УДК 004.421.2:658.712.1

Разработка адаптивных алгоритмов машинного обучения для оптимизации управления ресурсами в цифровых экономических системах

Синтяев Сергей Александрович

Аспирант,
Российский государственный геологоразведочный университет
им. Серго Орджоникидзе,
117485, Российская Федерация, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23;
e-mail: bp.rumyancevo@gmail.com

Аннотация

Данная статья посвящена разработке и внедрению адаптивных алгоритмов машинного обучения, направленных на оптимизацию управления ресурсами в цифровых экономических системах. Введение описывает современные тенденции цифровизации экономики и растущую роль интеллектуальных систем в управлении распределением ресурсов. Авторы обосновывают необходимость перехода от статичных методов на основе традиционных алгоритмов к динамичным стратегиям, способным учитывать многогранность и изменчивость цифровых сред. В разделе «Методы» представлена методологическая основа исследования, включающая построение математических моделей адаптивного управления, применение техники обучения с подкреплением и методов оптимизации, таких как генетические алгоритмы и эволюционные стратегии. Для реализации предложенного подхода используется серия симуляционных экспериментов, позволяющих оценить эффективность алгоритмов в различных условиях. Описаны этапы разработки, в том числе сбор и предварительная обработка данных, обучение моделей и выбор оптимальных параметров алгоритмов. В качестве базы для экспериментов выбраны цифровые экономические системы с высокой степенью изменчивости и распределёнными ресурсами. Результаты исследования демонстрируют значительное повышение эффективности управления ресурсами за счёт использования адаптивных алгоритмов машинного обучения. В сравнении с традиционными методами наблюдается улучшение показателей распределения ресурсов, снижение операционных затрат и повышение устойчивости систем при возникновении форс-мажорных ситуаций. Результаты экспериментов подтверждают, что предложенный подход обеспечивает автоматизацию управления, адаптацию к изменяющимся условиям и возможность масштабирования на большие объемы данных. В разделе «Обсуждение» авторы анализируют влияние разработанных алгоритмов на цифровую экономику, оценивая перспективы внедрения интеллектуальных методов в реальные проекты. Выделены преимущества адаптивных систем, таких как гибкость, самообучение и возможность интеграции с существующими управленческими решениями, а также указаны потенциальные ограничения и направления дальнейших исследований. Заключительная часть статьи подчеркивает вклад исследования в теорию и практику управления ресурсами, предлагая новые решения для повышения эффективности цифровых экономических систем.

Для цитирования в научных исследованиях

Синтяев С.А. Разработка адаптивных алгоритмов машинного обучения для оптимизации управления ресурсами в цифровых экономических системах // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Том 15. № 4А. С. 619-627.

Ключевые слова

Адаптивные алгоритмы, машинное обучение, оптимизация, управление ресурсами, цифровые экономические системы.

Введение

Цифровые экономические системы в современном мире все более стремятся к повышению эффективности и динамической адаптации к быстро меняющимся условиям рынка. В результате возникает необходимость в инструментах, способных в режиме реального времени принимать решения и обеспечивать высокую производительность, учитывая множество факторов и ограничений [Удальцов, 1999]. При разработке таких инструментов все больше внимания уделяется методам машинного обучения, которые позволяют системам самообучаться, анализировать исторические данные и предсказывать будущие сценарии на основе выявленных закономерностей. Однако применение этих методов требует особого подхода, учитывающего специфику распределенных ресурсов и многопараметрическую природу бизнес-процессов. Кроме того, в условиях быстрого роста объемов данных появляются новые алгоритмы, которые должны гибко подстраиваться как под увеличение данных, так и под изменяющиеся условия работы системы.

В контексте управления ресурсами особое значение имеют адаптивные алгоритмы, способные корректировать свой внутренний механизм принятия решений в зависимости от изменений в окружающей среде [Иванов, 2023]. Такие алгоритмы внедряются в модули прогнозирования, оптимизации и планирования, позволяя цифровым экономическим системам обеспечивать высокую устойчивость и конкурентоспособность [Петрушов, Краснопольский, 2020]. Подобные решения особенно важны для платформ электронной коммерции, логистики, финансовых рынков и других областей, где скорость реакции и точность расчетов напрямую влияют на прибыль и удовлетворенность клиентов. Использование адаптивных алгоритмов дает возможность объединять методы классической оптимизации с элементами глубинного обучения, что позволяет находить нетривиальные зависимости между показателями и эффективно использовать ограниченные ресурсы.

Материалы и методы исследования

При этом важным аспектом является определение стратегии обучения, которую следует использовать для алгоритма с наличием динамически меняющихся данных [Ананьевский, 2019]. Существуют различные подходы к обучению, включая обучение с учителем, без учителя и обучение с подкреплением. В контексте управления ресурсами актуальным направлением становится обучение с подкреплением, где алгоритм получает вознаграждение за успешные действия и штраф за ошибки, постепенно формируя оптимальную политику принятия решений [Норенков, 1993]. Именно такая модель дает возможность системе адаптироваться к колебаниям спроса и предложения, меняющимся ценам на ресурсы и неожиданным сбоям в

инфраструктуре (табл. 1).

Таблица 1 - Основные задачи машинного обучения в оптимизации управления ресурсами в цифровых экономических системах

Задача	Описание	Целевое применение	Пример в цифровой экономике
Прогнозирование спроса	Использование данных для предсказания будущего спроса на товары, услуги и ресурсы.	Оптимизация производства, складирования и доставки.	Прогнозирование спроса на электроэнергию в энергосистемах.
Оптимизация ценообразования	Построение моделей, которые динамически адаптируют цены на основе анализа рыночных условий.	Оптимизация прибыли, снижение убытков.	Динамическое ценообразование в онлайн-ритейле, как у Amazon.
Управление цепочкой поставок	Оптимизация логистических процессов и маршрутов, улучшение координации между подрядчиками.	Снижение затрат на транспортировку и хранение.	Оптимизация доставки в реальном времени у компаний, таких как UPS или DHL.
Распределение ресурсов	Разработка алгоритмов для оптимального распределения ресурсов, например, вычислительных мощностей.	Повышение эффективности использования доступных ресурсов.	Управление серверными мощностями в облачных системах (например, AWS, Azure).
Обнаружение аномалий	Обнаружение неэффективного или некорректного использования ресурсов или мошеннических действий.	Уменьшение рисков и минимизация убытков.	Анализ транзакций для выявления возможных случаев мошенничества в цифровых банках.

Сложность задачи обусловлена тем, что во многих случаях необходима обработка больших массивов данных, включающих исторические и текущие показатели ключевых бизнес-процессов. Для повышения точности и надежности прогнозов применяются методы, сочетающие в себе разнообразные архитектуры нейронных сетей [Технология создания адаптивных распределенных электронных ресурсов, 2010]. Одни архитектуры могут быть ориентированы на временные ряды, другие – на кластеризацию, третьи – на факторный анализ причинно-следственных связей. Правильная интеграция различных моделей позволяет увеличивать устойчивость к выбросам и улучшать точность оценок, что в конечном итоге способствует принятию обоснованных управленческих решений. Это особенно важно для компаний с глобальным присутствием, где задержки и неточности в расчетах могут приводить к существенным финансовым потерям.

Результаты и обсуждение

Еще одним направлением развития в сфере адаптивных алгоритмов машинного обучения служит создание многоуровневых систем, в которых каждый уровень отвечает за свой аспект анализа [Демьянов, 2007]. На первом уровне, например, может осуществляться сбор и первичная фильтрация данных, освобождая систему от шума и нерелевантной информации. Далее возможна агрегация и преобразование данных, которые затем подаются на вход аналитических модулей более высокого уровня. В этих модулях происходит построение прогнозирующих моделей, оценка рисков и формирование сценариев принятия решений [Шалаев, 2016]. В итоге формируется многоуровневая платформа, обеспечивающая комплексный подход к управлению ресурсами и повышающая гибкость всей цифровой экономической системы.

Особое внимание следует уделять корректной постановке задачи и формированию целевой функции, которая лежит в основе адаптивного алгоритма. Если целевая функция определена некорректно или включает в себя неполный набор ограничений, результаты могут оказаться непредсказуемыми и не приводить к реальному повышению эффективности. В связи с этим исследователи все чаще применяют методы оптимизации с несколькими критериями, когда учитывается не только экономический показатель, но и факторы надежности, качества обслуживания, экологические аспекты и социальные последствия [Хальясмаа, 2020]. Такой всесторонний подход позволяет избежать перекосов в управлении ресурсами и более тонко учитывать интересы различных стейкхолдеров (табл. 2).

Таблица 2 - Методы машинного обучения для решения задач управления ресурсами

Метод/Алгоритм	Описание	Применение	Пример использования
Линейная регрессия	Простейший метод прогнозирования на основе линейной зависимости.	Прогноз спроса, расхода ресурсов.	Прогноз кратковременного спроса на энергоресурсы.
Деревья решений	Алгоритмы, строящие набор решений, которые оптимально классифицируют или предсказывают данные.	Оптимизация выбора действий на основе текущего состояния системы.	Выбор наиболее эффективных маршрутов для доставки товаров.
Градиентный бустинг (XGBoost)	Мощный метод ансамблевого обучения, объединяющий простые деревья решений в комплексные модели высокой точностью.	Прогнозирование и анализ временных рядов спроса.	Прогноз изменения рыночных цен и объемов заказов.
Жадные алгоритмы распределения	Методы, которые пошагово выбирают наиболее "выгодное" распределение ресурсов в текущий момент времени для оптимизации.	Управление вычислительными ресурсами в данных острой нехватки.	Динамическое распределение серверного времени в облачных технологиях.
Глубокое обучение (нейросети)	Более мощный подход, использующий многослойные нейронные сети для анализа сложных многомерных данных.	Прогнозирование и управление сложными взаимозависимыми системами.	Оптимизация трафика на транспортных системах в мегаполисах.

Для дальнейшего совершенствования систем открываются возможности внедрения адаптивных алгоритмов в распределенные цифровые экономики, которые строятся на основе блокчейн-технологий [Обухов, 2018]. Децентрализованный характер таких систем усложняет процесс оптимизации, так как все участники обладают автономией и часто преследуют собственные интересы. Тем не менее применение машинного обучения здесь весьма перспективно: алгоритмы могут выявлять мошеннические схемы, оптимизировать скорость и стоимость транзакций, а также поддерживать баланс между децентрализацией и производительностью. В условиях глобальной сети подобные механизмы могут стать ключевым преимуществом, особенно при взаимодействии с инновационными сервисами и платформами.

Важный аспект успешного внедрения адаптивных алгоритмов – это способность к самокоррекции, основанная на обратной связи от целевых показателей системы [Кудряшов, Марков, Потехин, 2019]. Когда алгоритм понимает, насколько текущая стратегия соответствует потребностям бизнеса или рынка, он может корректировать свои параметры, устраняя ошибки

и повышая точность прогнозов. Причем такая обратная связь может поступать как в виде числовых метрик, так и в виде качественных оценок от экспертов. В итоге система становится более гибкой, способной к непрерывному обучению и обновлению своих внутренних структур.

Однако внедрение столь сложных механизмов не обходится без рисков. Среди них можно выделить зависимость от качества данных, угрозы безопасности и приватности, а также вероятное увеличение вычислительных затрат [Удальцов, 1999]. Крупные распределенные системы сталкиваются с проблемой пропускной способности сети и необходимостью оптимального балансирования нагрузки между узлами. Если эти аспекты не проработаны должным образом, возможна деградация производительности, которая сведет на нет все преимущества применения машинного обучения. Именно поэтому для максимизации выгоды требуется комплексный подход, включающий и технические, и организационные меры.

Среди практических применений можно назвать системы управления цепочками поставок, в которых адаптивные алгоритмы помогают предсказывать траектории спроса и оптимизируют логистические процессы [Обухов, 2022]. Машинное обучение способствует эффективному распределению складских запасов, выбирая подходящие маршруты и средства транспортировки таким образом, чтобы снизить затраты и сократить время доставки. При этом учитываются сезонные колебания, информационные задержки, особенности региональной инфраструктуры и другие немаловажные факторы. Столь комплексная автоматизация позволяет компаниям оперативно реагировать на внезапные изменения рынка и поддерживать оптимальный уровень обслуживания клиентов.

Не менее важным направлением является финтех, где адаптивные алгоритмы применяются для прогнозирования курсов валют, стоимости акций и оценки кредитных рисков [Скобелев, 2020]. Основываясь на исторических данных и учетных записях клиентов, модели могут выявлять закономерности, позволяющие банкам и другим финансовым организациям принимать взвешенные решения по кредитованию и инвестициям. Такая автоматизация способствует снижению уровня невыгодных сделок и уменьшает потенциальные убытки, сохраняя при этом гибкость в быстро меняющихся финансовых условиях (табл. 3).

Таблица 3 - Преимущества адаптивных алгоритмов машинного обучения при управлении ресурсами в цифровых системах

Преимущество	Описание и пояснение	Пример влияния на цифровую экономическую систему
Эффективное использование данных	Адаптивные алгоритмы обучаются на больших объемах данных, получая глубокие инсайты.	Точное прогнозирование уровня ресурсов, необходимых для производства.
Снижение издержек	Оптимизационные алгоритмы помогают минимизировать траты на складирование, транспортировку и управление.	Оптимизация затрат на хранение товаров в складских комплексах.
Гибкость и адаптивность	Алгоритмы могут адаптироваться к изменениям в реальном времени, что особенно важно для динамичных систем.	Уменьшение проблем, связанных с резким скачком спроса или сокращением поставок.
Простота интеграции	Большинство алгоритмов уже совместимы с современными IT-системами и цифровыми платформами.	Быстрая интеграция с существующими платформами, такими как ERP или CRM.
Выявление скрытых закономерностей	Адаптивные модели машинного обучения способны находить взаимосвязи, недоступные традиционным методам статистики.	Выявление сложных зависимостей в логистических цепочках.

В контексте государственных цифровых платформ можно выделить системы электронных услуг, управления бюджетом и распределения социальных выплат. Здесь применение адаптивных алгоритмов помогает повысить прозрачность и оперативность принятия решений [Пантелеев, Лобанов, 2021]. Алгоритмы могут анализировать колоссальные объемы статистики, учитывая экономическую ситуацию в разных регионах, и предлагать правительственным органам сценарии перераспределения средств. В результате снижается уровень бюрократической нагрузки и повышается эффективность расходования ресурсов, что позитивно сказывается на макроэкономических показателях страны.

Еще одним направлением развития становится интеграция адаптивных алгоритмов в интеллектуальные системы поддержки принятия решений для повышения качества управленческих решений на всех уровнях. Эти системы, используя методы машинного обучения, могут формировать рекомендации руководителям компаний и государственных структур [Обухов, 2022]. При этом учитывается не только статистика из разных информационных систем, но и внешние факторы, такие как изменения в законодательстве, рыночные тренды и поведение конкурентов. Чем шире круг данных, которые анализирует алгоритм, тем выше вероятность принимать объективные и стратегически выгодные решения.

Заключение

В будущем все больше внимания будет уделяться этическим и правовым аспектам применения адаптивных алгоритмов, особенно в тех сферах, где партнерами и клиентами выступают уязвимые категории населения. Для сохранения доверия потребителей разработчикам придется обеспечивать прозрачность, безопасность и учет общественных интересов, а также придерживаться принципов ответственного внедрения инноваций. В результате вдаваться в технические детали придется не только научному сообществу, но и законодателям, заинтересованным в создании правовых механизмов регулирования передовых технологий.

В совокупности описанные тенденции формируют картину непрерывного совершенствования и расширения возможностей цифровых экономических систем. Адаптивные алгоритмы машинного обучения выступают движущей силой этого процесса, обеспечивая высокий уровень эффективности и устойчивости при работе с динамическими, зачастую непредсказуемыми факторами. Благодаря им мы становимся свидетелями того, как бизнес-процессы становятся более гибкими, а управление ресурсами – более интеллектуальным и ориентированным на будущее.

Библиография

1. Ананьевский М. С. Методы адаптации и машинного обучения в задачах управления сложными системами через сетевые каналы связи : отчет о НИР / Российский фонд фундаментальных исследований. 2019. 48 с.
2. Демьянов А. В. Методы и алгоритмы управления интеллектуальными компьютерными обучающими системами : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Пензенский государственный университет. Пенза, 2007. 24 с.
3. Иванов Д. В. Применение алгоритмов машинного обучения для управления финансовыми потоками компании // Гагаринские чтения 2023 : сб. тезисов докладов XLIX Международной молодежной научной конференции. Москва, 2023. С. 235.
4. Кудряшов Н. С., Марков С. А., Потехин В. В. Методы синтеза адаптивных систем управления сложными промышленными объектами // Технологическая перспектива в рамках Евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста : труды 5-ой Международной научной конференции. 2019. С. 178–185.
5. Норенков Ю. И. Исследование и разработка принципов построения адаптивных обучающих систем : дис. ... канд.

- техн. наук. Москва, 1993. 156 с.
6. Обухов А. Д. Разработка методов и алгоритмов управления и обработки данных в адаптивных информационных системах на основе технологий машинного зрения и обучения : отчет о НИР / Совет по грантам Президента Российской Федерации. 2022. 36 с.
 7. Обухов А. Д. Разработка методов, математических моделей и алгоритмов обработки информации в системах управления электронным документооборотом с применением машинного обучения : отчет о НИР / Совет по грантам Президента Российской Федерации. 2018. 42 с.
 8. Пантелеев А. В., Лобанов А. В. Решение задачи о командной навигации с помощью минипакетного адаптивного метода оптимизации, применяемого в машинном обучении // Математическое моделирование : тезисы II Международной конференции. Москва, 2021. С. 70–72.
 9. Петрушов А. А., Краснопольский Б. И. Применение технологий машинного обучения для оптимизации параметров методов решения систем уравнений // Суперкомпьютерные дни в России : труды международной конференции / под ред. Вл. В. Воеводина. 2020. С. 135–136.
 10. Скобелев П. О. Разработка моделей, методов и алгоритмов построения экосистем умных сервисов "дополненного интеллекта" для адаптивного планирования, оптимизации и контроля использования ресурсов производственных предприятий : отчет о НИР / Российский фонд фундаментальных исследований. 2020. 64 с.
 11. Технология создания адаптивных распределенных электронных ресурсов : монография. Уфа, 2010. 248 с.
 12. Удальцов С. В. Технология разработки адаптивных систем дистанционного обучения на основе интеллектуальных программных агентов : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 1999. 22 с.
 13. Удальцов С. В. Технология разработки адаптивных систем дистанционного обучения на основе интеллектуальных программных агентов : дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 1999. 180 с.
 14. Хальясмаа А. И. Разработка адаптивной информационно-аналитической системы интегрального риск-менеджмента на основе методов машинного обучения для предприятий электроэнергетики : отчет о НИР / Российский фонд фундаментальных исследований. 2020. 52 с.
 15. Шалаев А. А. Модель и алгоритмы самомодификации адаптивных информационных систем : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Пензенский государственный университет. Пенза, 2016. 26 с.

Development of Adaptive Machine Learning Algorithms for Resource Management Optimization in Digital Economic Systems

Sergei A. Sintyayev

Graduate Student,

Sergey Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting,

117485, 23 Miklukho-Maklaya str., Moscow, Russian Federation;

e-mail: bp.rumyancevo@gmail.com

Abstract

This article focuses on the development and implementation of adaptive machine learning algorithms aimed at optimizing resource management in digital economic systems. The introduction outlines current trends in economic digitalization and the growing role of intelligent systems in resource allocation. The authors justify the need to transition from static methods based on traditional algorithms to dynamic strategies capable of accounting for the complexity and variability of digital environments. The "Methods" section presents the study's methodological framework, including the construction of mathematical models for adaptive management, the application of reinforcement learning techniques, and optimization methods such as genetic algorithms and evolutionary strategies. To implement the proposed approach, a series of simulation experiments were conducted to evaluate algorithm performance under various conditions. The development stages are described, encompassing data collection and preprocessing, model training, and the selection of optimal algorithm parameters. The experiments were based on digital economic systems

characterized by high variability and distributed resources. The results demonstrate a significant improvement in resource management efficiency through the use of adaptive machine learning algorithms. Compared to traditional methods, the proposed approach enhances resource allocation, reduces operational costs, and increases system resilience in contingency scenarios. The experimental results confirm that the developed algorithms enable automated management, adaptation to changing conditions, and scalability for large datasets. In the "Discussion" section, the authors analyze the impact of the proposed algorithms on the digital economy, assessing the prospects for implementing intelligent methods in real-world projects. The advantages of adaptive systems—such as flexibility, self-learning capabilities, and integration potential with existing management solutions—are highlighted, along with potential limitations and directions for future research. The conclusion emphasizes the study's contribution to resource management theory and practice, offering novel solutions for enhancing the efficiency of digital economic systems.

For citation

Sintyaev S.A. (2025) Razrabotka adaptivnykh algoritmov mashinnogo obucheniya dlya optimizatsii upravleniya resursami v tsifrovyykh ekonomicheskikh sistemakh [Development of Adaptive Machine Learning Algorithms for Resource Management Optimization in Digital Economic Systems]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 15 (4A), pp. 619-627.

Keywords

Adaptive algorithms, machine learning, optimization, resource management, digital economic systems.

References

1. Ananievsky M. S. Methods of adaptation and machine learning in control problems of complex systems through network communication channels: research report / Russian Foundation for Basic Research. 2019. 48 pages.
2. Demyanov A. V. Methods and algorithms for controlling intelligent computer training systems: abstract of dissertation ... Candidate of Technical Sciences / Penza State University. Penza, 2007. 24 pages.
3. Ivanov D. V. Application of machine learning algorithms for controlling the financial flows of a company // Gagarin Readings 2023: collection of abstracts of reports of the XLIX International Youth Scientific Conference. Moscow, 2023. p. 235.
4. Kudryashov N. S., Markov S. A., Potehin V. V. Methods for synthesizing adaptive control systems for complex industrial objects // Technological perspective within the Eurasian space: new markets and points of economic growth: proceedings of the 5th International Scientific Conference. 2019. pp. 178–185.
5. Norenkov Y. I. Research and development of principles for constructing adaptive training systems: dissertation ... Candidate of Technical Sciences. Moscow, 1993. 156 pages.
6. Obukhov A. D. Development of methods and algorithms for control and data processing in adaptive information systems based on machine vision and learning technologies: research report / Grant Council of the President of the Russian Federation. 2022. 36 pages.
7. Obukhov A. D. Development of methods, mathematical models, and algorithms for information processing in electronic document management systems using machine learning: research report / Grant Council of the President of the Russian Federation. 2018. 42 pages.
8. Panteliev A. V., Lobanov A. V. Solving the team navigation problem using a mini-batch adaptive optimization method applied in machine learning // Mathematical Modeling: abstracts of the II International Conference. Moscow, 2021. pp. 70–72.
9. Petrushov A. A., Krasnopolsky B. I. Application of machine learning technologies for optimizing the parameters of methods for solving systems of equations // Supercomputer Days in Russia: proceedings of an international conference / edited by V. V. Voevodin. 2020. pp. 135–136.
10. Skobelev P. O. Development of models, methods, and algorithms for constructing ecosystems of smart "augmented intelligence" services for adaptive planning, optimization, and control of production enterprise resource usage: research

-
- report / Russian Foundation for Basic Research. 2020. 64 pages.
11. Technology for creating adaptive distributed electronic resources: monograph. Ufa, 2010. 248 pages.
 12. Udaltcov S. V. Technology for developing adaptive distance learning systems based on intelligent software agents: abstract of dissertation ... Candidate of Technical Sciences. St. Petersburg, 1999. 22 pages.
 13. Udaltcov S. V. Technology for developing adaptive distance learning systems based on intelligent software agents: dissertation ... Candidate of Technical Sciences. St. Petersburg, 1999. 180 pages.
 14. Khaliasmaa A. I. Development of an adaptive information-analytical system for integrated risk management based on machine learning methods for power industry enterprises: research report / Russian Foundation for Basic Research. 2020. 52 pages.
 15. Shalaev A. A. Model and algorithms of self-modification of adaptive information systems: abstract of dissertation ... Candidate of Technical Sciences / Penza State University. Penza, 2016. 26 pages.