2021).
6. Alexander C., Heck D.F. Price discovery in bitcoin: The impact of unregulated markets, *Journal of Financial Stability*, 2020, No. 50, pp. 1-18.
7. Angeris G., Chitra T. Improved price oracles: Constant function market makers, *Conference: AFT '20: 2nd ACM Conference on Advances in Financial Technologies*, 2020, pp. 80-91.
8. Chen M.A., Wu Q., Yang B. How valuable is FinTech innovation?, *Review of Financial Studies*, 2019, Vol. 32 (5), pp. 2062-2106.
9. Cohen J.E. Between Truth and Power: The Legal Constructions of Informational Capitalism. New York: Oxford University Press, 2019, 376 p.
10. Cong L.W., He Z. Blockchain disruption and smart contracts, *Review of Financial Studies*, 2019, Vol. 32 (5), pp. 1754-1797.
11. Egorov M. StableSwap - Efficient Mechanism for Stablecoin Liquidity. Available at: <https://www.curve.fi/stableswap-paper.pdf>.
12. Lin L.X. Deconstructing decentralized exchanges // *Stanford Journal of Blockchain Law & Policy*. Available at: <https://stanfordjblp.pubpub.org/pub/deconstructing-dex> (accessed: 26/01/2021).
13. Murray A., Kuban S., Josefy M., Anderson J. Contracting in the smart era: the implications of blockchain and decentralized autonomous organizations for contracting and corporate governance, *Academy of Management Perspectives*, 2019, pp. 51-55.
14. Buterin V. Ethereum whitepaper. Available at: <https://ethereum.org/en/whitepaper/>.
15. Adams H., Zinsmeister N., Salem M., Keefer R., Robinson D. Uniswap v3 Core. Available at: <https://uniswap.org/whitepaper-v3.pdf>.
16. Li X., Wang R., Li Y., Qin X., Liu S. Predicting Bitcoin Prices from Twitter with LSTM Network, *IEEE Access*, 2021, pp. 17253-17265.
17. Kim Y., Kim J., Kim H., Rhim J., & Ryu K.H. Bitcoin price prediction using machine learning: An approach to predict the price of Bitcoin based on Twitter sentiment analysis, *International Conference on Platform Technology and Service (PlatCon)*, 2018, pp. 1-5.

18. Yoon J.H., & Chang H. Predicting cryptocurrency prices using machine learning techniques, *Applied Intelligence*, 2020, pp. 1258-1272.
19. Verkouteren J.M., & van Vliet B. Machine learning for financial prediction: Hype or hope, *Expert Systems with Applications*, 2019, pp. 1-22.
20. Turel O., Ul Ibrahim M., & Altun G.B. Predicting Cryptocurrency Prices Using Machine Learning Techniques: A Comparative Analysis, *Journal of Organizational and End User Computing (JOEUC)*, 2021, pp. 79-94.

Статью рекомендовал к опубликованию, д.т.н., профессор А.Н. Целых.

Сергеев Николай Евгеньевич – Южный федеральный университет; e-mail: nesergeev@sfedu.ru; г. Таганрог, Россия; тел.: +79281742585; доцент; д.т.н., профессор.

Веселова Диана Геннадьевна – e-mail: diaveselova@sfedu.ru; тел.: +79818640317; аспирант.

Sergeev Nikolay Yevgenyevich – Southern Federal University; e-mail: nesergeev@sfedu.ru; Taganrog, Russia; phone: +79281742585; associate professor; dr. of eng. sc.; professor.

Veselova Diana Gennadievna – e-mail: diaveselova@sfedu.ru; phone: +79818640317; graduate student.

УДК 004.021

DOI 10.18522/2311-3103-2024-2-100-109

Л.А. Зинченко, В.В. Казаков, Р.Р. Моисеев, Е.С. Поляков

**ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ЭКРАНОВ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ
АППАРАТУРЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GEANT4**

Представлено открытое программное обеспечение для автоматизации проектирования экранов радиационной защиты с использованием Geant4 для защиты электронного оборудования от тяжелых заряженных частиц. В статье представлена выбранная архитектура для реализации предложенного подхода, а также формулируются требуемые входные данные и результирующие выходные данные. Описан маршрут проектирования экрана на основе входных данных о материале как последовательность создания соответствующих классов-наследников. Данная статья представляет собой глубокое исследование, посвященное разработке открытого программного обеспечения на базе фреймворка Geant4, который использует метод Монте-Карло, нацеленного на автоматизацию процесса проектирования экранов радиационной защиты с целью обеспечения эффективной защиты электронного оборудования от воздействия тяжелых заряженных частиц. В статье подробно рассматривается архитектура разработанного программного обеспечения, включая описание основных компонентов и технологий, применяемых в его создании, а также определение необходимых входных данных и формулирование требований к программному продукту. Представленный маршрут проектирования экрана описывается как последовательность создания соответствующих классов-наследников и их взаимодействия в рамках разработанной архитектуры, что обеспечивает эффективность и точность расчетов радиационной защиты. Результаты данной работы представляют собой новый инновационный подход к проектированию экранов радиационной защиты, который имеет потенциал значительно повысить надежность и безопасность электронных систем в условиях воздействия тяжелых заряженных частиц. Они оказывают важное практическое значение для специалистов в области радиационной защиты и разработки электроники, предоставляя им эффективный инструмент для проведения анализа и оптимизации экранов радиационной защиты. Кроме того, результаты исследования представляют интерес для исследователей, работающих в области моделирования радиационных эффектов и разработки новых методов защиты электроники от воздействия радиации. В целом, статья представляет собой значимый вклад в область радиационной защиты и электроники, а также является основой для дальнейших исследований и разработок в этом направлении.

Радиация; экранирование; Geant4; фреймворк; заряженные частицы.