

Международный журнал
информационных технологий
и энергоэффективности |



Том 9 Номер 9 (47)



2024



СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

1.	Малаховский М.А. Применение нейросетей для улучшения работы системы SLAM в динамической среде	4
	Malahovsky M.A. Application of neural networks to improve SLAM systems in dynamic environments	
2.	Лешан А.Д., Вязников Н.А. Обеспечение безопасности данных в современных автомобилях	9
	Leshan A.D., Vyaznikov N.A. Ensuring data security in modern cars	
3.	Буркалов А.М., Демонов Л.А. Рациональное использование нескольких типов баз данных в сложных проектах	16
	Bukalov A.M., Demonov L.A. Rational use of several types of databases in complex projects	
4.	Семенов Д.В. Алгоритмы машинного обучения в создании моделей прогнозирования на примере статистики продаж автомобилей	23
	Semyonov D.V. Machine learning algorithms in creating forecasting models based on the example of car sales statistics	
5.	Дубоделова О.А., Гринчар Н.Н. Искусственный интеллект: общий и узкий	28
	Dubodelova O.A., Grinchar N.N. Artificial intelligence: general and narrow	
6.	Кудинов Н.Г., Ралко К.И., Ралко О.М. Проектирование движка браузера дополненной реальности: разработка модуля парсинга элементов структуры HSMML документа для последующего отображения элементов в 3D сцене	32
	Kudinov N. G., Ralko K.I., Ralko O.M. Designing an augmented reality browser engine: HSMML document structure elements parsing for subsequent elements display in a 3D scene module development	
7.	Веркошанский Д.В., Мешков А.А., Агаджанян А.Б. Проблемы перепланирования в ERP системах с мультиагентным подходом	39
	Verkhoshansky D.V., Meshkov A.A., Agadzhanyan A.B. Problems of re-planning in ERP systems with a multiagentic approach	
8.	Денисов Н.А. Фактор человеческого воздействия на безопасность: тактики социальной инженерии	47
	Denisov N.A. The factor of human impact on security: tactics of social engineering	
9.	Пчельникова В.А. Анализ факторов, влияющих на эффективность цифровой трансформации в строительстве	52

Pchelnikova V.A. Analysis of the factors influencing the effectiveness of digital transformation in construction

-
10. **Сарафанников В.С., Шабуня В.В., Билан В.В., Васильева Т.Г.** Тренды развития отрасли связи **64**

Sarafannikov V.S., Shabunya V.V., Bilan V.V., Vasilyeva T.G.Trends in the development of the communications industry

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

-
11. **Канарейкин А.И.** Моделирование термонапряжений твэла с переменным объемным тепловыделением при граничном условии первого рода **70**

Kanareykin A. I. Modeling of thermal stresses of a fuel element with variable volumetric heat release under a boundary condition of the first kind



УДК 004.8

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ SLAM В ДИНАМИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Малаховский М.А.

ФГАОУ ВО "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ", Санкт-Петербург, Россия (190000, город Санкт-Петербург, Большая Морская ул., д.67 лит. а), e-mail: malahovskijm14@bk.ru

Данная статья рассматривает интеграцию нейросетей в системы SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) для повышения их точности и надежности в динамических условиях. Приведены результаты применения модели YOLOv8n для детектирования объектов в реальном времени и определения расстояния до них. Показана эффективность предложенных решений для задач навигации беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: Искусственный интеллект; нейросети; SLAM; YOLO; беспилотные летательные аппараты; детектирование объектов; динамическая среда.

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS TO IMPROVE SLAM SYSTEMS IN DYNAMIC ENVIRONMENTS

Malahovsky M.A.

ST. PETERSBURG STATE UNIVERSITY OF AEROSPACE INSTRUMENTATION, St. Petersburg, Russia (190000, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya str., 67 lit. a), e-mail: malahovskijm14@bk.ru

This article discusses the integration of neural networks into SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) systems to improve their accuracy and reliability in dynamic environments. The results of using the YOLOv8n model for real-time object detection and distance estimation are presented. The effectiveness of the proposed solutions for UAV navigation tasks is demonstrated.

Keywords: Artificial intelligence; neural networks; SLAM; YOLO; unmanned aerial vehicles; object detection; dynamic environment

Введение

В последние годы искусственный интеллект (ИИ) продолжает стремительно развиваться и внедряться в различные области. Одним из значимых направлений его применения является навигация и управление подвижными объектами, такими как беспилотные летательные аппараты (БПЛА). В данной работе рассмотрено использование нейросетей для улучшения работы систем одновременной локализации и построения карты (SLAM) в динамической среде.

Основные этапы развития ИИ

ИИ начал свое развитие с теоретической нейрофизиологии, описанной в 1943 году. С тех пор были разработаны различные модели и алгоритмы, такие как перцептрон Розенблатта, машины Больцмана, сверточные нейронные сети (CNN), рекуррентные нейронные сети (RNN)

и другие. Современные нейросетевые алгоритмы, такие как YOLO (You Only Look Once), демонстрируют высокую точность и скорость обработки данных, что делает их идеальными для реального времени.

Принципы работы системы SLAM

Система SLAM позволяет БПЛА одновременно локализоваться в пространстве и строить карту окружающей среды. Основные компоненты SLAM включают обработку сигналов с датчиков, построение ориентировочной карты и определение местоположения дрона. Одним из ключевых аспектов является решение проблемы замыкания петли, когда начальная и конечная точки траектории не совпадают из-за накопления ошибок [1].

Применение алгоритмов ИИ в системах SLAM

Интеграция алгоритмов ИИ в системы SLAM позволяет улучшить точность и надежность системы. Сверточные нейронные сети используются для выделения ключевых признаков на изображениях, что повышает точность построения карт и определения местоположения объектов. Рекуррентные нейронные сети помогают предсказать будущее положение дрона и выстроить безопасную траекторию [2].

Выбор и настройка модели нейросети

Для решения задачи детектирования объектов в реальном времени была выбрана модель YOLOv8n, которая демонстрирует высокую точность и скорость обработки изображений. Модель была обучена на наборе данных COCO128, содержащем 80 классов объектов. Основной архитектурный компонент модели включает слои P1-P6 для извлечения признаков, слой SPPF для пространственного пирамидального объединения и слой Neck для объединения информации с разных масштабов.

Детектирование объектов и определение расстояния до них

После подготовки модели была решена задача определения расстояния до детектированных объектов. Для этого использовалась высота объекта в пикселях и параметры камеры. Модель успешно определяла расстояние до объектов на видеопотоке, что позволяет строить точные карты местности и определять локализацию исходного объекта [3-4].

Решение задач следящей траектории

Для улучшения навигации была реализована стратегия следящей траектории, при которой БПЛА следовал за детектированным объектом, регулируя скорость и направление движения. Это позволило дрону поддерживать заданное расстояние и угол наклона траектории, улучшая показатели абсолютной погрешности траектории [5].

Заключение

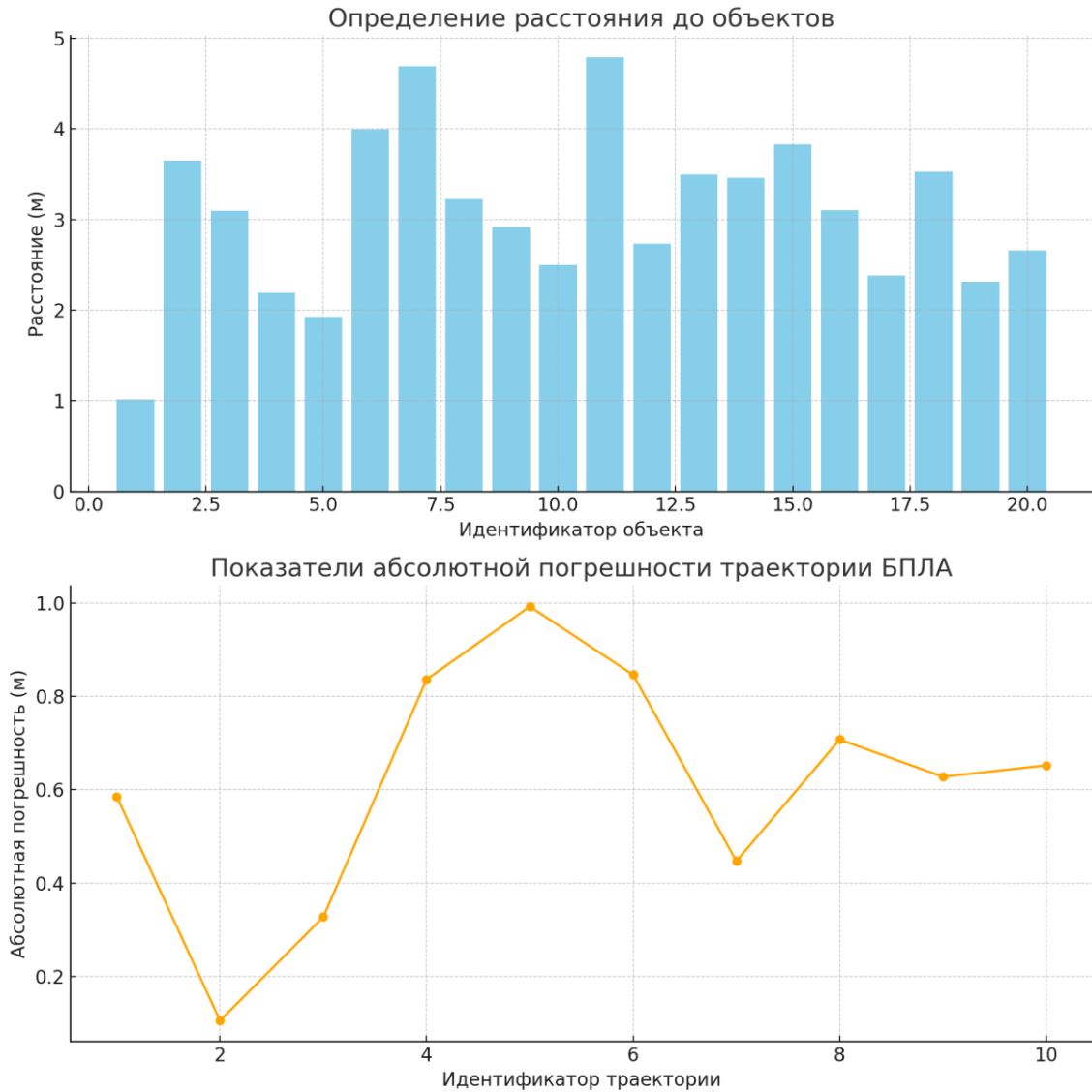
Интеграция модели YOLOv8n в систему SLAM показала высокую эффективность в задачах детекции объектов и определения расстояния до них в динамической среде. Это открывает новые возможности для применения данной технологии в автономных транспортных средствах, системах мониторинга и других сферах, требующих высокой точности и скорости обработки визуальных данных.

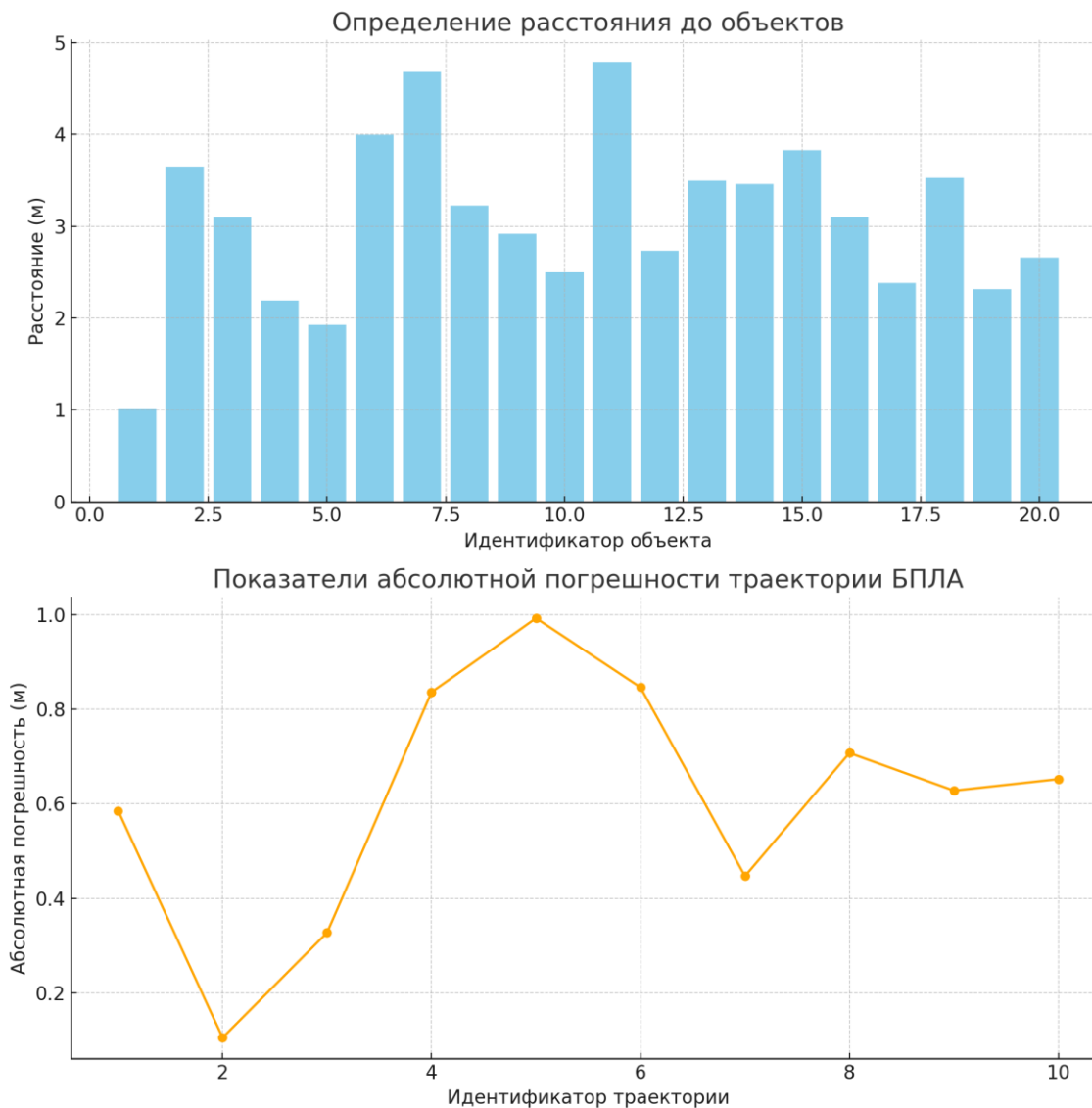
Приложения

Рисунок 1. - Пример детектирования объектов с использованием модели YOLOv8n.

Рисунок 2. - График определения расстояния до объектов на видеопотоке.

Рисунок 3. - Показатели абсолютной погрешности траектории БПЛА.





Список литературы

1. В.Л. Абашкин, Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский и др. Индикаторы цифровой экономики: 2024: статистический сборник. Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики», 2024.
2. SberAutoTech. Безопасное беспилотное будущее. URL: <https://sberautotech.ru/> (дата обращения: 12.05.2024).
3. Stone Tao, Xiaochen Li, Tongzhou Mu, Zhiao Huang, Yuzhe Qin, Hao Su. Abstract-to-Executable Trajectory Translation for One-Shot Task Generalization. Proceedings of the 40th International Conference on Machine Learning, Honolulu, Hawaii, USA. PMLR, volume 202, pp. 33850-33882, 2023.
4. Мак-Каллок У.С., Питтс В. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности. В сб.: «Автоматы», под ред. К.Э. Шеннона и Дж. Маккарти. М.: Изд-во иностр. лит., 1956. с. 363-384.
5. The Rosenblatt's Perceptron. Deep Neural Networks, 2018. URL: <https://maelfabien.github.io/deeplearning/Perceptron/> (дата обращения: 16.06.2024).

References

1. . V.L. Abashkin, G.I. Abdrakhmanova, K.Da. Vishnevsky et al. Digital Economy Indicator: 2024: statistical collection. National research. Higher School of Economics Univ., 2024.
 2. SberAutoTech. A helpless unmanned state. URL: <https://sberautotech.ru> / (accessed: 05/12/2024).
 3. Stone Tao, Xiaochen Li, Tongzhou Mu, Zhi Huang, Yuzhe Qin, Hao Su. Abstract-to-Executable Trajectory Translation for One-Shot Task Generalization. Proceedings of the 40th International Conference on Machine Learning, Honolulu, Hawaii, USA. PMLR, volume 202, pp. 33850-33882, 2023.
 4. McCulloch, S., Pitts, V. Logical calculus of IDs related to nervous activity. In the collection: "In the automaton", edited by K.E. Shannon and J. McCarthy, M.: Publishing House of Foreign Literature, 1956. pp. 363-384.
 5. The Rosenblatt's Perceptron. Deep Neural Networks, 2018. URL: <https://maelfabien.github.io/deeplearning/Perceptron> / (date of access: 06/16/2024).
-



Международный журнал информационных технологий и
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.056.55

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДАННЫХ В СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЯХ

¹Лешан А.Д., Вязников Н.А.

ФГБОУ ВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФЕССОРА М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА, Санкт-Петербург,
Россия (193232, г. Санкт-Петербург, просп. Большевиков, 22, корп. 1), e-mail:

¹nekrasov15ig@gmail.com

В данной научной статье рассматривается вопрос роста рисков различных киберугроз в современных автомобилях, который связан с увеличением количества электронных систем и подключенных устройств. Особое внимание уделяется атакам на систему управления автомобилем, систему связи и навигации, а также кражам данных пользователей. Предлагаются практические меры по обеспечению безопасности, такие как сегментация систем, шифрование данных, надежная аутентификация и авторизация, а также мониторинг и обнаружение угроз. В статье подчеркивается необходимость комплексного подхода к обеспечению информационной безопасности в электрокарах для защиты как самих автомобилей, так и их пользователей.

Ключевые слова: Электромобили, хакерские атаки, защита данных, уязвимости, безопасность систем, автомобильные технологии, обновление программного обеспечения, кибератаки, информационная безопасность, удаленное управление, взлом автомобилей, современные транспортные средства, безопасность пользователей, защита личных данных.

ENSURING DATA SECURITY IN MODERN CARS

¹Leshan A.D., Vyaznikov N.A.

ST. PETERSBURG STATE UNIVERSITY OF TELECOMMUNICATIONS NAMED AFTER
PROFESSOR M. A. BONCH-BRUEVICH, St. Petersburg, Russia (193232, St. Petersburg, ave.
Bolshevikov, 22, bldg. 1), e-mail: ¹nekrasov15ig@gmail.com

This scientific article examines the issue of increasing the risks of various cyber threats in modern cars, which is associated with an increase in the number of electronic systems and connected devices. Special attention is paid to attacks on the car's control system, communication and navigation systems, as well as the theft of user data. Practical security measures are proposed, such as system segmentation, data encryption, reliable authentication and authorization, as well as threat monitoring and detection. The article emphasizes the need for an integrated approach to ensuring information security in electric cars to protect both the cars themselves and their users.

Keywords: Electric vehicles, hacker attacks, data protection, vulnerabilities, system security, automotive technologies, software updates, cyber attacks, information security, remote control, car hacking, modern vehicles, user safety, personal data protection.

Введение

В последние годы стремительное развитие электромобилей и увеличение числа подключенных устройств в этих транспортных средствах привели к возрастанию важности обеспечения безопасности данных. Существующие классические методы защиты информации, такие как брандмауэры и антивирусные программы, имеют свои ограничения и уязвимости. В условиях роста вычислительных мощностей и появления новых видов

киберугроз эти методы могут стать недостаточно надежными для обеспечения конфиденциальности и целостности данных в электромобилях. Поэтому возникает необходимость в разработке новых подходов к защите информации, которые смогли бы противостоять угрозам, исходящим от современных кибератак.[1]

Цель данной статьи — рассмотреть вопросы обеспечения безопасности данных в электромобилях, анализируя современные исследования в области кибербезопасности и обосновывая целесообразность применения новых технологий для повышения безопасности транспортных средств. В статье проводится анализ практических результатов использования современных алгоритмов защиты, обсуждаются преимущества новых методов перед классическими подходами и рассматриваются перспективы их внедрения в автомобилестроении.

Таким образом, данная работа вносит вклад в развитие методов информационной безопасности и открывает новые горизонты для создания надежных систем защиты данных в эпоху умных и подключенных транспортных средств.

Основные виды хакерских нападений

Хакерские атаки совершаются преимущественно на атаки на систему управлений. В случае удаленного доступа, хакеры могут получить доступ к системе управления электромобилем и управлять его функциями, такими как торможение, ускорение и поворот, без физического взаимодействия с объектом атаки.

Также возможны манипуляции с программным обеспечением. Злоумышленники могут изменить программное обеспечение автомобиля, что может привести к неправильной работе систем и созданию аварийных ситуаций.[2]

Атаки могут совершаться на систему связи и навигации. Хакеры могут отправлять ложные GPS-сигналы, что дезориентирует водителя. Злоумышленники могут перехватывать и изменять данные, передаваемые между автомобилем и внешними устройствами, включая навигационные данные и сообщения.

Рассматривая вопрос кражи данных пользователей, стоит учесть, что электромобили собирают и хранят различные данные о пользователях, включая маршруты, предпочтения и данные о платежах. В случае обнаружения уязвимости в системах безопасности, может быть получен несанкционированный доступ к этим данным со стороны третьих лиц.

В некоторых случаях автомобили имеют свои собственные мобильные приложения, которые могут быть уязвимы для кибератак, что позволяет злоумышленникам получить доступ к информации и функциям автомобиля.[3]

Зарядные станции, необходимые для реализации функций электромобилей, могут быть атакованы. Поскольку зарядные станции часто обрабатывают платежные данные, существует риск их перехвата и использования злоумышленниками.

Последствия хакерских нападений с точки зрения компаний и пользователей электромобилей

Последствия хакерских нападений могут быть крайне разрушительными и многогранными. Прежде всего, такие атаки могут привести к утечке конфиденциальной информации, включая личные данные пользователей, финансовые сведения и корпоративные тайны. Эта информация может быть использована злоумышленниками для совершения

мошенничества, вымогательства или других преступных действий, что наносит прямой ущерб жертвам и подрывает доверие к пострадавшим организациям.

Кроме того, хакерские нападения могут вызвать значительные финансовые потери. Восстановление после кибератаки требует значительных ресурсов, как материальных, так и временных. Организациям приходится инвестировать в повышение уровня кибербезопасности, проведение аудитов, обучение персонала и восстановление систем. Помимо прямых затрат, могут возникнуть косвенные убытки в виде упущенной прибыли, штрафов за несоблюдение нормативных требований и потери репутации.

Не менее важными являются и социальные последствия хакерских нападений. Массовые утечки данных могут вызвать панику среди пользователей, подорвать доверие к цифровым технологиям и вызвать общественный резонанс. В некоторых случаях кибератаки могут повлиять на критически важную инфраструктуру, такую как энергетические сети, транспортные системы или медицинские учреждения, что может привести к реальным физическим угрозам и нарушению нормальной жизнедеятельности общества.[4]

Влияние Интернета вещей (IoT) на безопасность автомобилей

Интернет вещей (IoT) оказывает значительное влияние на автомобильную промышленность, предлагая новые возможности для повышения функциональности и удобства использования автомобилей. Однако, с этими преимуществами возникают и серьезные вопросы касательно безопасности.

С увеличением количества подключенных устройств и систем в автомобиле расширяется поверхность атаки. Теперь злоумышленники могут попытаться получить доступ не только через традиционные точки входа, такие как система управления двигателем или тормозная система, но и через менее защищенные устройства, такие как сенсоры, развлекательные системы или даже подключенные смартфоны.

Многие устройства IoT работают на сложных программных платформах, которые могут содержать уязвимости. Обновления программного обеспечения для устранения этих уязвимостей часто запаздывают или не всегда доступны пользователям. Это создает дополнительные риски, особенно если автомобили не получают своевременные обновления безопасности.

Автомобили, оснащенные IoT-устройствами, собирают и обрабатывают огромное количество данных о водителе и пассажирах. Это включает в себя информацию о местоположении, повадках вождения, а также личные данные, такие как контакты и сообщения. Защита этих данных является критически важной задачей, поскольку их утечка может привести к серьезным последствиям для конфиденциальности пользователей.

Известные случаи атак

В 2015 году исследователи по безопасности Кевин Махеффи и Марк Роджерс продемонстрировали, как можно взломать Tesla Model S. Они смогли удаленно проникнуть в систему автомобиля, управлять его движением, включая торможение и ускорение, а также изменять работу информационно-развлекательной системы. Несмотря на то, что проникновение оказалось возможным лишь на скорости 8 км/ч, этот случай привлек внимание к необходимости усиления мер безопасности в электромобилях. Tesla оперативно выпустила обновление программного обеспечения для устранения уязвимостей.[5]

В том же году исследователи по безопасности Чарли Миллер и Крис Валасек показали, как можно взломать Jeep Cherokee. Они смогли удаленно контролировать функции автомобиля, такие как рулевое управление, торможение и ускорение, через уязвимость в системе. Этот случай продемонстрировал, насколько уязвимы современные автомобили, оснащенные сложными электронными системами.[6]

В 2016 году исследователь по безопасности Трой Хант обнаружил уязвимость в мобильном приложении Nissan Leaf, которая позволяла удаленно получать доступ к информации об автомобиле, такой как данные о поездках и состоянии заряда батареи. Хотя эта уязвимость не позволяла управлять автомобилем, она показала, как легко можно получить доступ к личным данным пользователей через недостаточно защищенные приложения.

На конкурсе Pwn2Own, который был проведен в 2019 году, группа хакеров из сингапурской компании по кибербезопасности смогла взломать Tesla Model 3. Они использовали уязвимость в браузере автомобиля для получения доступа к его системам. В результате Tesla также выпустила обновление программного обеспечения для устранения этой уязвимости.

В 2020 году исследователь по безопасности Ленерт Вутерс из Левенского католического университета в Бельгии продемонстрировал, как можно взломать Tesla Model X с помощью оборудования стоимостью всего \$300. Он смог получить доступ к системе бесключевого доступа автомобиля и угнать его. Tesla вновь оперативно выпустила обновление программного обеспечения, чтобы закрыть выявленные уязвимости.

Методы защиты от атак на электронные системы автомобиля

Для защиты электромобилей от хакерских нападений необходимо применять комплексный подход, включающий несколько ключевых методов. Одним из таких методов является сегментация систем, которая предполагает разделение сетей автомобиля на отдельные сегменты. Это позволяет ограничить распространение атаки в случае взлома одной из систем, минимизируя потенциальный ущерб и повышая общую безопасность автомобиля.

Шифрование данных играет важную роль в защите информации, передаваемой между автомобилем и внешними устройствами. Использование сильных методов шифрования позволяет предотвратить перехват и несанкционированный доступ к данным, обеспечивая их конфиденциальность и целостность. Это особенно важно для защиты чувствительных данных, таких как данные о местоположении, доступ к системам управления и платежная информация.

Постоянный мониторинг и обнаружение угроз являются критически важными для своевременного выявления подозрительной активности. Использование технологий мониторинга и обнаружения угроз позволяет оперативно реагировать на потенциальные атаки, обеспечивая безопасность систем автомобиля в реальном времени. Наконец, обучение и осведомленность пользователей также играют важную роль в защите электромобилей. Повышение осведомленности пользователей о возможных угрозах и обучение методам защиты помогает им более эффективно противостоять кибератакам и принимать меры предосторожности.

Проблема повышения безопасности в современных автомобилях

Повышение безопасности может иметь негативную сторону, в основном связанную с ухудшением опыта пользователя. Баланс между удобством использования и высокой

степенью безопасности на данный момент является одной из ключевых задач для производителей автомобилей и разработчиков программного обеспечения.

Одним из подходов является создание удобных интерфейсов, которые интуитивно понятны и просты в использовании, при этом обеспечивая надежную защиту. Например, использование многофакторной аутентификации может значительно повысить безопасность, не создавая при этом значительных неудобств для пользователей. Такие интерфейсы позволяют пользователям легко взаимодействовать с системами безопасности, не испытывая сложностей.

Автоматизация процессов также играет важную роль в достижении баланса между удобством и безопасностью. Снижение необходимости выполнения пользователями множества действий для обеспечения безопасности может быть достигнуто за счет автоматизации и использования предиктивных алгоритмов. Это позволяет минимизировать человеческий фактор и снизить вероятность ошибок, одновременно упрощая процесс для конечного пользователя.

Обучение и информирование пользователей – одни из важнейших мер для достижения баланса между безопасностью и простотой пользования. Проведение образовательных кампаний и предоставление четких инструкций по безопасному использованию функций автомобиля способствует осознанию важности мер безопасности. Пользователи, которые хорошо информированы о рисках и способах их минимизации, с большей вероятностью будут следовать рекомендациям и использовать функции безопасности эффективно.

Наконец, предоставление возможностей для пользователей самостоятельно настраивать уровни безопасности в зависимости от их индивидуальных потребностей и предпочтений позволяет адаптировать систему под специфические условия эксплуатации. Такая персонализация позволяет каждому пользователю настроить защиту в соответствии с его личными требованиями, что повышает общую удовлетворенность и доверие к системе.

Таким образом, баланс между удобством использования и высокой степенью безопасности может быть достигнут путем создания удобных интерфейсов, автоматизации процессов, обучения и информирования пользователей, а также предоставления возможностей для персонализации настроек. Эти меры позволяют обеспечить высокий уровень защиты, не создавая при этом значительных неудобств для пользователей.

Заключение

Обеспечение безопасности данных в современных автомобилях является одной из ключевых задач для автопроизводителей и разработчиков программного обеспечения. В эпоху Интернета вещей (IoT) автомобили становятся сложными системами, собирающими и обрабатывающими огромное количество данных, включая информацию о местоположении, поведении водителя и личные данные водителей и пассажиров.

Для защиты этих данных необходимо применять комплексный подход, который включает в себя использование сильного шифрования, сегментацию сетей, регулярные обновления программного обеспечения и внедрение многоуровневых механизмов аутентификации и авторизации. Также важно внедрять системы мониторинга и обнаружения атак.

Современные автомобили должны не только обеспечивать высокий уровень комфорта и функциональности, но и гарантировать надежную защиту данных своих пользователей. В

конечном итоге, безопасность данных должна стать неотъемлемой частью разработки и эксплуатации современных автомобилей.

Список литературы

1. Косарев А.Н., Новокшенов И.М., Ткаченко Ю.Е., Трофимов М.Л. Электронный контроль устойчивости (EPS): принцип работы и преимущества // Сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2022 С. 35-39.
2. Сальников Е.В. Беспилотные автомобили: массовые предрассудки и футурологический прогноз // Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования. 2018. № 1 (1) С. 356-363.
3. Щеглов А.Ю., Щеглов К.А. Защита информации: основы теории // Учебник / Сер. 76 Высшее образование. (1-е изд.) Москва, 2024.
4. Сафиуллин Р.Н., Керимов М.А., Григорьева А.С. К вопросу автоматизации электронных систем управления автомобильной техники по информационно-телекоммуникационному взаимодействию // Сборник научных трудов кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» С. 197-203
5. Вострецова Е.В. Основы информационной безопасности // Учебное пособие: рекомендовано методическим советом Уральского федерального университета для студентов вуза, обучающихся по укрупненной группе направлений бакалавриата и специалитета 10.00.00 «Информационная безопасность» / Екатеринбург, 2019.
6. Бессонов Б.А. Электромобили и экология. Перспективы использования электромобилей // В сборнике: Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения. Сборник трудов VII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов. Науч. редактор А.Н. Ткачёв. Челябинск, 2023. С. 161-167.

References

1. Kosarev A.N., Novokshonov I.M., Tkachenko Yu.E., Trofimov M.L. Electronic stability control (EPS): the principle of operation and advantages // Collection of articles of the International scientific and practical Conference. Ufa, 2022 pp. 35-39.
2. Salnikov E.V. Unmanned vehicles: mass prejudices and futurological forecast // Management of road safety activities: state, problems, ways of improvement. 2018. No. 1 (1) pp. 356-363.
3. Shcheglov A.Yu., Shcheglov K.A. Information protection: fundamentals of theory // Textbook / Ser. 76 Higher education. (1st ed.) Moscow, 2024.
4. Safiullin R.N., Kerimov M.A., Grigorieva A.S. On the issue of automation of electronic control systems of automotive equipment for information and telecommunication interaction // Collection of scientific papers of the department "Organization of transportation and management in transport" pp. 197-203
5. Vostretsova E.V. Fundamentals of information security // Textbook: recommended by the Methodological Council of the Ural Federal University for university students studying in an enlarged group of bachelor's and specialty areas 10.00.00 "Information security" / Yekaterinburg, 2019.

6. Bessonov В.А. Electric vehicles and ecology. Prospects for the use of electric vehicles // In the collection: Modern equipment and technologies in the electric power industry and transport: tasks, problems, solutions. Proceedings of the VII All-Russian (national) scientific and practical Conference of scientific, scientific and pedagogical workers, graduate students and students. Scientific editor А.Н. Tkachev. Chelyabinsk, 2023. pp. 161-167.
-



ОТКРЫТАЯ НАУКА
издательство

Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.65.52

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ТИПОВ БАЗ ДАННЫХ В СЛОЖНЫХ ПРОЕКТАХ

¹ Буркалов А.М., Демонов Л.А.

ФГБОУ ВО "ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ, Иркутск, Россия (664074, Иркутская область, город Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83), e-mail: ¹artiom.burkalov@mail.ru

В данной работе проводится сравнительный анализ производительности, масштабируемости, гибкости и совместимости SQL и NoSQL баз данных в контексте управления проектами и задачами. Описаны тестовые сценарии для вставки, обновления, удаления и поиска данных, создания зависимостей между задачами, хранения комментариев и файлов, а также выполнения аналитических запросов и генерации отчетов. Исследование включает измерение времени выполнения операций, что позволяет выявить преимущества и недостатки каждого типа баз данных для различных задач.

Ключевые слова: Производительность, масштабируемость, SQL, NoSQL, управление задачами, тестовые сценарии, аналитические запросы, время выполнения операций.

RATIONAL USE OF SEVERAL TYPES OF DATABASES IN COMPLEX PROJECTS

¹ Bukalov A.M., Demonov L.A.

IRKUTSK NATIONAL RESEARCH TECHNICAL UNIVERSITY, Irkutsk, Russia (664074, Irkutsk Lermontova st., 83), e-mail: ¹artiom.burkalov@mail.ru

This paper provides a comparative analysis of the performance, scalability, flexibility and compatibility of SQL and NoSQL databases in the context of project and task management. Test scenarios for inserting, updating, deleting and searching data, creating dependencies between tasks, storing comments and files, as well as performing analytical queries and generating reports are described. The study includes measuring the execution time of operations, which allows you to identify the advantages and disadvantages of each type of database for different tasks.

Keywords: Performance, scalability, SQL, NoSQL, task management, test scenarios, analytical queries, operation execution time.

Базы данных SQL и NoSQL уже долгое время являются объектом активного научного исследования. Реляционные базы данных, такие как PostgreSQL и Oracle, были разработаны на основе принципов, изложенных в оригинальной статье Эдгара Ф. Кодда, который считается основоположником теории реляционных баз данных. Его работа заложила основы для понимания структурированных данных и реляционных моделей, что стало основой для современных СУБД. Исследования производительности и масштабируемости SQL и NoSQL баз данных выявили ключевые различия между ними. В работе «Predictive Performance Comparison Analysis of Relational & NoSQL Graph Databases» анализируются производительность и прогнозируемость различных типов баз данных, показывая, что NoSQL базы данных часто превосходят реляционные в условиях работы с большими объемами данных и при выполнении сложных запросов. [1] Другие исследования, такие как статья «А

Comparative Study of SQL and NoSQL Databases for Big Data», опубликованная в журнале MDPI, подробно рассматривают преимущества и недостатки SQL и NoSQL баз данных в контексте больших данных. Эти работы подчеркивают, что NoSQL базы данных, такие как MongoDB и Neo4j, предлагают значительные преимущества в гибкости и масштабируемости по сравнению с традиционными реляционными базами данных. В книге, опубликованной на платформе Springer, также рассматриваются различные аспекты использования SQL и NoSQL баз данных в сложных проектах. Эти исследования показывают, что графовые базы данных, такие как OrientDB, эффективны для моделирования сложных зависимостей между данными, что делает их полезными для специфических приложений, таких как социальные сети и системы рекомендаций. [2]

Цель настоящего исследования — изучить производительность и эффективность различных типов баз данных (PostgreSQL, OrientDB, MongoDB и Rebis) в контексте решения одной сложной задачи, разделенной на подзадачи с различными требованиями. Это позволит определить оптимальные комбинации баз данных для обеспечения максимально эффективной работы системы. В отличие от существующих исследований, которые фокусируются на сравнении производительности и масштабируемости баз данных в общем контексте, данное исследование сосредоточено на оптимизации использования различных типов баз данных для одной комплексной задачи. [3] Разбиение задачи на подзадачи и детерминированный подход к выбору баз данных позволят выявить наиболее эффективные комбинации для каждого конкретного сценария, обеспечивая максимальную производительность и эффективность работы системы в целом.

В данной работе все тесты проводились с использованием следующих баз данных: PostgreSQL, MongoDB, Rebis и OrientDB. Этот выбор обусловлен различием их внутренней структуры, что позволяет всесторонне изучить преимущества и недостатки различных типов баз данных в контексте выполнения сложных задач.

PostgreSQL — это мощная реляционная база данных с открытым исходным кодом, основанная на принципах, заложенных в оригинальной статье Эдгара Ф. Кодда. PostgreSQL известна своей надежностью, масштабируемостью и обширной функциональностью. Она поддерживает сложные запросы, транзакции и строгую целостность данных, что делает её идеальной для приложений, требующих высокой степени структурированности и надежности данных. [4]

MongoDB — это документно-ориентированная NoSQL база данных, которая использует формат BSON для хранения данных. MongoDB обеспечивает гибкость и масштабируемость, что делает её подходящей для работы с большими объёмами данных и разнообразными структурами данных. Она широко используется в проектах, где требуется быстрая обработка данных и возможность горизонтального масштабирования.

Rebis — это перспективная база данных, которая также относится к категории NoSQL. Rebis разработана для эффективного управления большими объёмами данных и поддерживает гибкую схему данных. Её выбор для исследования основан на необходимости изучения производительности и возможностей менее распространённых NoSQL баз данных в сравнении с более популярными решениями.

OrientDB — это многофункциональная NoSQL база данных, сочетающая в себе возможности документно-ориентированной и графовой базы данных. Она поддерживает работу с графами, что делает её особенно полезной для моделирования сложных зависимостей между данными. OrientDB позволяет эффективно управлять данными, связанными через множество взаимосвязей, что актуально для задач, связанных с социальными сетями, рекомендационными системами и управлением проектами.

Оборудование

Тесты проводились на следующем оборудовании: процессор Intel® Core™ i5-11400H 11-го поколения с тактовой частотой 2.70 GHz, 16 ГБ оперативной памяти, графический процессор RTX 3050 TI для ноутбуков и хранилище на основе NVMe SSD. [5] Тестовая среда была настроена с использованием Docker на операционной системе Linux. Скрипты тестирования были написаны на языке программирования Python, а для визуализации и анализа метрик использовалась библиотека Matplotlib.

Методология

Эффективное использование баз данных с различной внутренней структурой демонстрировалось на примере сложной задачи, разбитой на четыре подзадачи. В качестве примера была выбрана задача создания системы управления проектами. Эта система предназначена для организации и координации работы проектных команд, а также для обеспечения прозрачности и эффективности процессов. Исследование охватывает управление пользователями и проектами, граф зависимости задач, хранение комментариев и файлов, а также аналитику и отчетность.

Конкретизация тестов и структуры данных

В рамках управления пользователями и проектами были протестированы операции вставки, обновления, удаления и поиска данных. Структура данных включает пользователей с полями `id`, `name` и `email`, а также проекты с полями `id`, `name` и `description`. В процессе тестирования производилась вставка 10 000 записей пользователей и 1 000 проектов. Также были проведены тесты на обновление 20% существующих записей и удаление 10% данных. Для проверки функциональности поиска осуществлялся поиск пользователей по имени и проектов по ID. Метрики включают время выполнения запросов на вставку, обновление и удаление данных, а также время поиска по ключевым полям. Для анализа графа зависимости задач структура данных включает задачи с полями `id`, `name`, `description` и `status`, а также зависимости, представленные полями `task_id` и `depends_on_task_id`. Тесты охватывали создание 10 000 зависимостей между задачами, обновление 20% существующих зависимостей и поиск всех зависимостей для одной задачи. Основные метрики включают время выполнения запросов на создание и обновление зависимостей, а также время выполнения поиска зависимостей. В тестировании хранения комментариев и файлов рассматривается структура данных, включающая комментарии с полями `id`, `task_id`, `user_id` и `text`, а также файлы с полями `id`, `task_id`, `file_name` и `file_data`. В тестах проводилась вставка 50 000 комментариев и 5 000 файлов различных типов и размеров. [6] Дополнительно были выполнены обновления 20% комментариев и файлов и их удаление на 10%. Поиск данных включал поиск комментариев

по ключевым словам и файлов по имени. Временные метрики включают время выполнения запросов на вставку, обновление и удаление комментариев и файлов, а также время поиска по ключевым словам и имени файлов. Аналитика и отчетность включают выполнение различных аналитических запросов, таких как подсчет количества задач по статусу, анализ активности пользователей и зависимостей задач, а также генерацию отчетов по различным метрикам. Метрики в этом разделе фиксируют время выполнения аналитических запросов и генерацию отчетов, позволяя оценить эффективность обработки данных и генерации отчетных материалов.

Настройка тестовой среды

Для обеспечения объективности тестирования было использовано идентичное оборудование для каждой базы данных, чтобы исключить влияние аппаратных различий. Конфигурация тестовых сред была унифицирована, а тесты проводились в одинаковых условиях, что позволило получить сопоставимые результаты и корректные данные для анализа.

Результаты тестов

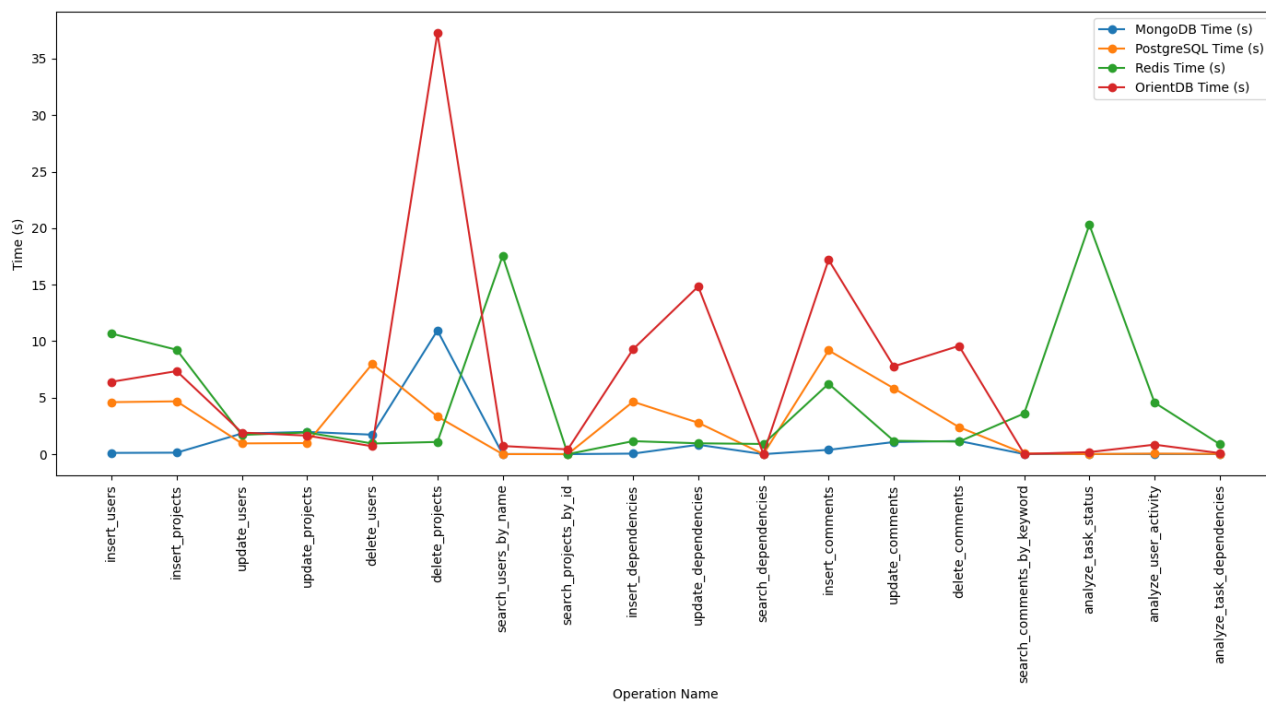


Рисунок 1 - График отображающий скорость работы четырёх типов баз данных: PostgreSQL, MongoDB, Redis, OrientDB

Сравнение баз данных на основании графика:

1. MongoDB:

- Быстро справляется с операциями вставки и поиска, особенно если сравнивать с PostgreSQL и Redis.
- Устойчив к изменениям данных, как видно из быстрого времени обновления и удаления.

- Сравнительно медленнее в операциях анализа.
2. **PostgreSQL:**
- Хорошо справляется с обновлением данных, даже быстрее Redis и OrientDB.
 - Сравнительно медленнее в операциях вставки и удаления по сравнению с MongoDB.
 - Эффективен в поиске, особенно в операциях, связанных с точным соответствием.
3. **Redis:**
- Отличается высокой производительностью в поиске и анализе задач, но имеет длинное время выполнения операций вставки и удаления.
 - Часто медленнее по сравнению с другими системами при выполнении сложных операций, таких как удаление и анализ.
4. **OrientDB:**
- Замечен как самый медленный во многих операциях, особенно в операциях удаления и анализа.
 - Быстро выполняет поисковые запросы и анализ задач, но его производительность в других операциях значительно ниже.

Таким образом, выбор подходящей базы данных зависит от конкретных требований приложения и типов операций. MongoDB и PostgreSQL показывают хорошую производительность в различных областях, Redis полезен для высокоскоростного поиска и анализа, тогда как OrientDB может быть менее предпочтителен для операций, требующих высокой скорости.[7]

Заключение

В данном исследовании была проведена оценка производительности и эффективности различных баз данных в контексте создания системы управления проектами, включающей планирование задач, отслеживание прогресса, управление командой и отчетность. Задача была разделена на четыре подзадачи, каждая из которых требовала использования разных типов баз данных для оптимального выполнения.

PostgreSQL продемонстрировала высокую скорость выполнения операций вставки, обновления и поиска данных, что делает её идеальной для структурированных данных. Однако значительные вариации во времени удаления пользователей указывают на необходимость оптимизации настройки базы данных для конкретных сценариев использования. PostgreSQL полностью поддерживает принципы ACID (атомарность, согласованность, изолированность, долговечность), обеспечивая надежность транзакций и согласованность данных. Это делает её идеальной для критически важных приложений, где необходимо гарантировать целостность данных.

OrientDB продемонстрировала свою эффективность при работе с графами зависимостей, обеспечивая хорошие результаты в создании и обновлении связей между задачами. Это подтверждает её пригодность для представления сложных связей и зависимостей. OrientDB также поддерживает ACID-транзакции, что позволяет выполнять надежные операции в графовой модели данных. Это важно для приложений, требующих точных и согласованных связей между данными.

MongoDB показала себя как надежное решение для хранения и поиска неструктурированных данных, таких как комментарии и файлы, обеспечивая гибкость и

масштабируемость. MongoDB изначально не была ориентирована на полную поддержку ACID, но с версией 4.0 введена поддержка многодокументных транзакций, что улучшило её способность обеспечивать согласованность данных в более сложных сценариях.

Redis продемонстрировала высокую скорость выполнения аналитических запросов, что делает её подходящей для задач, требующих быстрой обработки и анализа данных. Хотя Redis известна своей высокой производительностью, она обеспечивает поддержку транзакций, но не гарантирует полной реализации всех принципов ACID. В Redis транзакции атомарны и изолированы, однако долговечность данных может зависеть от настроек устойчивости (persistence settings).

Оптимальный выбор базы данных зависит от специфических требований каждой подзадачи. Использование гибридных архитектур, комбинирующих различные типы баз данных, позволяет добиться максимальной производительности и эффективности системы в целом, учитывая требования к надежности и согласованности данных.

Список литературы

1. Джани, Д. Х., и Праджапати, Б. Р. (2018). Сравнительное исследование NoSQL и реляционных баз данных. Получено из ResearchGate (https://www.researchgate.net/publication/326019759_A_Comparative_Study_of_NoSQL_and_Relational_Database).
2. Шрихарша, А. Б. и Кумар, С. В. (2017). Сравнительный анализ производительности реляционных баз данных и графовых баз данных NoSQL. Получено из ResearchGate (https://www.researchgate.net/publication/317312130_Predictive_Performance_Comparison_Analysis_of_Relational_NoSQL_Graph_Databases).
3. Торки, А. М., & Абдо, А. А. (2021). Сравнительное исследование реляционной базы данных MySQL и базы данных MongoDB NoSQL. Извлечено из [ResearchGate](https://www.researchgate.net/publication/352039638_Comparative_Study_Between_the_MySQL_Relational_Database_and_the_MongoDB_NoSQL_Database).
4. IJRAR. (2018). Сравнительный анализ баз данных SQL и NoSQL. Взято из [IJRAR](http://ijrar.com/upload_issue/ijrar_issue_237.pdf).
5. АрангоДБ. (2018). Тест производительности NoSQL 2018: MongoDB, PostgreSQL, OrientDB, Neo4j, ArangoDB. Извлечено из ArangoDB (<https://arangodb.com/2018/02/nosql-performance-benchmark-2018-mongodb-postgresql-orientdb-neo4j-arangodb/>).
6. Перван Г., Роблес Р. Дж. (2022). Большие данные и сравнительный анализ производительности: реляционные и альтернативные Базы данных NoSQL. В: Материалы Международной конференции по большим данным и бенчмаркингу эффективности. Извлечено из Springer (https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-03884-6_14).
7. Шрихарша, А. Б. и Кумар, С. В. (2017). Сравнительный анализ производительности реляционных баз данных и графовых баз данных NoSQL. Получено из ResearchGate (https://www.researchgate.net/publication/317312130_Predictive_Performance_Comparison_Analysis_of_Relational_NoSQL_Graph_Databases).

References

1. Jani, D. H., & Prajapati, B. R. (2018). A Comparative Study of NoSQL and Relational Database. Retrieved from ResearchGate (https://www.researchgate.net/publication/326019759_A_Comparative_Study_of_NoSQL_and_Relational_Database).
 2. Shreeharsha, A. B., & Kumar, S. V. (2017). Predictive Performance Comparison Analysis of Relational & NoSQL Graph Databases. Retrieved from ResearchGate (https://www.researchgate.net/publication/317312130_Predictive_Performance_Comparison_Analysis_of_Relational_NoSQL_Graph_Databases).
 3. Torkey, A. M., & Abdo, A. A. (2021). Comparative Study Between the MySQL Relational Database and the MongoDB NoSQL Database. Retrieved from [ResearchGate](https://www.researchgate.net/publication/352039638_Comparative_Study_Between_the_MySQL_Relational_Database_and_the_MongoDB_NoSQL_Database).
 4. IJRAR. (2018). Comparative Analysis of SQL and NoSQL Databases. Retrieved from [IJRAR](http://ijrar.com/upload_issue/ijrar_issue_237.pdf).
 5. ArangoDB. (2018). NoSQL Performance Benchmark 2018: MongoDB, PostgreSQL, OrientDB, Neo4j, ArangoDB. Retrieved from ArangoDB (<https://arangodb.com/2018/02/nosql-performance-benchmark-2018-mongodb-postgresql-orientdb-neo4j-arangodb/>).
 6. Pervan, G., & Robles, R. J. (2022). Big Data and Performance Benchmarking: Relational vs. NoSQL Databases. In: Proceedings of the International Conference on Big Data and Performance Benchmarking. Retrieved from Springer (https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-03884-6_14).
 7. Shreeharsha, A. B., & Kumar, S. V. (2017). Predictive Performance Comparison Analysis of Relational & NoSQL Graph Databases. Retrieved from ResearchGate (https://www.researchgate.net/publication/317312130_Predictive_Performance_Comparison_Analysis_of_Relational_NoSQL_Graph_Databases).
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.6

АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СОЗДАНИИ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ СТАТИСТИКИ ПРОДАЖ АВТОМОБИЛЕЙ

Семенов Д.В.

ФГАОУ ВО "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ", Санкт-Петербург, Россия (190000, город Санкт-Петербург, Большая Морская ул., д.67 лит. а), e-mail: Danya2015rus@yandex.ru

Данная статья рассматривает алгоритмы машинного обучения и их влияние в создании моделей прогнозирования на примере статистики продаж автомобилей.

Ключевые слова: Алгоритм, машинное обучение, статистика, модель, прогнозирование, этапы разработки, данные, анализ.

MACHINE LEARNING ALGORITHMS IN CREATING FORECASTING MODELS BASED ON THE EXAMPLE OF CAR SALES STATISTICS

Semyonov D.V.

ST. PETERSBURG STATE UNIVERSITY OF AEROSPACE INSTRUMENTATION, St. Petersburg, Russia (190000, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya str., 67 lit. a), e-mail: Danya2015rus@yandex.ru

This article examines machine learning algorithms and their impact in creating forecasting models using the example of car sales statistics.

Keywords: algorithm, machine learning, statistics, model, forecasting, development stages, data, analysis.

Введение

В современном мире, где информация становится одним из самых ценных ресурсов, способности к обработке и анализу данных играют ключевую роль в принятии бизнес-решений. Одной из самых перспективных областей применения аналитических технологий является машинное обучение, которое позволяет создавать эффективные модели прогнозирования. В этом контексте рассмотрим использование алгоритмов машинного обучения для прогнозирования продаж автомобилей.

1. Введение в машинное обучение

Машинное обучение — это область искусственного интеллекта, которая фокусируется на разработке алгоритмов, способных обучаться на данных и делать прогнозы или принимать решения без явного программирования. Основная идея машинного обучения заключается в том, что алгоритмы могут автоматически улучшаться по мере увеличения объема данных. В контексте продаж автомобилей это может включать предсказания о будущих продажах на основе исторических данных, сезонных колебаний, экономических факторов и других переменных.[1]

Модели машинного обучения в значительной степени зависят от качества данных, на которых они обучаются. Чем больше и разнообразнее данные, тем лучше будет модель. Поэтому важным аспектом является не только выбор алгоритма, но и обеспечение процесса сбора и предварительной обработки данных.

2. Задачи прогнозирования в области продаж автомобилей

Прогнозирование продаж автомобилей может быть разделено на несколько ключевых задач:

1. Прогнозирование общего объёма продаж — оценка, сколько автомобилей будет продано в определённый период (например, месяц, квартал или год). Это особенно важно для планирования производственных мощностей, логистики и управления запасами.

2. Сегментация рынка — анализ, какие сегменты рынка дадут наибольшую отдачу. Например, изучение предпочтений различных групп потребителей позволяет производителям адаптировать свои предложения.

3. Оценка влияния факторов [2] — определение, какие факторы (экономические, социальные, сезонные) имеют наибольшее влияние на продажи. Это может включать анализ влияния цен на нефтепродукты, изменение налогового законодательства, уровней доходов населения и других факторов.

4. Прогнозирование спроса на новинки — оценка, как возможные новинки автомобильного рынка будут восприняты потребителями, основываясь на аналогичных продуктах, вышедших ранее.

5. Анализ времени моделирования — выявление пиковых периодов продаж (например, весна или конец года) и их влияние на общие продажи.

3. Алгоритмы машинного обучения для прогнозирования

Существует множество алгоритмов машинного обучения, которые могут быть применены для прогнозирования продаж автомобилей. Рассмотрим несколько из них подробно:

1) Регрессия

Линейная регрессия и её более сложные версии (например, полиномиальная регрессия) могут использоваться для построения моделей, которые анализируют взаимосвязь между продажами и различными факторами, такими как цена, качество, маркетинг, время года и т.д. [3] Линейная регрессия проста в интерпретации и позволяет быстро выявить тренды, но она может не всегда хорошо работать с нелинейными зависимостями.

2) Деревья решений

Эти алгоритмы разбивают данные на более мелкие подмножества, создавая дерево, которое позволяет делать предсказания на основе базовых условий. Деревья решений просты в интерпретации и наглядны, что особенно полезно для бизнес-аналитики. Однако они могут быть чувствительны к шуму в данных и склонны к переобучению.

3) Случайный лес

Это ансамблевый метод, который объединяет несколько деревьев решений для улучшения точности и устойчивости модели. [4] Случайный лес хорошо подходит для многофакторных данных, таких как данные о продажах автомобилей. Он помогает избежать

проблемы переобучения, позволяя моделям обобщать информацию и лучше описывать сложные зависимости в данных.

4) Градиентный бустинг

Этот метод использует последовательное построение деревьев, улучшая каждое следующее дерево на основе ошибок предыдущего. Это один из самых мощных и гибких подходов к задачам прогнозирования, поскольку он может эффективно обрабатывать как линейные, так и нелинейные зависимости и обеспечивать высокую предсказательную силу.

5) Нейронные сети

Современные нейронные сети, особенно глубокие, могут обрабатывать сложные зависимости и различия в данных. [5] Например, рекуррентные нейронные сети (RNN) могут быть полезны для временных рядов, анализируя последовательности данных во времени, тогда как сверточные сети (CNN) могут помочь в анализе изображений и других форматов данных.

4. Этапы разработки модели

Разработка модели прогнозирования продаж автомобилей с использованием машинного обучения включает несколько этапов:

1) Сбор данных

Включает сбор исторических данных о продажах, ценах, экономических условиях, рекламе и т.д. Для этого могут использоваться как внутренние источники (продажные отчеты, данные CRM), так и внешние (экономические показатели, данные о потребителях, исследования рынка). Качественные данные являются основой для построения успешной модели.

2) Предварительная обработка данных

Чистка данных (удаление пропусков, аномалий) и их последующее преобразование (нормализация, кодирование категориальных переменных) обязательно перед обучением модели. [6] Например, могут быть использованы техники, такие как one-hot encoding для преобразования категориальных данных и стандартное min-max нормализация для числовых.

3) Разделение данных

Данные разделяются на обучающую и тестовую выборки. Обычно это соотношение составляет 70-80% данных для обучения и 20-30% для тестирования. Это позволяет оценить качество модели на новых данных, которые не использовались в процессе обучения.

4) Обучение модели

Выбор алгоритма и его обучение на обучающей выборке. Важно помнить, что для разных типов задач могут быть предпочтительнее разные алгоритмы, поэтому может потребоваться предварительное тестирование.

5) Оценка и валидация [7]

Использование тестовой выборки для оценки точности модели. Метрики, такие как RMSE (среднеквадратическая ошибка), MAE (средняя абсолютная ошибка) или R^2 (коэффициент детерминации), помогают определить её эффективность. Также может использоваться кросс-валидация для более надежной оценки производительности.

6) Оптимизация модели

Подбор гиперпараметров и использование методов кросс-валидации для повышения качества прогнозирования. Подбор параметров может включать алгоритмы, такие как Grid Search или Random Search, и может значительно повысить производительность модели.

7) Внедрение и мониторинг

После внедрения модели в производственный процесс её необходимо регулярно мониторить и обновлять по мере изменения рынка. [8] Например, если происходит значительное изменение в экономической ситуации или потребительских предпочтениях, модель должна быть адаптирована для учета этих изменений, чтобы поддерживать её актуальность.

5. Реальные примеры применения

Для более глубокого понимания важности машинного обучения в прогнозировании продаж автомобилей рассмотрим несколько примеров реальных компаний:

- Ford использует сложные модели машинного обучения для анализа тенденций в потребительских предпочтениях. С помощью динамической оценки предпочтений клиентов и логистики, они могут адаптировать свои маркетинговые стратегии и производственные процессы, чтобы оптимально отвечать спросу.
- Toyota применяет методы машинного обучения для прогнозирования спроса на свои новые продукты, учитывая сезонные колебания, экономические условия и даже социальные факторы (например, влияние окружения на выбор модели автомобиля). Это помогает компании более точно управлять запасами и улучшать удовлетворенность клиентов.
- Tesla активно использует данные о продажах и поведении пользователей, собирая информацию о предпочтениях и стиле вождения владельцев своих автомобилей. Это позволяет им не только улучшать продукты, но и адаптировать маркетинговые стратегии, базируясь на реальных данных.

Заключение

Применение алгоритмов машинного обучения для прогнозирования продаж автомобилей открывает новые горизонты для бизнеса. Эффективные модели прогнозирования помогают компаниям лучше понимать рынок, оптимизировать запасы и принимать стратегические решения на основе данных. Однако для получения качественных результатов необходимо не только правильно выбрать алгоритм, но и уделить внимание всем этапам разработки модели.

Современные модели машинного обучения позволяют не только предсказывать продажи, но и интегрировать множественные факторы в процессе принятия решений. В условиях динамичного рынка автомобилестроения это особенно важно и актуально. Успешное применение машинного обучения в этой области может стать значительным конкурентным преимуществом для компаний, стремящихся как к повышению продаж, так и к улучшению качества обслуживания клиентов, что, в конечном счете, способствует устойчивому развитию и росту бизнеса.

Список литературы

1. Вьюгин, В.В. Математические основы машинного обучения и прогнозирования / В.В. Вьюгин. - М.: Московский центр непрерывного математического образования (МЦНМО), 2018. - 844 с.
2. Анализ данных и процессов. - М.: БХВ-Петербург, 2009. - 512 с.
3. Афанасьев, В.Н. Анализ временных рядов и прогнозирование: Учебник / В.Н. Афанасьев, М.М. Юзбашев. - М.: Финансы и статистика, Инфра-М, 2012. - 320 с.
4. Петрухин, А. В. (2021). "Основы машинного обучения: теории и практики". Научно-издательский центр "Логос". — Введение в теории машинного обучения и его практические приложения.
5. Бачурин, А.А. Планирование и прогнозирование деятельности автотранспортных организаций / А.А. Бачурин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2011. - 272 с.
6. Бишоп, К. М. (2006). Распознавание образов и машинное обучение. — Обширное введение в методы машинного обучения и статистического анализа.
7. Алехин, А. И. (2018). Машинное обучение и его применение в экономике и бизнесе. ГЭОТАР-Медиа. — Описание основных методов машинного обучения и их применения в экономике.
8. Тихомиров, Н. П. Демография. Методы анализа и прогнозирования / Н.П. Тихомиров. - М.: Экзамен, 2013. - 256 с.

References

1. Vyugin, V.V. Mathematical foundations of machine learning and forecasting / V.V. Vyugin. - Moscow: Moscow Center for Continuing Mathematical Education (MCNMO), 2018. - 844 p.
 2. Analysis of data and processes. - M.: BHV-Petersburg, 2009. - 512 p.
 3. Afanasyev, V.N. Time series analysis and forecasting: Textbook / V.N. Afanasyev, M.M. Yuzbashev. - M.: Finance and Statistics, Infra-M, 2012. - 320 p.
 4. Petrukhin, A.V. (2021). "Fundamentals of machine learning: theory and practice". Scientific publishing center "Logos". — Introduction to the theory of machine learning and its practical applications.
 5. Bachurin, A.A. Planning and forecasting of the activities of motor transport organizations / A.A. Bachurin. Vologda: Infra-Engineering, 2011. - 272 p.
 6. Bishop, K. M. (2006). Pattern recognition and machine learning. — An extensive introduction to machine learning and statistical analysis methods.
 7. Alekhine, A. I. (2018). Machine learning and its application in economics and business. GEOTAR Media. — Description of the main methods of machine learning and their application in economics.
 8. Tikhomirov, N. P. Demography. Methods of analysis and forecasting / N.P. Tikhomirov. - M.: Exam, 2013. - 256 p.
-



Международный журнал информационных технологий и
энергоэффективности

Сайт журнала: <http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.83

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: ОБЩИЙ И УЗКИЙ

¹Дубоделова О.А., ²Гринчар Н.Н.

ФГАОУ ВО «РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА», Москва, Россия,
(127055, город Москва, ул. Образцова, д.9 стр.9), e-mail: ¹olesya.dubodelova8@mail.ru,
²navydragon@inbox.ru

В статье рассматриваются современные достижения и тенденции в области искусственного интеллекта (ИИ), охватывающие ключевые алгоритмы, методы обучения и их применение в различных отраслях, а также описываются различия между общим ИИ и узким ИИ.

Ключевые слова: Технологии, ИИ, нейросеть, машинное обучение.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE: GENERAL AND NARROW

¹Dubodelova O.A., ²Grinchar N.N.

RUSSIAN UNIVERSITY OF TRANSPORT, Moscow, Russia, (127055, Moscow, Obraztsova str., 9,
bldg. 9), e-mail: ¹olesya.dubodelova8@mail.ru, ²navydragon@inbox.ru

The article examines current achievements and trends in the field of artificial intelligence (AI), covering key algorithms, learning methods and their application in various industries, as well as describes the differences between general AI and narrow AI.

Keywords: Technologies, And, neural network, machine learning.

В последние годы искусственный интеллект (ИИ) стал одной из самых обсуждаемых тем в области технологий, привлекая внимание не только ученых и инженеров, но и широкой общественности. ИИ внедряется во все большее количество отраслей, от медицины до транспорта, и его возможности постоянно расширяются. Однако, несмотря на это, понятия «общий искусственный интеллект» (AGI) и «узкий искусственный интеллект» (Narrow AI) остаются для многих людей не совсем ясными. Эти две концепции представляют собой принципиально разные подходы к развитию ИИ, и понимание их различий имеет важное значение как для научного сообщества, так и для бизнеса, стремящегося интегрировать ИИ в свою деятельность. Данная статья направлена на изучение этих двух подходов, рассмотрение их текущих достижений, применения в различных сферах и перспектив на будущее.

Многие видели в статьях упоминания обоих вариантов – общий и узкий ИИ [2], но не все понимают разницу в использовании этих двух понятий. Общий искусственный интеллект и узкий искусственный интеллект представляют собой разные подходы развития искусственного интеллекта, и каждый из них имеет свои преимущества и ограничения. Для того чтобы начать говорить о различиях, нужно для начала определиться, что из себя представляет искусственный интеллект в целом. [1]

Искусственный интеллект (ИИ) — это набор технологий, разрабатывающих системы и алгоритмы, которые позволяют компьютерам выполнять множество самых разнообразных

задач, требующих знаний и навыков людей [1]. Искусственный интеллект объединяет разнообразные методы и технологии, такие как машинное обучение, нейронные сети, глубокое обучение, обработка естественного языка, компьютерное зрение, робототехника и прочие. Как правило, системы ИИ работают, поглощая большие объемы помеченных обучающих данных, анализируя данные на предмет корреляций и закономерностей и используя эти закономерности для прогнозирования будущих состояний. Например, чат-бот, получающий примеры текстовых чатов, может научиться воспроизводить реалистичный диалог с людьми, а инструмент распознавания изображений может научиться идентифицировать и описывать объекты на изображениях более точно, просматривая миллионы примеров. Зачастую ИИ путают с нейросетью, называя одно другим. Но это не совсем верно. [2] Нейросети — это один из подходов к созданию ИИ, который вдохновлён системой нейронов в мозге. Вместо того чтобы писать сложные алгоритмы для решения задач, нейросети обучаются на основе большого количества данных и находят в них закономерности. И здесь мы подходим к теме разделения ИИ на общий и узкий.

Продолжая говорить о нейросетях, важно упомянуть, что они могут генерировать тексты, редактировать музыку, создавать изображения, писать код, распознавать речь и многое другое. Это и есть узкий ИИ (УИИ). УИИ – приложения, предназначенные для выполнения конкретной задачи или набора задач, и он не обладает способностью к обобщению за пределами своих запрограммированных параметров. Определение «узкий» может ошибочно вызывать мнение, что эти приложения ИИ в чем-то неполноценны. Однако это абсолютно не так, оно указывает лишь на то, что эти приложения сосредоточены на конкретной, или узкой, когнитивной функции. Примеры современного использования УИИ: ChatGPT, Midjourney, DALL-E, умные голосовые помощники, автономное вождение, алгоритмы в соцсетях, более точное определение диагноза в сфере здравоохранения, виртуальные помощники, игра в шахматы и так далее [3]. Несмотря на свою «узкость» применяется достаточно широко.

В отличие от слабого, сильный ИИ, или искусственный интеллект общего назначения (AGI), предназначен для имитации когнитивных способностей человеческого мозга и способен выполнять интеллектуальные задачи, которые может выполнять человек. Именно такие системы показаны в научно-фантастических фильмах, посвященных взаимодействию человека с машинами, обладающими чувствами и сознанием. Это означает, что система AGI может учиться на опыте и обобщать свои знания для применения в новых и незнакомых ситуациях и выносить суждения в условиях неопределенности. Он не полагается на конкретные запрограммированные модели для выполнения узких задач, он обладает потенциалом для решения общих задач путем имитации функций человеческого мозга. Его наделяют самосознанием и самопониманием: сможет принимать решения автономно, опираясь на рациональность и этичность, будет способен позволять эволюционировать технологиям и машинам, оценивать свои действия и последствия и самообучаться, постоянно адаптируясь к окружающей среде, то есть будет совершенно реальным человеком, только металлическим. На сегодняшний день представителем одного из самых развитых ИИ является автономный транспорт: автомобили, автобусы, трамваи, самолеты и другие. Но чтобы в действительности стать полноправной умной машиной необходимо пройти тест Тьюринга и доказать свой интеллект. [3] На сегодняшний день ни одна из систем не прошла тест. Еще одно ключевое различие между узким и общим ИИ заключается в уровне сложности их разработки. Узкие системы ИИ могут быть разработаны относительно быстро и требуют меньше

вычислительной мощности по сравнению с общими системами ИИ, которым нужны и значительные вычислительные мощности, и сложные алгоритмы. [4]

Узкий ИИ — это единственный тип ИИ, которого мы достигли на данный момент, и он отлично справляется с улучшением повседневных задач. Просто они еще не по-настоящему интеллектуальны, но каждая новая разработка является шагом к общему ИИ. Разработка AGI все еще является достаточно недостижимой целью, поскольку большая часть работы в этой области остается в значительной степени теоретической и оценивается десятилетиями. Но перспективы развития ИИ обещают множество возможностей, а его появление приведет к радикальным изменениям в обществе. Однако необходимо очень ответственно и внимательно подходить к данному вопросу, ведь человеческая безопасность превыше всего.

В заключение можно отметить, что развитие искусственного интеллекта находится на пороге значительных изменений, которые способны кардинально преобразовать общество и многие сферы человеческой деятельности. Различие между узким и общим ИИ играет ключевую роль в понимании текущего состояния и будущих перспектив в области ИИ. Узкий ИИ, который сегодня широко применяется в различных отраслях, показывает впечатляющие результаты, но его способности ограничены определенными задачами. В то время как общий ИИ, остающийся пока что гипотетической концепцией, обещает имитацию человеческого интеллекта во всей его полноте, что может привести к фундаментальным изменениям в обществе.

Однако, разработка общего ИИ сопряжена с множеством технических, этических и философских вызовов, которые требуют внимательного изучения и регулирования. Важно осознавать, что на пути к созданию AGI необходимо не только преодолеть научно-технические барьеры, но и разработать системы, которые будут учитывать аспекты безопасности, этики и прав человека.

Таким образом, развитие искусственного интеллекта, будь то узкий или общий, должно идти параллельно с ответственным подходом, учитывающим возможные риски и последствия. Только такой подход позволит максимально эффективно использовать потенциал ИИ, при этом минимизируя угрозы и обеспечивая безопасность общества.

Список литературы

1. Ларчев Данила Вячеславович Искусственный интеллект: понятие, признаки, классификация // Правовой альманах. 2024. №1 (32). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-ponyatie-priznaki-klassifikatsiya> (дата обращения: 13.08.2024).
2. Итинсон Кристина Сергеевна, Чиркова Вера Михайловна К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА СФЕРУ СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ // АНИ: педагогика и психология. 2021. №1 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-vliyanii-iskusstvennogo-intellekta-na-sferu-sovremennogo-obrazovaniya> (дата обращения: 13.08.2024).
3. Назаров Д.М., Назаров А.Д. Перспективы искусственного интеллекта и их влияния на цифровую экономику России // Умная цифровая экономика. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-iskusstvennogo-intellekta-i-ih-vliyaniya-na-tsifrovuyu-ekonomiku-rossii> (дата обращения: 13.08.2024).

4. Вислова А.Д. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА // Известия КБНЦ РАН. 2020. №2 (94). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-razvitiya-iskusstvennogo-intellekta> (дата обращения: 13.08.2024)

References

1. Larchev Danila Vyacheslavovich Artificial intelligence: concept, signs, classification // The legal almanac. 2024. No.1 (32). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-ponyatie-priznaki-klassifikatsiya> (date of application: 08/13/2024).
 2. Itinson Kristina Sergeevna, Chirkova Vera Mikhailovna ON THE QUESTION OF THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE SPHERE OF MODERN EDUCATION // ANI: pedagogy and psychology. 2021. No.1 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-vliyanii-iskusstvennogo-intellekta-na-sferu-sovremennogo-obrazovaniya> (date of application: 08/13/2024).
 3. Nazarov D.M., Nazarov A.D. Prospects of artificial intelligence and their impact on the digital economy of Russia // Smart digital economy. 2022. No.3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-iskusstvennogo-intellekta-i-ih-vliyaniya-na-tsifrovuyu-ekonomiku-rossii> (date of reference: 08/13/2024).
 4. Vislova A.D. MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE // Proceedings of the KBSC RAS. 2020. No.2 (94). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-razvitiya-iskusstvennogo-intellekta> (date of application: 08/13/2024).
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.44

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДВИЖКА БРАУЗЕРА ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ: РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ПАРСИНГА ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ HSML ДОКУМЕНТА ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ОТОБРАЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В 3D СЦЕНЕ

¹ Кудинов Н.Г., ² Ралко К.И., ³Ралко О.М.

ФГБОУ ВО «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», Ростов-на-Дону, Россия, (344003, Ростовская область, город Ростов-на-Дону, пл Гагарина, зд. 1), e-mail: ¹ nkudinov8@gmail.com, ² kirillralco.education@gmail.com, ³olga32-13-33@yandex.ru

Данная статья посвящена разработке движка браузера, поддерживающего технологию дополненной реальности (AR), с акцентом на создание модуля для парсинга элементов структуры документа HSML (Hyper Scene Markup Language) и их последующего отображения в 3D-сцене. В работе рассматриваются современные подходы к проектированию AR-браузеров, анализируются ключевые функциональные компоненты, необходимые для их эффективной работы, и предлагаются методы стандартизации структуры HSML для оптимизации процесса парсинга и валидации документов. Представлен демонстрационный модуль, реализованный на языке JavaScript, который интерпретирует HSML-документы и отображает AR-контент, используя three.js. Описаны основные технологические вызовы и предложены практические решения для улучшения производительности и совместимости с различными устройствами.

Ключевые слова: Дополненная реальность, браузер дополненной реальности, браузер AR, проектирование ПО.

DESIGNING AN AUGMENTED REALITY BROWSER ENGINE: HSML DOCUMENT STRUCTURE ELEMENTS PARSING FOR SUBSEQUENT ELEMENTS DISPLAY IN A 3D SCENE MODULE DEVELOPMENT

¹ Kudinov N. G., ² Ralko K.I., ³Ralko O.M.

DON STATE TECHNICAL UNIVERSITY, Rostov-on-Don, Russia, (344003, Rostov region, Rostov-on-Don, Gagarin square, building. 1), e-mail: ¹nkudinov8@gmail.com, ²kirillralco.education@gmail.com, ³olga32-13-33@yandex.ru

This article is dedicated to the development of a browser engine supporting augmented reality (AR) technology, focusing on creating a module for parsing elements of the HSML (Hyper Scene Markup Language) document structure and their subsequent display in a 3D scene. The paper reviews modern approaches to AR browser design, analyzes the key functional components necessary for effective operation, and proposes methods for standardizing the HSML structure to optimize the parsing and validation process. A demonstration module, implemented in JavaScript, is presented, which interprets HSML documents and displays AR content using three.js. The main technological challenges are described, and practical solutions are proposed to improve performance and compatibility across various devices.

Keywords: Augmented reality, augmented reality browser, AR browser, software design.

Введение

С развитием технологий дополненной реальности (*перевод от англ. яз.: augmented reality, AR – аббр.*) всё большее значение приобретает создание специализированных браузеров, способных эффективно обрабатывать и отображать AR-контент. Одним из ключевых элементов таких браузеров является движок, ответственный за интерпретацию и

рендеринг документов, написанных на языках разметки, разработанных специально для AR. Одним из таких языков является разрабатываемый стандарт HSML (Hyper Scene Markup Language), который позволяет описывать трёхмерные сцены и объекты, а также их взаимодействие с окружающим миром [4].

Проектируемый браузер дополненной реальности состоит из множества модулей, каждый из которых выполняет специфические функции. Одним из наиболее критичных компонентов является модуль парсинга и отображения структуры [5] HSML документа. Данный модуль отвечает за интерпретацию HSML-кода, построение внутренней представительной структуры данных и взаимодействие с модулем рендеринга AR контента на экране пользователя.

В рамках настоящей работы рассматривается вариант предполагаемой структуры концепта HSML, методы ее стандартизации и описания, приводится демонстрационный модуль парсинга такой структуры с отображением результатов парсинга в виде 3D сцены[1].

Методы стандартизации структуры HSML

Стандартизация структуры HSML (Hyper Scene Markup Language) является критической задачей для обеспечения функционирования модуля парсинга документа, а также для валидации такого документа, в составе дополненной реальности. Одним из ключевых инструментов для стандартизации XML-документов, к которым относится и HSML, является DTD (Document Type Definition).

DTD (Document Type Definition) — это стандарт, используемый для определения структуры XML-документа. Он описывает допустимые элементы и атрибуты, их взаимосвязи и порядок следования. DTD позволяет определить, какие элементы могут присутствовать в документе, как они могут быть вложены друг в друга и какие атрибуты могут использоваться с каждым элементом [5].

Ниже приведен пример формализованной структуры DTD для HSML-подобного языка.

```
<!ELEMENT trigger (content)>
<!ATTLIST trigger type (space | image | body | geo) #REQUIRED
                src CDATA #IMPLIED
                latitude CDATA #IMPLIED
                longitude CDATA #IMPLIED
                altitude CDATA #IMPLIED>

<!ELEMENT content (model | image | video | video-alpha)>
<!ELEMENT model (#PCDATA)>
<!ELEMENT image (#PCDATA)>
<!ELEMENT video (#PCDATA)>
```

В таблице 1 представлена обосновательная характеристика предлагаемых структурных элементов такого языка.

Таблица 1 – Обосновательная характеристика предлагаемых структурных элементов HSML

Наименование тега	Наименование атрибута	Характеристика атрибута	Характеристика тега
<trigger>	type	Тип триггера. Принимает такие значения как: space – для отображения AR в режиме “в пространстве”; image – для отображения AR в режиме “по изображению”; body – для отображения AR в режиме “по частям тела”; geo – для отображения AR в режиме “по координатам”	Применяется для обозначения триггера, при срабатывании которого отображается контент в AR. Контент является дочерним компонентом такого тега.
	src	Ссылка на триггер	
	latitude	Широта, применяется для отображения AR в режиме “по координатам”.	
	longitude	Долгота, применяется для отображения AR в режиме “по координатам”.	
	altitude	Высота, применяется для отображения AR в режиме “по координатам”.	
<content>	-	-	Служебный тег. Применяется для обозначения блока, содержащего контент.
<model>	src	Ссылка на модель	Отображение контента типа 3D-модель при срабатывании триггера. Является дочерним компонентом тега <content>.
	scale	Масштаб отображаемой модели	
	marginX	Смещение по оси X	
	marginY	Смещение по оси Y	
	marginZ	Смещение по оси Z	
<image>	src	Ссылка на изображение	

	scale	Масштаб отображаемого изображения	Отображение контента типа изображение при срабатывании триггера. Является дочерним компонентом тега <content>.
	marginX	Смещение по оси X	
	marginY	Смещение по оси Y	
	marginZ	Смещение по оси Z	
<video>	src	Ссылка на видео	Отображение контента типа видео при срабатывании триггера. Является дочерним компонентом тега <content>.
	scale	Масштаб отображаемого видео	
	marginX	Смещение по оси X	
	marginY	Смещение по оси Y	
	marginZ	Смещение по оси Z	
	isAlpha	Флаг, есть ли в видео альфа-канал	

Механизм работы модуля парсера в составе движка браузера AR приведен на рисунке 1.

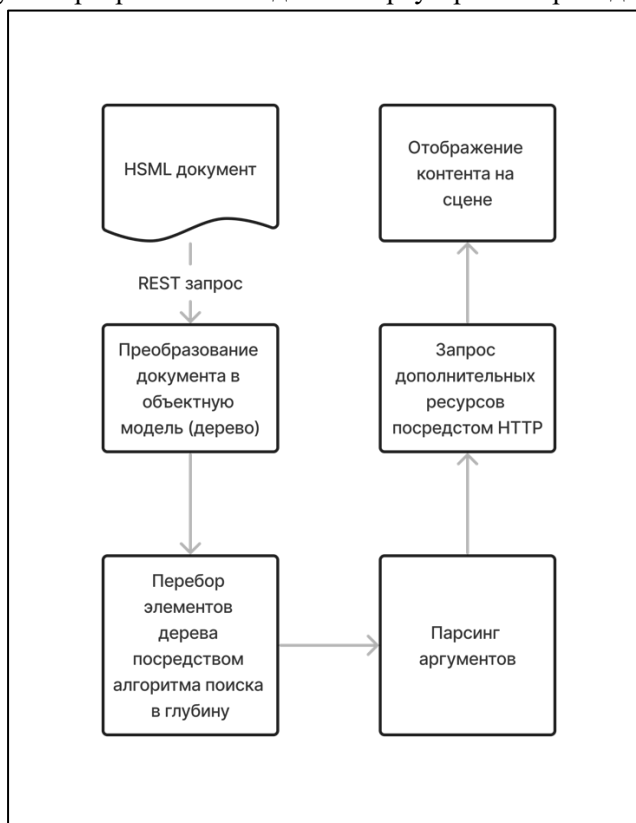


Рисунок 1 – Механизм работы модуля парсинга

Разработка модуля парсинга структуры HSML документа

Исходя из выведенного принципа работы модуля парсинга AR браузера, был разработан демонстрационный модуль, разбирающий структуру HSML документа и отображающий контент в 3D сцену three.js, совместимой с фреймворком отображения AR WebXR [3]. Ниже приведена версия такого модуля на языке JavaScript.

```

async function initWebXR() {

```

```
if (navigator.xr) {
  const supported = await navigator.xr.isSessionSupported('immersive-ar');
  if (supported) {
    const enterArButton = document.createElement('button');
    enterArButton.textContent = 'Enter AR';
    enterArButton.onclick = () => startArSession();
    document.body.appendChild(enterArButton);
  } else {
    console.log('AR not supported');
  }
} else {
  console.log('WebXR not available');
}

async function startArSession() {
  const session = await navigator.xr.requestSession('immersive-ar');
  session.addEventListener('end', onSessionEnd);

  const gl = document.createElement('canvas').getContext('webgl',
{xrCompatible: true});
  const xrLayer = new XRWebGLLayer(session, gl);

  session.updateRenderState({baseLayer: xrLayer});

  const refSpace = await session.requestReferenceSpace('local');

  const scene = new THREE.Scene();
  const camera = new THREE.PerspectiveCamera(70, window.innerWidth /
window.innerHeight, 0.01, 10);
  const renderer = new THREE.WebGLRenderer({ alpha: true,
preserveDrawingBuffer: true, canvas: gl.canvas });

  loadGLBModel(scene);

  session.requestAnimationFrame((time, frame) => onXRFrame(time, frame,
session, refSpace, renderer, scene, camera));
}

function onSessionEnd(event) {
  console.log('AR session ended');
}

function onXRFrame(time, frame, session, refSpace, renderer, scene, camera)
{
  session.requestAnimationFrame((time, frame) => onXRFrame(time, frame,
session, refSpace, renderer, scene, camera));
}
```

```
const pose = frame.getViewerPose(refSpace);
if (pose) {
  const glLayer = session.renderState.baseLayer;
  renderer.setSize(glLayer.framebufferWidth, glLayer.framebufferHeight,
false);
  renderer.setFramebuffer(glLayer.framebuffer);

  const view = pose.views[0];
  const viewport = glLayer.getViewport(view);
  renderer.setViewport(viewport.x, viewport.y, viewport.width,
viewport.height);

  camera.matrix.fromArray(view.transform.matrix);
  camera.projectionMatrix.fromArray(view.projectionMatrix);
  camera.updateMatrixWorld(true);

  renderer.render(scene, camera);
}
}

function loadGLBModel(scene) {
  const hsml = `
  <trigger type="image" path="path/to/model.glb">
    <content>
      <model>path/to/model.glb</model>
    </content>
  </trigger>
</hsml>`;

  const parser = new DOMParser();
  const xmlDoc = parser.parseFromString(hsml, 'text/xml');
  const modelPath = xmlDoc.querySelector('trigger[type="image"]').getAttribute('path');

  const loader = new THREE.GLTFLoader();
  loader.load(modelPath, function (gltf) {
    scene.add(gltf.scene);
  }, undefined, function (error) {
    console.error('An error occurred loading the model', error);
  });
}
window.addEventListener('DOMContentLoaded', initWebXR);
```

Вывод

Разработка браузера дополненной реальности, способного интерпретировать и отображать контент HSML-документов, демонстрирует значительный потенциал для расширения возможностей

AR-технологий. Основываясь на предложенной структуре и методах стандартизации HSML, можно обеспечить эффективный парсинг и отображение AR-контента.

Применение DTD для стандартизации структуры HSML позволяет четко определить допустимые элементы, атрибуты и их взаимосвязи, что значительно упрощает валидацию и парсинг документов. Это критически важно для обеспечения корректной работы парсера и последующего рендеринга AR-контента.

Предложенный демонстрационный модуль на языке JavaScript показывает, как можно реализовать парсинг и отображение AR-контента на основе HSML.

Настоящая работа является составной работой в рамках исследования и проектирования кроссплатформенного браузера AR.

Список литературы

1. Тахара Т. и др. Ретаргетируемая дополненная реальность: контекстно-зависимая дополненная реальность в помещениях на основе 3D-графика сцен //Международный симпозиум IEEE 2020 по смешанной и дополненной реальности (ISMAR-Adjunct). – IEEE, 2020. – С. 249-255.
2. Как работает веб-дополненная реальность? // Ссылка на Rock Paper Reality: <https://rockpaperreality.com/insights/web-ar/how-does-web-based-augmented-reality-work/> (дата публикации: 01.05.2024).
3. Чельтекин А. и др. Расширенная реальность в науках о пространстве: обзор проблем исследований и будущих направлений //Международный геоинформационный журнал ISPRS. – 2020. – Т. 9. – №. 7. – С. 439.
4. Исмаил А. А., Дарвиш С. М., Мохаллель А. А. Усовершенствованный алгоритм отслеживания объектов на основе языка разметки дополненной реальности (ARML) для медицинской инженерии // Передовые технологии и приложения машинного обучения: Материалы AMLTA 2021. – Издательство "Спрингер Интернэшнл Пабблишинг", 2021. – С. 249-259.
5. Как работает браузер // Web.dev URL: https://web.dev/articles/howbrowserswork#The_browser_high_level_structure/ (дата обращения: 01.12.2023).

References

1. Tahara T. et al. Retargetable AR: Context-aware augmented reality in indoor scenes based on 3D scene graph //2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct). – IEEE, 2020. – С. 249-255.
 2. How Does Web-based Augmented Reality Work? // Rock Paper Reality URL: <https://rockpaperreality.com/insights/web-ar/how-does-web-based-augmented-reality-work/> (дата обращения: 01.05.2024).
 3. Çöltekin A. et al. Extended reality in spatial sciences: A review of research challenges and future directions //ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2020. – Т. 9. – №. 7. – С. 439.
 4. Ismail A. A., Darwish S. M., Mohallel A. A. An Enhanced Object Tracking Algorithm Based on Augmented Reality Markup Language (ARML) for Medical Engineering //Advanced Machine Learning Technologies and Applications: Proceedings of AMLTA 2021. – Springer International Publishing, 2021. – С. 249-259.
 5. How browser work // Web.dev URL: https://web.dev/articles/howbrowserswork#The_browser_high_level_structure/ (дата обращения: 01.12.2023).
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.6

ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕПЛАНИРОВАНИЯ В ERP СИСТЕМАХ С МУЛЬТИАГЕНТНЫМ ПОДХОДОМ

¹Веркошанский Д.В., ²Мешков А.А., ³Агаджанян А.Б.

ФГБОУ ВО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», Воронеж, Россия (394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: ¹max07121997@gmail.com, ²meshkov_202@mail.ru, ³artur.x.x.z505@yandex.ru

В статье исследуются проблемы перепланирования задач в производственных системах, основанных на мультиагентном подходе. Проведен анализ каскадных эффектов, коммуникационных сложностей и конфликтов интересов между агентами. Результатами исследования являются предложения по улучшению коммуникационной инфраструктуры, внедрению децентрализованных алгоритмов разрешения конфликтов и применению предсказательных моделей для минимизации негативных последствий перепланирования, что способствует повышению гибкости и эффективности производственных процессов.

Ключевые слова: Мультиагентные системы, агент-техпроцесс, агент-ресурс, перепланирование задач.

PROBLEMS OF RE-PLANNING IN ERP SYSTEMS WITH A MULTIAGENTIC APPROACH

¹Verkhoshansky D.V., ²Meshkov A.A., ³Agadzhanyan A.B.

VORONEZH STATE TECHNICAL UNIVERSITY, Voronezh, Russia (394006, Voronezh, st. 20th anniversary of October, 84), e-mail: ¹max07121997@gmail.com, ²meshkov_202@mail.ru, ³artur.x.x.z505@yandex.ru

The article examines the problems of task rescheduling in production systems based on a multi-agent approach. The analysis of cascade effects, communication complexities and conflicts of interest between agents is carried out. The results of the study are proposals for improving the communication infrastructure, implementing decentralized conflict resolution algorithms and using predictive models to minimize the negative consequences of rescheduling, which contributes to increasing the flexibility and efficiency of production processes.

Keywords: Multi-agent systems, agent-process, agent-resource, task rescheduling.

Современное производство характеризуется высокой степенью сложности и динамичностью. В условиях глобализации и увеличивающейся конкуренции предприятия сталкиваются с необходимостью постоянно адаптироваться к меняющимся условиям рынка, колебаниям спроса и другим факторам, влияющим на их деятельность. В этих условиях особую актуальность приобретает задача гибкого и эффективного планирования производственных процессов.

Традиционные методы планирования зачастую оказываются недостаточно эффективными, так как они не всегда способны оперативно реагировать на изменения, происходящие в реальном времени. Это приводит к увеличению времени простоя оборудования, неэффективному использованию ресурсов и, как следствие, снижению общей производительности предприятия.

Одним из перспективных подходов к решению этой проблемы является мультиагентный подход. В рамках этой концепции каждый элемент производственного процесса, будь то станок, рабочий или ресурс, представлен в виде отдельного программного агента. Эти агенты, обладая собственными расписаниями и механизмами принятия решений, взаимодействуют друг с другом для создания оптимального расписания работы предприятия в целом. Такая система позволяет повысить адаптивность и устойчивость производства, особенно в условиях частых изменений и необходимости перепланирования задач.

Однако, несмотря на многочисленные преимущества мультиагентного подхода, его применение также сопряжено с рядом проблем. Одной из ключевых трудностей является необходимость перепланирования задач в условиях изменяющихся производственных условий. Это требует от системы не только высокой скорости реакции, но и способности к эффективному взаимодействию между агентами, что порождает множество вызовов и вопросов.

Цель данной статьи — исследовать основные проблемы перепланирования задач в производственных системах, использующих мультиагентный подход, а также рассмотреть возможные пути их решения.

Мультиагентный подход в производственном планировании представляет собой инновационный метод управления, при котором каждый элемент производственной системы представлен отдельным программным агентом. Эти агенты обладают автономностью и могут самостоятельно принимать решения на основе заложенных в них алгоритмов и текущих данных. В нашей системе агенты делятся на два основных типа: агенты-техпроцессы и агенты-ресурсы.

Агент-техпроцесс — это программа, ответственная за планирование и управление отдельной атомарной операцией в рамках производственного процесса. Например, если операция подразумевает сверление отверстия в заготовке, то агент-техпроцесс будет курировать выполнение этой задачи. Основная задача такого агента — оптимальное распределение ресурсов для выполнения конкретной операции.

Агент-техпроцесс инициирует процесс, рассылая запросы на выполнение работы агентам-ресурсам, представляющим физические компоненты производства. На основе ответов от агентов-ресурсов техпроцесс выбирает наиболее подходящих исполнителей задачи, учитывая доступность ресурсов, их текущую загрузку и другие параметры. В ходе переговоров агенты могут обмениваться данными о возможных сроках выполнения, приоритетах и условиях выполнения операции.

Агент-ресурс представляет собой программный компонент, который отождествляется с конкретным физическим элементом производства: станком, оборудованием, инструментом (например, сверлом) или даже человеком. Получив запрос от агента-техпроцесса, агент-ресурс анализирует свою текущую загруженность и способность выполнить предложенную операцию в указанные сроки.

Если агент-ресурс ассоциирован с человеком, то при принятии решения о возможности выполнения задачи дополнительно требуется его согласие. Таким образом, агент-ресурс не только контролирует доступность и состояние соответствующего оборудования, но и обеспечивает обратную связь с операторами, что особенно важно для точности и качества выполнения задач[2].

Ключевым элементом взаимодействия агентов в системе является обмен сообщениями через брокер сообщений, реализованный на базе RabbitMQ. Этот инструмент обеспечивает гибкую и надежную передачу данных между агентами, что критично в условиях динамического производства. В системе используется механика маршрутизации сообщений с помощью `topic_logs`, что позволяет эффективно организовать навигацию сообщений по различным темам и направлениям.

Например, агент-техпроцесс может послать сообщение, содержащие запросы на ресурсы, и все подходящие агенты-ресурсы, подписанные на соответствующую тему, получают этот запрос и реагируют на него в зависимости от своей загрузки и состояния. Такая система коммуникации позволяет поддерживать высокую скорость и точность обмена данными, что в свою очередь обеспечивает гибкость и адаптивность производственного процесса.

Проблемы перепланирования с использованием мультиагентного подхода:

Мультиагентные системы планирования предлагают значительные преимущества для управления производственными процессами, однако их использование связано с рядом специфических проблем, особенно в контексте перепланирования задач. Перепланирование в условиях динамично меняющихся производственных условий требует от системы не только способности к быстрой адаптации, но и эффективного взаимодействия между агентами, что порождает множество вызовов[1].

Каскадные эффекты перепланирования:

Изменение расписания одного агента в мультиагентной системе может вызвать цепную реакцию изменений в расписаниях других агентов. Например, если один агент-ресурс вынужден перенести выполнение задачи из-за неожиданного сбоя или изменения приоритета, это может привести к необходимости перепланирования других операций, которые зависят от этого ресурса. В результате, изменения могут каскадно распространиться по всей системе, затрагивая несколько агентов и вызывая значительные сдвиги в общем производственном расписании[5].

Эти каскадные эффекты могут существенно усложнить процесс перепланирования, так как система должна учитывать не только прямые, но и косвенные последствия каждого изменения. Это требует от агентов способности быстро анализировать взаимозависимости и предсказывать возможные последствия своих решений. В противном случае, каскадные эффекты могут привести к серьёзным сбоям в производстве и значительным задержкам, что снизит общую эффективность работы предприятия.

Коммуникационные проблемы:

Одной из ключевых проблем в мультиагентных системах является обеспечение надёжной и эффективной коммуникации между агентами. В условиях перепланирования количество сообщений, передаваемых между агентами, резко возрастает, что может приводить к перегрузке системы обмена сообщениями (в вашем случае, брокера сообщений RabbitMQ). Высокая нагрузка на брокер сообщений может привести к задержкам в передаче данных, что критически влияет на оперативность принятия решений.

Кроме того, возможны случаи, когда агенты не успевают вовремя получать или обрабатывать сообщения, что приводит к нарушению синхронности в действиях различных элементов системы. В результате, некоторые агенты могут принять решения на основе

устаревшей или неполной информации, что снижает эффективность перепланирования и может привести к конфликтам и сбоям в производственном процессе[2].

Конфликты интересов:

Мультиагентные системы предполагают, что каждый агент действует в своих интересах, стремясь оптимизировать выполнение своей задачи. Однако в условиях перепланирования могут возникать ситуации, когда интересы различных агентов конфликтуют. Например, два агента-техпроцесса могут одновременно запросить один и тот же ресурс, что приводит к конкуренции за его использование.

Разрешение таких конфликтов является сложной задачей. В некоторых случаях агенты могут самостоятельно разрешить конфликт через переговоры и компромиссы, но это может привести к увеличению времени, необходимого для принятия решений, что нежелательно в условиях перепланирования. Другие конфликты могут потребовать вмешательства централизованного компонента системы или применения сложных алгоритмов для нахождения оптимального решения, что усложняет и удлиняет процесс перепланирования.

Комплексность системы:

С увеличением количества агентов и ростом числа взаимодействий между ними, система становится все более сложной. Эта сложность выражается как в увеличении количества необходимых вычислительных ресурсов, так и в усложнении управления системой. В процессе перепланирования это особенно критично, так как система должна оперативно обрабатывать огромное количество данных и принимать решения в условиях ограниченного времени.

Чем сложнее система, тем труднее обеспечить её стабильную работу и предсказуемость результатов. В таких условиях существует риск появления неожиданных ситуаций, когда система начинает работать нестабильно из-за большого количества взаимодействий или недостаточной координации между агентами. Это может привести к тому, что перепланирование займёт значительно больше времени, чем планировалось, что снизит общую эффективность производства.

Оптимизация в реальном времени:

Перепланирование задач в реальном времени — это задача, требующая оптимизации решений с учётом множества факторов. Агенты должны учитывать текущие производственные условия, загрузку ресурсов, приоритеты задач, а также возможные изменения, происходящие в процессе выполнения операций. В условиях перепланирования эта задача становится особенно сложной из-за необходимости быстрого реагирования и высокой динамики процессов[4].

Оптимизация в реальном времени требует от агентов способности быстро оценивать множество вариантов и принимать решения, которые обеспечат максимальную эффективность всего производственного процесса. Однако это часто приводит к необходимости компромиссов между качеством решений и временем, затрачиваемым на их принятие. В результате могут возникать ситуации, когда принятые решения оказываются далеко не оптимальными с точки зрения долгосрочной перспективы, что может негативно сказаться на общей производительности предприятия.

Интеграция человеческого фактора:

Особую сложность в мультиагентных системах планирования добавляет интеграция человеческого фактора. Если агент-ресурс ассоциирован с человеком, то принятие решений

требует дополнительного взаимодействия с ним. Это может замедлить процесс перепланирования, так как необходимо время на получение обратной связи и подтверждения выполнения задачи.

Кроме того, человеческий фактор вносит элемент неопределенности в процесс перепланирования. Человеческие решения могут быть подвержены субъективным факторам, таким как усталость, ошибки или изменение приоритетов. Всё это усложняет работу системы и требует разработки специальных алгоритмов, учитывающих возможные отклонения от планируемых действий.

Возможные методы решения проблем перепланирования:

Перепланирование в мультиагентных системах производственного планирования связано с множеством проблем, начиная от коммуникационных сложностей и заканчивая каскадными эффектами при изменении расписания. Для их решения можно использовать различные методы и подходы, позволяющие повысить эффективность системы и минимизировать влияние сбоев на производственный процесс.

- Улучшение коммуникационной инфраструктуры:

В реализуемом проекте данная проблема была решена следующим образом:

Оптимальный протокол передачи сообщений: Создан оптимальный протокол навигации и группировки сообщений

Использование готового решения в качестве брокера: Использование брокера сообщений `rabbitmq`, выдерживающего огромную нагрузку позволит избежать проблем с перегрузкой сети

- Введение децентрализованных алгоритмов разрешения конфликтов:

Для разрешения конфликтов между агентами при конкуренции за ограниченные ресурсы решено использовать децентрализованные алгоритмы.

Одним из них является метод тендеров: - агенты-ресурсы могут предлагать свои условия решения задачи, а агенты-техпроцессы выбирают наиболее подходящий вариант по цене или временным рамкам.

- Применение предсказательных моделей для минимизации каскадных эффектов:

Каскадные эффекты можно смягчить с помощью предсказательных моделей, которые анализируют возможные последствия изменений в расписании и предлагают оптимальные пути их компенсации. В этом контексте полезны:

Машинное обучение: использование моделей машинного обучения для прогнозирования вероятных сбоев и их последствий на основе исторических данных, что позволяет принимать проактивные меры.

Моделирование сценариев: создание симуляций, которые позволяют оценить различные сценарии перепланирования и выбрать тот, который минимизирует негативные эффекты.

- Гибкость расписаний и буферные зоны:

Для уменьшения рисков, связанных с необходимостью перепланирования, можно внедрить концепцию гибких расписаний, которые включают:

Буферные зоны во времени: выделение дополнительных временных интервалов между задачами, которые могут быть использованы в случае задержек или необходимости переноса задач.

Динамическое приоритезирование задач: изменение приоритетов задач в зависимости от текущей производственной ситуации, что позволяет системе гибко реагировать на изменения.

- Интеграция человека в процессе принятия решений:

В условиях, когда агент-ресурс ассоциируется с человеком, важно интегрировать его в процесс принятия решений. Возможные подходы включают:

Системы поддержки принятия решений: предоставление человеку информации о возможных последствиях различных решений и рекомендаций на основе данных и предсказательных моделей.

Человеко-машинные интерфейсы: улучшение взаимодействия между системой и человеком, что позволяет оперативно учитывать человеческий фактор в процессе перепланирования[3].

- Алгоритм перепланирования на уровне отдельного агента:

При возникновении сбоя в производственном процессе, вызванного отказом ресурса или задержкой выполнения предыдущей операции, мультиагентная система должна оперативно отреагировать и скорректировать свои действия. На уровне каждого агента существует определённый алгоритм, позволяющий минимизировать негативные последствия и обеспечить выполнение производственного плана с минимальными отклонениями. В данной секции мы рассмотрим типовой алгоритм перепланирования, который применяется агентом в случае возникновения сбоя.

- Основные этапы алгоритма:

- Инициация перепланирования:

Процесс начинается с идентификации сбоя: это может быть отказ ресурса от выполнения задачи или задержка выполнения предыдущей операции. Агент сразу же начинает процесс поиска решения.

- Проверка времени выполнения задачи:

Агент оценивает, наступило ли время выполнения операции. Если время уже наступило, система переходит в режим максимального приоритета для подбора нового исполнителя задачи.

- Поиск замены исполнителя:

В случае отказа ресурса агент пытается найти замену среди других доступных ресурсов. Если замена найдена, агент перепланирует выполнение задачи с новым исполнителем.

- Запуск процесса перепланирования:

Если замена не найдена или обнаружена задержка выполнения предыдущей задачи, агент запускает процесс планирования. В рамках этого процесса система оценивает возможность смещения времени выполнения задачи или отмены операции.

- Оценка возможности завершения задачи:

Если операция не является последней в цепочке, агент проверяет, можно ли завершить задачу до начала следующей операции. В случае успеха перепланирование завершается.

- Запрос на смещение времени следующих задач:

Если завершение задачи до начала следующей операции невозможно, агент запрашивает другие ресурсы о возможности смещения времени выполнения их задач. Если смещение возможно, агент проводит перепланирование и завершает процесс. В противном случае агент отменяет задачи у всех ресурсов.

- Завершение перепланирования:

При успешном перепланировании агент обновляет время завершения операции и передает его другим заинтересованным агентам. В случае неудачи агент отменяет выполнение всех операций, связанных с текущей задачей[5].

Таким образом, алгоритм позволяет агенту оперативно реагировать на возникшие проблемы и минимизировать последствия сбоев, поддерживая гибкость и адаптивность всей производственной системы.

В данной статье рассмотрены проблемы перепланирования задач на производстве с использованием мультиагентного подхода. В условиях современных производственных процессов, где динамичность и гибкость являются ключевыми факторами успеха, применение мультиагентных систем становится всё более актуальным. Агенты, представляющие собой отдельные элементы предприятия, такие как станки, оборудование и персонал, взаимодействуют между собой для создания оптимального производственного расписания, реагируя на изменения и сбои в режиме реального времени.

Мы выделили основные вызовы, связанные с перепланированием в мультиагентных системах, такие как задержки в коммуникации, каскадные эффекты, возникающие при изменении расписания одной задачи, и конфликты при распределении ограниченных ресурсов. Для решения этих проблем предложены различные методы, включая улучшение коммуникационной инфраструктуры, использование предсказательных моделей, гибкость расписаний и интеграцию человека в процесс принятия решений.

Реализация предложенных методов позволяет значительно повысить эффективность производственного процесса, минимизировать риски и обеспечить своевременное выполнение задач даже в условиях непредвиденных изменений. Важно отметить, что процесс перепланирования должен оставаться адаптивным, а его эффективность постоянно мониториться с использованием ключевых показателей.

Таким образом, мультиагентный подход к управлению производственными процессами открывает новые возможности для повышения производительности и устойчивости предприятий. Однако его успешная реализация требует тщательной настройки и адаптации системы под конкретные условия и потребности производства. В будущем развитие данных систем будет направлено на дальнейшее улучшение алгоритмов и интеграцию с внешними процессами, что позволит ещё более эффективно реагировать на вызовы современного производства.

Список литературы

1. Weiss, G. (2003). *Multi-Agent Systems for Manufacturing Control: A Design Methodology*. Springer.
2. Koen H. Dam, Igor Nikolic, Zofia Lukszo (2013). *Agent-Based Modelling of Socio-Technical Systems*
3. Shoham, Y., & Leyton-Brown, K. (2009). *Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations*. Cambridge University Press.
4. Wooldridge, M. (2009). *An Introduction to MultiAgent Systems*. Wiley.
5. Petcu, A. (Ed.). (2013). *Distributed and Multi-Agent Planning: Theory and Practice*. Springer. №. 4 (49). – С. 78-85.

References

1. Weiss, G. (2003). *Multi-Agent Systems for Manufacturing Control: A Design Methodology*. Springer.
 2. Cohen H. Dam, Igor Nikolis, Sofia Lux (2013). *Agent-Based Modeling of Socio-Technical Systems*
 3. Shoham, Y., & Leyton-Brown, K. (2009). *Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations*. Cambridge University Press.
 4. Wooldridge, M. (2009). *An Introduction to MultiAgent Systems*. Wiley.
 5. Petcu, A. (Ed.). (2013). *Distributed and Multi-Agent Planning: Theory and Practice*. Springer.
-



ОТКРЫТАЯ НАУКА
издательство

Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.056

ФАКТОР ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БЕЗОПАСНОСТЬ: ТАКТИКИ СОЦИАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Денисов Н.А.

ФГБОУ ВО «МИРЭА - РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», г. Москва, Россия (119454, г. Москва, Пр-т Вернадского, д. 78, стр.4), e-mail: ndenisoff@icloud.com

Кибербезопасность играет ключевую роль в современном мире, где зависимость от компьютерных систем и интернета только растет. Она важна для защиты персональных данных и критической инфраструктуры от различных угроз, включая киберпреступность, шпионаж и кибертерроризм. Кибербезопасность затрагивает не только компьютерные системы и сети, важную роль также играют люди, использующие эти технологии. Недавняя оценка монитора угроз показывает, что почти треть сотрудников попадают на уловки социальной инженерии. Злоумышленники используют человеческие эмоции, чтобы заставить жертву поделиться конфиденциальными личными или профессиональными данными. Эта статья анализирует взаимосвязь между социальной инженерией и кибербезопасностью, освещая ключевую роль ИТ-технологий в защите от киберугроз.

Ключевые слова: Кибернетические системы, кибербезопасность, киберугрозы, социальная инженерия, кибератаки. кибернетические системы, кибербезопасность, киберугрозы, социальная инженерия, кибератаки.

THE FACTOR OF HUMAN IMPACT ON SECURITY: TACTICS OF SOCIAL ENGINEERING

Denisov N.A.

MIREA - RUSSIAN TECHNOLOGICAL UNIVERSITY, Moscow, Russia (119454, Moscow, avenue. Vernadsky, 78, b. 4), e-mail: ndenisoff@icloud.com

Cybersecurity plays a key role in today's world, where dependence on computer systems and the Internet is only growing. It is important to protect personal data and critical infrastructure from various threats, including cybercrime, espionage and cyberterrorism. Cybersecurity affects not only computer systems and networks, but people using these technologies also play an important role. A recent threat monitor assessment shows that almost a third of employees fall for the tricks of social engineering. Attackers use human emotions to force the victim to share confidential personal or professional data. This article analyzes the relationship between social engineering and cybersecurity, highlighting the key role of IT technologies in protecting against cyber threats.

Keywords: Cybernetic systems, cybersecurity, cyber threats, social engineering, cyber attacks.

Кибербезопасность (или кибернетическая безопасность) — это область, посвященная защите компьютерных систем, сетей, программного обеспечения и данных от киберугроз [1]. Она включает в себя различные методы, технологии и практики, направленные на предотвращение кибератак, обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности информации, а также на обнаружение и реагирование на киберпреступность [2, 3]. Современные компьютерные системы и сети становятся более сложными и взаимосвязанными, что увеличивает потенциальные риски кибератак. Несмотря на развитие технологических мер безопасности, человеческий фактор продолжает играть решающую роль

в обеспечении кибербезопасности. Социальная инженерия эксплуатирует человеческие ошибки для обхода самых совершенных технологических защит.

В современном мире информационных технологий стратегия многоуровневой защиты является фундаментальным элементом кибербезопасности. Эта стратегия предусматривает комплексный подход, начиная с физической безопасности оборудования, которая предотвращает несанкционированный физический доступ к важным системам. Далее, сегментация сети позволяет эффективно управлять трафиком, чтобы минимизировать риски распространения угроз внутри сетевой инфраструктуры. Также важным элементом является применение антивирусных программ и шифрования данных, которые защищают от программных вторжений и утечек информации. Кроме того, использование облачных технологий способствует повышению устойчивости систем к атакам за счет распределения ресурсов и резервирования данных.

В дополнение к многоуровневой защите, важную роль играют интеллектуальные системы обнаружения и реагирования, которые интегрируют принципы машинного обучения и искусственного интеллекта. Эти системы способны обнаруживать угрозы в реальном времени и анализировать большие объемы данных, что позволяет предсказать потенциальные атаки. Такой подход позволяет организациям оперативно реагировать на инциденты, минимизируя ущерб.

Еще одним критическим аспектом современной кибербезопасности является аутентификация и управление доступом. Биометрические технологии и многофакторная аутентификация на сегодняшний день становятся стандартом в обеспечении защиты доступа к критической инфраструктуре. Эти методы снижают риск несанкционированного доступа, укрепляют защиту информационных ресурсов и обеспечивают высокий уровень безопасности в цифровой среде.

Таким образом, многоуровневая защита, совместно с интеллектуальными системами и продвинутыми технологиями аутентификации, формирует основу надежной защиты в сфере информационной безопасности, обеспечивая комплексный подход к противодействию киберугрозам.

Психология социальной инженерии занимается изучением методов манипуляции и влияния на поведение людей для получения конфиденциальной информации, доступа к системам или выполнения определенных действий. Основываясь на глубоком понимании человеческой психологии, социальных норм и межличностных отношений, социальная инженерия использует комплексные техники для достижения своих целей.

Социальные инженеры применяют манипуляции, включающие обман и создание доверительных отношений для убеждения людей поступать определенным образом. Например, они могут создать ложную идентичность или представить себя как доверенное лицо организации для обмана цели. Также они могут собирать информацию через фишинг или прослушивание, используя эти данные для дальнейших атак.

Одна из ключевых стратегий в социальной инженерии — установление и поддержание доверительных отношений, что позволяет манипуляторам получать необходимую информацию или провоцировать определенные действия. Знание и использование социальных норм помогает злоумышленникам убедить людей в необходимости выполнения определенных действий или раскрытия информации. Более того, понимание эмоциональных

реакций и манипулирование чувствами, такими как страх, вина или любопытство, также являются эффективными инструментами социальной инженерии.

Психология социальной инженерии находит применение в множестве сфер, включая кибербезопасность, маркетинг и продажи, а также в криминальной деятельности. Понимание её основных принципов и методов помогает обороняться от манипуляций и распознавать попытки социальной инженерии, уменьшая риск успешных атак.

Понимание человеческого поведения и применение принципов влияния важны не только для преступников, но и для добросовестных работников компании, так как социальная инженерия включает в себя множество тактик, направленных на манипуляцию людьми для доступа к конфиденциальной информации или ресурсам. Компаниям важно образовывать сотрудников, чтобы избежать утечки данных.

Злоумышленники могут представляться как доверенные лица или члены организации для доступа к информации. Они также могут создавать ложные идентичности, чтобы убедить цель в их подлинности. Важной тактикой является использование авторитета или создание ситуации, где цель чувствует давление или страх перед негативными последствиями в случае отказа сотрудничать. Злоумышленники могут опираться на социальные нормы и ожидания, чтобы убедить человека выполнить требуемые действия или раскрыть информацию.

Фишинг является одной из распространённых форм социальной инженерии, в которой сотрудникам отправляются ложные сообщения, имитирующие законные запросы, для получения конфиденциальных данных. Эмоциональные приемы, такие как вызывание страха, чувства вины или любопытства широко используются для манипулирования поведением цели. Кроме того, инженерия социальных связей помогает выявлять уязвимые точки в межличностных отношениях для дальнейшей манипуляции.

Эти методы активно применяются как в офлайн, так и в онлайн средах для достижения разнообразных целей, включая киберпреступления, шпионаж и мошенничество. Понимание и осведомлённость о данных тактиках повышают бдительность и защищённость людей от возможных манипуляций.

Социальная инженерия, хотя и часто связывается с психологическими аспектами манипуляции, в современной информационной безопасности преимущественно основывается на технологических подходах для воздействия на жертв. Это направление изучает методы влияния на человека, заставляя его предпринимать действия, которые могут быть против его собственных интересов, и применяется как в киберпреступности, так и в законных сферах бизнеса и маркетинга.

Атаки социальной инженерии используют тщательно подобранные тактики для вызова эмоциональной реакции, такие как страх или жадность. Например, популярными методами являются фишинговые атаки, где злоумышленники могут отправлять электронные письма, уведомляя жертв о мошеннической активности в их банковских счетах, что создает срочность и страх потери средств. Это заставляет жертву предпринимать немедленные действия, такие как изменение паролей или передача конфиденциальной информации, что и является целью злоумышленника.

Другой пример — это мошенничество с "виртуальным похищением", где жертвам говорят, что их близкие в опасности и требуется выкуп. Эти сценарии специально

разработаны, чтобы максимизировать эмоциональное воздействие и заставить жертву действовать под давлением.

В цифровую эпоху социальные инженеры также используют онлайн платформы для распространения своих атак, применяя методы, такие как отправка манипулирующих сообщений через социальные сети или электронную почту. Эти сообщения могут обещать большие выгоды или эксклюзивный доступ к товарам и услугам, вызывая любопытство и желание у жертвы воспользоваться предложением. Как правило, такие атаки приводят к утечке личных данных или финансовых средств.

В контексте информационной безопасности, понимание и применение защитных мер против тактик социальной инженерии крайне важно. Компании и индивидуальные пользователи должны обучаться распознаванию признаков фишинга и других форм социальной инженерии, а также использовать многофакторную аутентификацию и другие технологические средства для защиты своих систем и данных от несанкционированного доступа.

Заключение

Таким образом, социальная инженерия совмещает психологические и технологические аспекты в сфере информационной безопасности. Эффективность таких атак подтверждает, что технологические средства защиты, несмотря на своё развитие и сложность, оказываются уязвимыми перед хорошо организованными манипуляциями с человеческим фактором. Важно осознавать, что технологии не могут полностью защитить от угроз, если не принимать во внимание человеческий элемент.

Современные методы киберзащиты должны включать не только физические и программные меры безопасности, но и активное применение стратегий противодействия социальной инженерии. Это включает в себя образование и тренировки сотрудников, развитие корпоративной культуры осведомлённости о киберугрозах и постоянное обновление политик безопасности в ответ на новые методы атак.

Список литературы

1. Tsvetkov V. Ya., Shaytura S. V., Sultaeva N. L. Digital Enterprise Management in Cyberspace. - Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference “Modern Management Trends and the Digital Economy: from Regional Development to Global Economic Growth” (MTDE 2020), Yekaterinburg, Russia, pp. 361 – 365, doi:10.2991/aebmr.k.200502.059
2. Филимонова А.В., Заливина Д. А., Митрофанова Т. В. О социальной инженерии в кибербезопасности // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2020. № 1(10). С. 139–144.
3. Сулейманов Р. Фишинг — ловля рыбы в темной воде // Системный администратор. 2020. № 4(209). С. 52–53.
4. Старостенко Н.И. Криминалистический аспект техник социальной инженерии при совершении преступлений // Вестник Краснодарского университета МВД России. 2020. № 1(47). С. 80–83.
5. Созаев С.С., Кунашев Д.А. Социальная инженерия, ее техники и методы противодействия // Вестник науки. 2020. Т. 1, № 2(23). С. 85–88.

6. Сахно В.В., Пищаева А.С. Социальная инженерия, ее техники и способы защиты // Modern Science. 2020. № 2-2. С. 349–351.
7. Демидов М.А., Васильев В.А. Социальная инженерия и методы борьбы с ней // Трибуна ученого. 2020. № 7. С. 336–339

References

1. Tsvetkov V.Ya., Shaytura S.V., Sultaeva N.L. Digital Enterprise Management in Cyberspace. - Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference “Modern Management Trends and the Digital Economy: from Regional Development to Global Economic Growth” (MTDE 2020), Yekaterinburg, Russia, pp. 361 – 365, doi:10.2991/aebmr.k.200502.059
 2. Filimonova A.V., Zalivina D.A., Mitrofanova T.V. About social engineering in cybersecurity // Information technologies. Problems and solutions. 2020. No. 1(10). pp. 139–144.
 3. Suleymanov R. Phishing - fishing in dark water // System administrator. 2020. No. 4(209). pp. 52–53.
 4. Starostenko N.I. Forensic aspect of social engineering techniques in the commission of crimes // Bulletin of the Krasnodar University of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2020. No. 1(47). pp. 80–83.
 5. Sozaev S.S., Kunashev D.A. Social engineering, its techniques and methods of counteraction // Bulletin of Science. 2020. T. 1, No. 2(23). pp. 85–88.
 6. Sakhno V.V., Pishchaeva A.S. Social engineering, its techniques and methods of protection // Modern Science. 2020. No. 2-2. pp. 349–351.
 7. Demidov M.A., Vasiliev V.A. Social engineering and methods of combating it // Tribune of a Scientist. 2020. No. 7. pp. 336–339
-



ОТКРЫТАЯ НАУКА
издательство

Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.3

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Пчельникова В.А.

ФГБОУ ВО "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ", Санкт-Петербург, Россия (190005, город Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4), e-mail: pchelnikova_vita@mail.ru

Цифровая трансформация строительного сектора является важной и актуальной повесткой дня. С каждым годом цифровизация всё более проникает во все сферы жизни, в строительство, как отрасль экономики, в том числе. Однако существует ряд проблем, которые препятствуют наращиванию темпов цифровой трансформации строительной сферы. Анализ факторов, влияющих на эффективность цифровой трансформации в строительстве, является важным этапом для успешного внедрения новых технологий и улучшения рабочих процессов. Такой анализ позволяет определить основные проблемы и возможности, связанные с использованием цифровых технологий в строительной сфере, а также выбрать наиболее подходящие инструменты и методы для достижения максимальной эффективности цифровизации. Основой данной статьи являются аналитические отчеты и труды отечественных авторов, посвященные анализу цифровой трансформации строительного сектора. В исследовании уделено внимание ключевым ограничениям при внедрении цифровых технологий в строительном секторе, а также приведена классификация факторов, влияющих на процесс цифровой трансформации в строительстве.

Ключевые слова: Цифровая трансформация, цифровизация, проблемы, эффективность, анализ, факторы, строительство.

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE EFFECTIVENESS OF DIGITAL TRANSFORMATION IN CONSTRUCTION

Pchelnikova V.A.

ST. PETERSBURG STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING, St. Petersburg, Russia (190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4), e-mail: pchelnikova_vita@mail.ru

The digital transformation of the construction sector is an important and relevant agenda. Every year, technology penetrates more and more into all spheres of life, and construction is no exception. However, there are a number of problems that hinder the pace of digital transformation of the construction sector. The analysis of the factors influencing the effectiveness of digital transformation in construction is an important stage for the successful introduction of new technologies and improvement of work processes. Such an analysis allows us to identify the main problems and opportunities associated with the use of digital technologies in the construction sector, as well as select the most appropriate tools and methods to achieve maximum efficiency of digital transformation. The basis of this article are analytical reports and works of domestic authors devoted to the analysis of the digital transformation of the construction sector. The study focuses on the key limitations in the implementation of digital technologies in construction organizations, and also provides a classification of factors affecting the process of digital transformation in construction.

Keywords: Digital transformation, digitalization, problems, efficiency, analysis, factors, construction.

Актуальность.

В современном мире, где цифровые технологии проникают во все сферы жизни, вопрос эффективности цифровой трансформации становится особенно актуальным. При этом, важность цифровой трансформации именно в строительной сфере невозможно переоценить. Строительство является одной из наиболее консервативных сфер экономики, и внедрение новых технологий может быть сложным и дорогостоящим процессом, поэтому важно определить, какие факторы могут повлиять на эффективность цифровой трансформации. Вклад строительного сектора в формирование ВВП составляет приблизительно 5% в год, способствуя, тем самым, благосостоянию нашей страны. Но, на данный момент, строительная сфера всё ещё отстает от многих других отраслей по степени проникновения цифровых инструментов. При том, что внедрение цифровых технологий позволяет сделать строительство более дешевым, качественным и быстрым, что в зависимости от величины проекта позволяет сэкономить от 7% до 8,5% бюджета проекта. Таким образом, очень важно проанализировать факторы, влияющие на эффективность цифровой трансформации в строительстве.

Обзор теории и практики.

Цифровая трансформация строительного сектора столкнулась со множеством сложностей и проблем. Внедрение новых технологий в организации – это дорогостоящий и длительный процесс. Проблемы цифровой трансформации строительной сферы изучаются и специалистами, и учеными. Так, в статье Мотгаевой А.Б., Кишинцевой В.Л., Кубрак И.А. 2023 года выделены основные причины, затрудняющие развитие цифровой трансформации в строительстве. К ним относятся: экономические проблемы, санкционный режим, колебания курсов валют и уход зарубежных IT-компаний. Авторы статьи пришли к выводу, что период трансформации строительной сферы в цифровое строительство варьируется в пределах 5-8 лет [1]. Такого же мнения придерживаются Листопад М.Е. и Пшул Л.А. в своей статье 2021 года. На их взгляд, главными факторами замедления являются: санкции, негативный опыт в использовании технологий и бюрократия. При этом авторы отмечают важность применения цифровых технологий, они существенно снижают затраты, облегчают работы и повышают эффективность управления проектами, что, в свою очередь, увеличивает инвестиционную привлекательность и повышает поток инвестиций в строительную сферу [2]. Преимущества применения цифровых технологий описали Симонова М.Д. и Кочетов А.А. в своей статье 2022 года. Благодаря переходу на цифровое строительство затраты снизятся на 10-15%, а время на реализацию проекта строительства сократится на 20%. К тому же, по мнению авторов, цифровая трансформация существенно повысит производительность труда сотрудников компаний [3].

Несмотря на всю важность цифровизации, строительная сфера, по мнению Кисель Т.Н. и Прохоровой Ю.С., на данный момент является аутсайдером в вопросах внедрения цифровой трансформации. [4] Такой же вывод отражен в техническом отчете НИУ МГСУ по теме «Цифровизация строительной отрасли на всех этапах жизненного цикла ОКС» от 2022 года. Цифровизация строительной сферы имеет низкий темп развития. В документе делается акцент на необходимости активизации цифровой трансформации строительства путем создания цифровой среды и цифровой платформы, которая позволит производить совместную работу

участникам инвестиционно-строительного проекта в режиме онлайн в текущем времени путем электронного документооборота [5].

В статье Горбовой И.Н., Аванесовой Р.Р., Мусаева М.М. 2023 года авторы, анализируя цифровую трансформацию строительного сектора, пришли к двум ключевым выводам. Во-первых, необходимо совершенствовать методы коммуникации заказчиков и проектировщиков строительных объектов на основе цифровых технологий, а во-вторых, для внедрения новых технологий и подготовки кадров важно, чтобы государство и бизнес-сообщество сотрудничали в области цифровизации [6]. По мнению Кудрявцевой В.А. и Никишиной О.В. для достижения желаемых результатов в области тотальной цифровизации строительной сферы, строительным организациям необходимо иметь четкую концепцию и собственные стратегии, которые учитывали бы специфические особенности их деятельности. Строительные организации должны обладать необходимыми компетенциями в области регулярного преобразования своей работы с использованием цифровых технологий [7]. Помимо объединения усилий государства и бизнеса, Восковых К.А. в ходе своей работы сделал вывод, что необходимым шагом к цифровизации строительной сферы, является оцифровка всех строительных процессов на всех этапах строительства, что позволит оптимизировать рабочие процессы и повысить производительность. Благодаря переходу к цифровым моделям будет сокращено время принятия решений и выполнения проектов, за счет объединения данных в сети будет возможность внесения корректировок и изменений строительного процесса [8].

Звонов И.А., Кузьмичев В.А., Каширина Н.В. в статье 2022 года пришли к выводу, что при существующих высоких темпах развития современных технологий, необходимо своевременное обновление правовой системы технического регулирования в строительстве, которая обеспечит выполнение требований к безопасности зданий и сооружений на всех этапах их создания [9]. Исследования уровня цифровизации на российских предприятиях инвестиционно-строительной сферы, проведенные НИУ МГСУ в 2023 году показали, что основным препятствием цифровизации строительного сектора является нехватка знаний и дефицит квалифицированных кадров. В результате исследования выявлено, что важнейшими факторами цифровизации являются: информационная инфраструктура, квалифицированные кадры и цифровая культура [10].

Таким образом, факторы, влияющие на эффективность цифровой трансформации в строительстве, требуют внимательного рассмотрения и дальнейшего анализа для получения более глубоких и точных выводов.

Методы.

В исследовании был проведен широкий анализ существующих литературных источников с целью изучения факторов, влияющих на эффективность цифровой трансформации в строительстве. Данный метод способствовал формированию теоретической базы для исследования. Проанализированы различные научные статьи, отчеты и исследования ведущих отечественных университетов. Обзор данных источников позволил рассмотреть основные факторы, влияющие на эффективность цифровой трансформации в строительстве, а также сформулировать рекомендации для ускорения этого процесса. Также для более глубокого рассмотрения факторов, влияющих на эффективность цифровой трансформации в

строительстве, использовалось статистическое исследование. Этот метод включал в себя анализ данных по исследуемой области, таких как статистика и опросы. Данные были получены из исследования «Strategy Partners», проведенного в 2023 году с целью анализа текущего уровня и приоритетов цифровой трансформации российских девелоперских и строительных компаний.

Результаты.

Цифровая трансформация, представляя собой процесс внедрения цифровых технологий и инноваций, повышает эффективность, результативность и конкурентоспособность предприятий. Цифровая трансформация способствует значительной оптимизации процессов, уменьшению затрат и ускорению выполнения проектов, а также улучшению качества и безопасности строительных объектов.

Цифровая трансформация строительной сферы является одним из приоритетных направлений в Указе Президента «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». Также среди ведущих задач, определенных Минстроем на 2024 год, следует отметить развитие цифровой инфраструктуры строительного сектора и переход на отечественное программное обеспечение для укрепления технологического суверенитета страны.

На данный момент, строительный сектор отстает от других отраслей экономики в части цифровой трансформации. На это указывают статистические данные, опубликованные ИСИЭЗ ВШЭ в 2024 году [11]. Строительный сектор недостаточно использует программные средства (Рисунок 1)

	Системы электронного документо-оборота	Финансовые расчеты в электронном виде	Предоставление доступа к базам данных через глобальные информационные сети	Обучающие программы
Всего	56.9	47.0	28.4	26.1
Сельское хозяйство	52.0	44.8	26.2	21.4
Добыча полезных ископаемых	52.7	44.5	23.4	29.9
Обработывающая промышленность	62.7	56.1	29.5	28.1
Обеспечение энергией	67.0	54.3	27.7	36.9
Водоснабжение, водоотведение, утилизация отходов	55.9	48.2	28.2	24.3
Строительство	44.1	39.8	22.3	19.3
Оптовая и розничная торговля	64.2	55.6	40.6	34.7
Транспортировка и хранение	55.5	42.3	24.2	31.7
Гостиницы и общественное питание	47.0	44.6	27.8	18.1
Информация и связь	62.3	48.3	27.4	27.7
Отрасль информационных технологий	63.3	45.3	27.7	29.8
Финансовый сектор	61.3	48.0	38.2	43.0
Операции с недвижимым имуществом	44.7	39.7	19.7	15.1
Профессиональная, научная и техническая деятельность	48.8	42.0	21.3	21.1
Высшее образование	65.9	62.3	38.8	63.3
Здравоохранение и предоставление социальных услуг	63.3	58.5	29.3	26.3
Культура и спорт	46.2	34.7	24.8	18.9
Государственное управление, социальное обеспечение	60.0	44.8	24.9	20.2

Рисунок 1 - Использование программных средств в организациях по видам экономической деятельности: 2022 (в процентах от общего числа организаций)

Такое положение строительного сектора вызвано несколькими причинами. По результатам исследования «Strategy Partners», проведенным в 2023 году, строительные

компании сталкиваются с некоторыми проблемами при внедрении цифровых технологий в организации. Ключевыми ограничениями выступают: недостаток финансовых ресурсов для реализации инициатив; отсутствие явных стимулов для повышения уровня цифровизации и отсутствие гарантированного эффекта. Кроме того, существует значительная потребность в высококвалифицированных специалистах для успешной интеграции цифровых решений [12].

Строительная сфера является системообразующей, и государство заинтересовано в ее ускоренном развитии. Без применения цифровых технологий это невозможно, ввиду чего активно разрабатываются законодательные инициативы, регулирующие процессы цифровизации. Так, после ухода иностранных вендоров, Президент подписал указ о запрете на закупки госорганами и госзаказчиками иностранного ПО для использования в критической инфраструктуре, а также запрет на его использование с 1 января 2025 года. Также по Постановлению Правительства РФ застройщики в сфере капитального долевого строительства должны перейти на цифровые модели с 1 июля 2024 года, а в сфере малоэтажного строительства – с 1 января 2025 года. С 1 января 2022 года вступило в силу Постановление №331 Правительства РФ: для застройщиков и технических заказчиков применение технологии информационного моделирования (ТИМ) стало обязательным, если договор о подготовке проектной документации для строительства и реконструкции объекта капитального строительства финансировался с привлечением средств бюджета Российской Федерации [13]. Таким образом, государство предпринимает шаги для развития рынка цифровых решений в строительстве.

Однако для успешного внедрения цифровых технологий необходимо учитывать множество факторов. Их можно классифицировать на экономические, технологические, организационные и социальные.

К экономическим факторам относятся:

1. Объём вложений в IT и строительство. Ассигнование финансовых ресурсов в инновационные цифровые технологии способствует разработке и имплементации решений, которые оптимизируют эффективность строительных процессов, повышают уровень безопасности на строительных площадках, а также минимизируют негативное воздействие на окружающую среду.

Увеличение объёма вложений в IT в строительстве положительно сказалось на компании «Страна Девелопмент». Благодаря дорогостоящему внедрению единой системы управления на базе AmoCRM (цифровой инновационный инструмент, предназначенный для эффективного сбора и систематизации информации о контрагентах компании, автоматизации повседневных обязанностей менеджеров, планирования, анализа и управления клиентской базой) и Profitbase (IT-платформа, которая помогает управлять маркетингом и продажами в сфере недвижимости), менеджеры по продажам стали работать быстрее и эффективнее, автоматизировались процессы, повысилось качество обслуживания клиентов. Масштабируемость системы позволила подключить новые офисы и увеличить количество сотрудников.

Также компания смогла контролировать процессы, получать данные для аналитики и строить отчёты, что способствовало принятию эффективных управленческих решений. В результате скорость сделок выросла в два раза, повысились повторные продажи и заработок компании. [14]

2. Уровень конкуренции. Интенсивность конкурентной среды оказывает стимулирующее воздействие на строительные организации, побуждая к интеграции цифровых технологий с целью оптимизации производственных процессов и минимизации издержек.

Проникновение цифровых технологий в строительную сферу постоянно увеличивается. Это связано не только с необходимостью оцифровки бизнес-процессов для достижения экономической эффективности, но и с растущим спросом на использование «умных» технологий в домах. Поэтому застройщики активно сотрудничают с IT-компаниями, чтобы получить конкурентные преимущества на рынке.

Примером успешного внедрения цифровых технологий является строительная компания «ЛенРусСтрой». Сотрудничество со «СберМобайл» и «SberDevices», позволило компании получить значительное конкурентное преимущество. В результате был создан жилой комплекс «ЛесART», оснащённый инновационными «умными» системами. Это повысило удовлетворённость клиентов и экономическую эффективность компании. [15]

3. Уровень экономического развития региона. В экономически развитых регионах больше возможностей для проведения научных исследований и разработок, что способствует появлению новых, более эффективных и инновационных технологий для строительства. Такие регионы имеют больше инвестиционных возможностей и ресурсов для внедрения и развития цифровых технологий в строительстве.

Благодаря увеличению уровня экономического развития, а именно при поддержке правительства региона, Свердловская область стала одним из лидеров по внедрению цифровых технологий в строительстве. Регион одним из первых разработал и внедрил ТИМ-стандарт. С 2024 года в области запланирован переход на ведение машиночитаемой исполнительной документации. [16]

К технологическим факторам можно отнести:

1. Наличие и доступность технологий. Обеспечение доступа к современным технологиям способствует повышению гибкости и адаптивности строительных организаций к стремительным изменениям в стандартах, а также внедрению инновационных решений.

2. Качество и надёжность технологий. Применение надёжных и высококачественных технологических решений способствует минимизации рисков, обусловленных возникновением ошибок и сбоев в функционировании систем, что влечет за собой повышение эффективности и уровня безопасности строительства.

3. Совместимость технологий. Совместимость технологических и программных компонентов обеспечивает синергетический эффект, позволяя оптимизировать процессы проектирования, строительства и управления. Данный принцип способствует сокращению сроков, необходимых для интеграции новых технологических решений и минимизирует вероятность возникновения ошибок.

Важность технологических факторов в вопросе повышения эффективности цифровой трансформации строительства сложно переоценить, так как они оказывают значительное влияние на процессы проектирования, управления и реализации строительных проектов.

На данный момент в Группе Компаний «Эталон» разрабатывается собственная цифровая платформа «Contrust». Эта платформа позволит обеспечить комплексный контроль проектирования, строительства, охраны труда и техники безопасности на строительных площадках. Компания работает над созданием цифровой платформы с 2020 года,

автоматизируя все строительные и бизнес-процессы. В конце 2023 года было запущено в промышленную эксплуатацию два модуля платформы — «Исполнительная документация» и «Передача квартир покупателям». Первый модуль предназначен для создания, подписания и хранения исполнительной документации в электронной форме, а также для обмена данными и документами со службой Госстройнадзора. Вторым модулем является единая информационная платформа для подрядчиков и застройщиков: его внедрение в группе компаний «Эталон» уже позволило сократить средний срок передачи одного корпуса в 2,7 раза. [17]

Организационные факторы:

1. Наличие квалифицированных специалистов. Наличие высококвалифицированных кадров, обладающих актуальными компетенциями в области современных решений, способствует ускорению адаптации строительных организаций к изменениям технологической базы, обеспечивая эффективную интеграцию инноваций в производственные процессы.

Проблема дефицита квалифицированных специалистов в строительной индустрии актуальна. Однако некоторые компании нашли решение, внедряя оборудование с ИКТ (информационно-коммуникационными технологиями). Одна из таких компаний — японская Yamane Construction Co., Ltd. Владелец компании старался повысить производительность, не увеличивая количество персонала. Благодаря внедрению оборудования с ИКТ сотрудникам компании потребовалось один-два месяца обучения для выполнения работ высокой сложности. Так, владелец компании решил проблему поиска специалистов. К тому же, внедрение оборудования на основе ИКТ привело к значительному снижению затрат труда в компании и увеличению портфеля заказов с 400 миллионов иен до 720 миллионов иен. Этому способствовало сокращение сроков выполнения задач на площадке и усиление мер безопасности. [18]

2. Корпоративная культура. Для обеспечения эффективной и беспрепятственной цифровой трансформации в строительных организациях, необходимо культивировать рабочую атмосферу, способствующую проявлению инициативы и генерации инновационных идей.

3. Управление изменениями. Эффективное управление изменениями помогает организациям адаптироваться к новым технологическим решениям, стандартам и нормам, а также помогает снижать сопротивление сотрудников к нововведениям.

Пример успешной адаптации к новым цифровым технологиям в строительной компании — группа компаний «Эталон». Почти два года в промышленной эксплуатации находится еще одна разработка «Эталон» – Среда общих данных (СОД). Эта информационная система позволяет работать в едином информационном пространстве и обеспечивает участникам строительного процесса онлайн-доступ ко всем необходимым рабочим и проектным материалам. Благодаря этой информационной системе весь процесс становится более прозрачным: проектная документация становится доступной для всех участников процесса.

Чтобы интегрировать цифровые инновации, в строительной компании была усовершенствована корпоративная культура, изменена кадровая политика и взаимодействие сотрудников. Все это позволило успешно внедрить цифровые технологии и повысить производительность труда. [19]

Социальные факторы:

1. Отношение общества к технологиям. Формирование благоприятного восприятия инновационных технологий в строительстве может выступать катализатором роста спроса на передовые решения, тем самым стимулируя развитие рынка.

2. Уровень образования. Существует прямая корреляция между уровнем образования и количеством специалистов, наделенных соответствующими компетенциями, необходимыми для внедрения цифровых технологий. Уровень образования оказывает существенное влияние на способность адаптации к инновационным решениям.

Уровень образования и отношение общества к технологиям неразрывно связано с успешной цифровой трансформацией строительной сферы. Без изменения общественного восприятия цифровизации данный процесс замедляется. Строительным компаниям необходимо проводить обучение и тренинги по использованию новых технологий и инструментов, чтобы сотрудники понимали их преимущества и возможности, а также предоставить сотрудникам возможность обучаться и развиваться в данной сфере. Как показывает практика, сотрудники с высоким уровнем образования чаще проявляют инициативу и предлагают инновационные решения. Образование способствует формированию культуры непрерывного обучения и саморазвития, что важно для постоянного совершенствования навыков и умений в условиях быстро меняющегося мира.

Таким образом, эффективная цифровая трансформация в строительстве требует анализа множества факторов и их оптимального сочетания, включая технологические инновации, организационные изменения и экономическую целесообразность.

Обсуждение.

Цифровая трансформация строительной сферы открывает новые возможности для оптимизации взаимодействия между участниками строительного процесса: заказчиками, подрядчиками, субподрядчиками, поставщиками и государственными органами. Использование современных технологий, таких как облачные сервисы, искусственный интеллект, большие данные, интернет вещей, виртуальная и дополненная реальность позволяет улучшить коммуникацию между участниками, ускорить обмен информацией, снизить затраты на документооборот и повысить эффективность совместной работы. Кроме того, цифровая трансформация способствует улучшению безопасности на строительных площадках, поскольку она позволяет внедрить системы мониторинга и контроля, основанные на использовании цифровых технологий.

Однако успешная реализация цифровой трансформации требует учёта множества факторов, влияющих на её эффективность. Анализ факторов позволяет выявить ключевые проблемы и возможности для развития цифровой трансформации в строительстве, а также определить наиболее эффективные стратегии и подходы к её реализации. Это поможет предприятиям оптимизировать свои процессы, повысить конкурентоспособность и обеспечить устойчивое развитие в условиях постоянно меняющейся экономической ситуации.

В последние три года отмечается положительная динамика цифровой трансформации строительной сферы. Число компаний, считающих цифровую трансформацию приоритетным направлением, возросло с 40 % в 2019 году до 46 % в 2023 году. Однако процент компаний, в которых определены процессы и функции, где цифровая трансформация даст результат, а

также цели, которые компания стремится достичь благодаря цифровой трансформации, значительно ниже — 37–39% [20]. Такие проценты подтверждают, что существует ряд сдерживающих факторов, что заставляет анализировать проблемы и искать пути их решения.

Данное исследование способствует лучшему пониманию факторов, ограничивающих быстрый темп цифровой трансформации строительного сектора. Анализ этих факторов необходим для достижения «цифровой зрелости» в строительстве, городском и жилищно-коммунальном хозяйстве.

Выводы.

На данный момент строительный сектор все еще отстает от других секторов экономики в темпах цифровой трансформации. По прогнозам, период трансформации строительной сферы в цифровое строительство составляет в среднем 5-8 лет. Государство активно поддерживает цифровизацию строительного сектора, признавая ее важность для экономического роста.

Основными препятствиями на пути цифровой трансформации строительной сферы являются: недостаток финансирования для реализации проектов, отсутствие четких стимулов для внедрения цифровых технологий, неуверенность в получении положительного эффекта, а также значительная нехватка высококвалифицированных специалистов для успешной интеграции цифровых решений.

Ключевые факторы, оказывающие влияние на процесс цифровой трансформации в строительстве классифицированы и описаны в контексте быстро меняющегося состояния строительной сферы.

Список литературы

1. Моттаева А.Б., Кашинцева В.Л., Кубрак И.А. /Актуальные тренды цифровой трансформации строительной отрасли России/ Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий 2023. Т. 12. №4
2. Листопад М.Е., Пшул Л.А. / Анализ инвестиционной привлекательности строительной отрасли в современных условиях цифровизации // Вестник НГИЭИ. 2021. № 3 (118). С. 81-92.
3. Симонова М.Д., Кочетов А.А. / Основы статистического анализа внедрения цифровых технологий в сфере недвижимости / Россия: тенденции и перспективы развития 2023
4. Кисель Т.Н., Прохорова Ю.С. / Уровень цифровизации российских предприятий инвестиционно-строительной сферы // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. Вып. 6. С. 971-987. (7)
5. Технический отчет «Цифровизация строительной отрасли на всех этапах жизненного цикла ОКС» НИУ МГСУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digital-build.ru/wp-content/uploads/2022/07/13029866.179299560164735928.1.2-1.pdf> (11)
6. Горбова И.Н., Аванесов Р.Р., Мусаев М.М. / Цифровая трансформация строительной отрасли России / Вестник Академии знаний 2023
7. Кудрявцева В. А., Никишина О. В. / Цифровая трансформация как фактор устойчивого развития строительного комплекса // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 4. С. 492-500.
8. Восковых К. А. / Особенности цифровизации в строительной отрасли как важный фактор

- ее устойчивого развития // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. № 12. С. 169-174.
9. Звонов И.А., Кузьмичев В.А., Каширина Н.В. / Организационно-технологические задачи строительства в условиях цифровой трансформации отрасли / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах 2022
 10. Исследование уровня цифровизации на российских предприятиях инвестиционно-строительной сферы: монография / Т.Н. Кисель, Ю.С. Прохорова. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkrdostupa/2023/Monografiya_Kisel-Prokhorova_2023.pdf
 11. Цифровая экономика: 2024: краткий статистический сборник / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневецкий, Л. М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hse.ru/primarydata/icekr>
 12. Исследование «Приоритеты цифровизации российских девелоперских и строительных компаний» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://strategy.ru/media/uploads/2023/06/Приоритеты_цифровизации_российских_девелоперских_и_строительных_компаний_ХаМКWJc.pdf
 13. Постановление об информационном моделировании в долевом строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/47383/>
 14. Как CRM помогает девелоперу масштабироваться [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Как CRM помогает девелоперу масштабироваться (profitbase.ru)
 15. Девелоперы конкурируют сервисами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ДЕВЕЛОПЕРЫ КОНКУРИРУЮТ СЕРВИСАМИ (kommersant.ru)
 16. Лидер по внедрению цифровых технологий в строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Свердловская область является одним из лидеров по внедрению цифровых технологий в строительстве | Областная газета (oblgazeta.ru)
 17. Цифровизация 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Цифровизация-2024: девелоперы и цифровые технологии, которые уже созданы, на подходе и в планах (bfm.ru)
 18. Опыт японской компании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Зачем внедрять ИКТ в строительстве. Опыт японской компании (scm-ttt.ru)
 19. Эталон ИТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Эталон ИТ — Роман Тарасенков о цифровой трансформации компании (stroimprosto-msk.ru)
 20. Аналитика цифровой зрелости строительной отрасли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stroimprosto-msk.ru/publications/o-cifrovoj-zrelosti-strojotrasli/>

References

1. Mottaeva A.B., Kashintseva V.L., Kubrak I.A. /Current trends in the digital transformation of the construction industry in Russia/ Bulletin of the Siberian Institute of Business and Information Technologies 2023. Т. 12. №4
2. Listopad M.E., Pshul L.A. / Analysis of the investment attractiveness of the construction industry in modern conditions of digitalization // Vestnik NGIEI. 2021. № 3 (118). pp. 81-92.
3. Simonova M.D., Kochetov A.A. / Fundamentals of Statistical Analysis of the Implementation of Digital Technologies in the Real Estate Sector / Russia: Trends and Development Prospects 2023

4. Kisel T.N., Prokhorova Y.S. / Level of digitalization of Russian enterprises of the investment and construction sphere // Bulletin of MGSU. 2023. Т. 18. Vol. 6. pp. 971-987. (7)
5. Technical report "Digitalization of the construction industry at all stages of the OKS life cycle" of the National Research University MGSU [Electronic resource]. – Mode of access: <https://digital-build.ru/wp-content/uploads/2022/07/13029866.179299560164735928.1.2-1.pdf> (11)
6. Gorbova I.N., Avanesov R.R., Musaev M.M. / Digital Transformation of the Construction Industry of Russia / Vestnik Akademii Znaniy 2023
7. Kudryavtseva V. A., Nikishina O. V. / Digital transformation as a factor of sustainable development of the construction complex. Investment. Construction. Real estate. 2022. Т. 12. № 4. pp. 492-500.
8. Voskovykh K. A. / Features of digitalization in the construction industry as an important factor in its sustainable development // Bulletin of science and practice. 2021. Т. 7. № 12. pp. 169-174.
9. Zvonov I.A., Kuzmichev V.A., Kashirina N.V. / Organizational and technological tasks of construction in the context of digital transformation of the industry / Information technologies in construction, social and economic systems 2022
10. Study of the Level of Digitalization at Russian Enterprises of the Investment and Construction Sphere: Monograph / T.N. Kisel, Yu.S. Prokhorova. [Electronic resource]. – Mode of access: https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/2023/Monografiya_Kisel-Prokhorova_2023.pdf
11. Digital Economy: 2024: A Brief Statistical Collection / V. L. Abashkin, G. I. Abdrakhmanova, K. O. Vishnevsky, L. M. Gokhberg et al.; Nats. research. University Higher School of Economics. Moscow: HSE ISSEK, 2024. [Electronic resource]. – Rezhim dostupa: <https://www.hse.ru/primarydata/icekr>
12. Research "Priorities of Digitalization of Russian Development and Construction Companies" [Electronic resource]. – Available at: https://strategy.ru/media/uploads/2023/06/Приоритеты_цифровизации_российских_девелоперских_и_строительных_компаний_ХамКВJс.pdf
13. Resolution on Information Modeling in Shared Construction. – Mode of access: <http://government.ru/docs/47383/>
14. How CRM helps a developer to scale [How CRM helps a developer to scale]. – Access mode: How CRM helps a developer scale (profitbase.ru)
15. Developers Compete with Services. – Mode of access: DEVELOPERS COMPETE WITH SERVICES (kommersant.ru)
16. Leader in the implementation of digital technologies in construction. – Mode of access: the Sverdlovsk region is one of the leaders in the introduction of digital technologies in construction | Regional newspaper (oblgazeta.ru)
17. Digitalization 2024. – Mode of access: Digitalization-2024: developers and digital technologies that have already been created, on the way and in plans (bfm.ru)
18. Experience of a Japanese company [Experience of a Japanese company]. – Mode of access: Why implement ICT in construction. Experience of a Japanese company (scm-ttt.ru)

19. Etalon IT. – Mode of access: Etalon IT – Roman Tarasenkov on the digital transformation of the company (stroimprosto-msk.ru)
 20. Analytics of Digital Maturity of the Construction Industry. – Mode of access: <https://stroimprosto-msk.ru/publications/o-cifrovoj-zrelosti-strojotrasli/>
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.9

ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ СВЯЗИ

Сарафанников В.С., ¹Шабуня В.В., Билан В.В., Васильева Т.Г.

ФГКОУ ВО «ВОЕННАЯ ОРДЕНОВ ЖУКОВА И ЛЕНИНА КРАСНОЗНАМЕННАЯ АКАДЕМИЯ СВЯЗИ ИМЕНИ МАРШАЛА СОВЕТСКОГО СОЮЗА С.М.БУДЕННОГО» МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, Санкт-Петербург, Россия (194064, город Санкт-Петербург, Тихорецкий пр-кт, д.3), e-mail: ¹vvsch1970@mail.ru

Рассмотрены основные тенденции развития средств, техники и отрасли связи в целом в ближайшей перспективе. Показано, что совершенствование и внедрение цифровых технологий, использование которых приводит к глобальному росту передачи данных и требует необходимости предоставления возможности широкополосного и гибридного доступа абонентов к сетям связи.

Ключевые слова: Сети связи, широкополосный доступ, интернет вещей, криптозащита, квантовые технологии.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE COMMUNICATIONS INDUSTRY

Sarafannikov V.S., ¹Shabunya V.V., Bilan V.V., Vasilyeva T.G.

MILITARY ORDER OF ZHUKOV AND LENIN RED BANNER ACADEMY OF COMMUNICATIONS NAMED AFTER MARSHAL OF THE SOVIET UNION S.M. BUDYONNY OF THE MINISTRY OF DEFENSE OF THE RUSSIAN FEDERATION, St. Petersburg, Russia (194064, St. Petersburg, Tikhoretsky prospekt, 3), e-mail: ¹vvsch1970@mail.ru

The main trends in the development of means, equipment and the communications industry as a whole in the near future are considered. It is shown that the improvement and introduction of digital technologies, the use of which leads to a global increase in data transmission and requires the need to provide broadband and hybrid access for subscribers to communication networks.

Keywords: Communication networks, broadband access, Internet of things, cryptographic protection, quantum technologies.

В настоящее время в России активно развиваются новые цифровые сервисы, что требует совершенствования инфраструктуры связи. Это касается как скорости передачи данных и надёжности доставки информации, так и обеспечения доступа к современным услугам связи на территориях, где его раньше не было.

Быстрое развитие и внедрение цифровых технологий приводит к увеличению объёмов передаваемых данных, поэтому необходимо обеспечить широкополосный доступ в интернет (Рисунок 1) [1, 2].

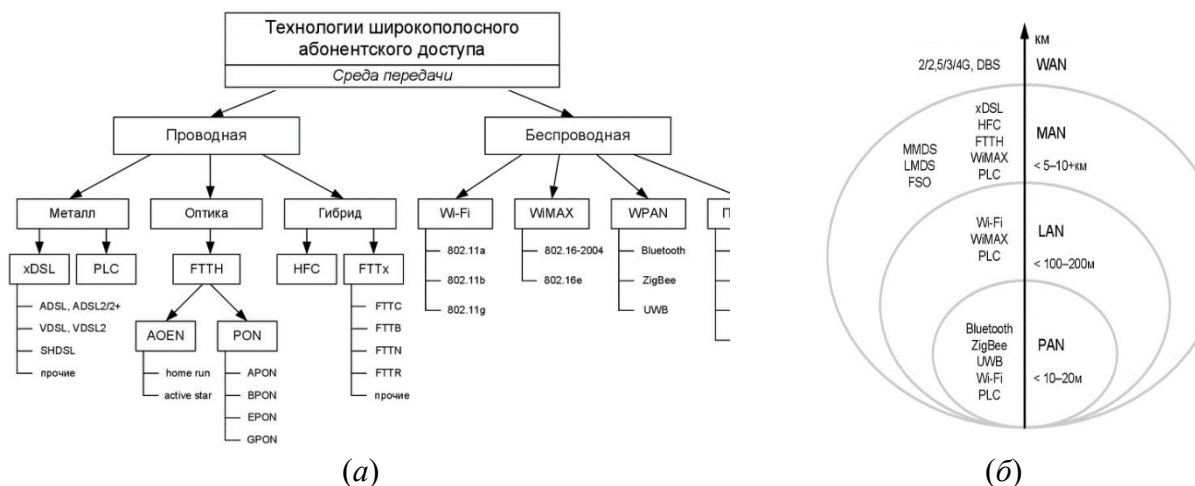


Рисунок 1. - Технологии (а) и иерархия (б) сетей широкополосного доступа.

Свою лепту вносят и трансляции видеопотоков в реальном времени от всё большего числа источников информации. Эти сервисы будут активно дополняться другими инновациями, такими как рекомендательные системы и генеративный искусственный интеллект. Это делает их ещё более эффективными и удобными для пользователей.

Сегодня обмен «тяжёлым контентом» — видеороликами с высоким и сверхвысоким разрешением — стал привычным делом. Растущее число устройств и не только мобильных абонентов определяет потребность в высоких скоростях подключения к сетям связи. Также растут потребности абонентов в минимизации задержки сигнала до гарантированных задержек (в некоторых случаях, не более 1 миллисекунды) и повышении надёжности доставки пакетов данных. Такие требования наряду с требованиями по подключению на высоких скоростях важны, например, для управления беспилотными средствами и БПЛА в режиме реального времени.

Повышение требований пользователей к объёму и качеству передачи данных, а также распространение телекоммуникационных сетей на важных объектах инфраструктуры делают необходимым внедрение инновационных архитектурно-технических решений в сетях связи. Это нужно для автоматизации управления их работой и обеспечения информационной безопасности. Далее мы рассмотрим ключевые тенденции технологического развития, общие для всей сферы связи.

Одним из наиболее значимых трендов технологического и рыночного развития сферы связи становится появление и развитие многоспутниковых негеостационарных систем связи (далее – НГСО системы) и, как их дальнейшее развитие – появление гибридных орбитально-наземных сетей связи. В силу своих технологических особенностей и взаимодействия с наземной инфраструктурой связи такие спутниковые и орбитально-наземные системы связи в перспективе окажут существенное влияние не только на спутниковую, но также фиксированную и мобильную связь.

Рынок спутникового широкополосного доступа (ШПД) с применением негеостационарных систем (НГСО) в мире растёт быстрее, чем ожидалось. Гибридные сети, объединяющие космические аппараты и наземные станции, используют стандарты мобильной связи LTE и 5G. Они обеспечивают прямую связь между спутником и мобильным терминалом, например, смартфоном. Развитие прямой спутниковой связи со смартфонами — ключевой фактор в создании гибридных сетей. Такие сети могут обеспечить высокоскоростное соединение с низкой задержкой по всей территории России, включая

Арктическую зону РФ. Также они предоставляют абонентам высокую мобильность, в том числе при использовании смартфонов, и позволяют управлять беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) в режиме реального времени на обширной территории.

Значимой тенденцией глобального технологического развития отрасли связи является смещение вычислительных мощностей в сторону границы сети, развитие «граничных» вычислений, позволяющих реализовать высокоскоростные вычисления с низкой задержкой передачи данных ближе к абоненту. Данная тенденция приводит к росту количества небольших центров обработки данных, расположенных на периферии сети, что снижает иерархичность.

К числу других значительных изменений можно отнести следующее:

- виртуализация сетей, которая предполагает перенос функционала телекоммуникационного оборудования на серверы и в облачные решения, а также в микро- и мини-центры обработки данных (ЦОД). Это связано с концепциями программно-определяемых сетей и виртуализации сетевых функций;
- создание самоорганизующихся сетей, где активно интегрируются решения на основе искусственного интеллекта в коммуникационные сети. Это позволяет автоматизировать процессы прогнозирования и предупреждения, а также обнаружения и устранения сетевых проблем, что в свою очередь способствует увеличению производительности сетевой инфраструктуры;
- применение открытых сетевых решений и инфраструктурного программного обеспечения, разрабатываемого на основе открытого исходного кода, следует рассматривать как ключевой элемент стратегии перехода к виртуализированным и программно-управляемым сетям;
- усовершенствование автоматизированных систем мониторинга и реагирования на инциденты в области кибербезопасности, включая использование технологий искусственного интеллекта;
- развитие и внедрение средств криптографической защиты информации, которые интегрируются в протоколы связи и управления, а также в механизмы защиты. Это включает применение криптографических методов, основанных на квантовых технологиях, и их интеграцию в инфраструктуру управления сетью интернета вещей (Рисунок 2) [4, 5].



Рис. 2. Схема интеграции квантовых коммуникаций в инфраструктуру управления сетью интернета вещей

К трендам развития технологического обеспечения относятся унификация технологий оказания услуг на основе пакетных сетей передачи данных ведет к потреблению полного набора услуг на одном пользовательском устройстве с использованием трех критических технологий доступа для сетей фиксированной связи (ВОЛС), мобильной связи (4G, 5G, 6G), спутниковой связи (низкоорбитальные группировки).

Рост производительности и пропускной способности телекоммуникационного оборудования приводит к усложнению алгоритмов обработки данных и миграции их реализации из программной в аппаратную часть. Необходимо не допустить снижения эффективности применяемых-встраиваемых средств защиты, усложнения их технической структуры и повышения скоординированности атак. Одним из способов обеспечения информационной безопасности в сетях электросвязи является применение криптографических методов защиты информации. К основным трендам развития информационной безопасности отрасли связи относятся: рост вычислительных мощностей, в том числе с применением квантовых технологий, и увеличение объемов трафика в сетях связи; развитие систем мониторинга и реагирования на инциденты информационной безопасности, с использованием инструментов искусственного интеллекта и анализа больших данных.

Безусловно, стоит отметить и о будущем развитии сетевых инфраструктур [6], среди которых можно выделить:

- квантовые коммуникации, обеспечивающие сверхзащищенную передачу данных на больших расстояниях и позволяющие создавать защищенные квантовые каналы связи, что позволяет полностью исключить возможность несанкционированного доступа к данным;
- беспроводные сети следующего поколения, цель которых заключается в повышении надежности протокола Wi-Fi на уровне нового стандарта Wi-Fi 8 (802.11bn), ожидаемого к 2028 году;
- цифровые двойники сетей – это технологии, позволяющие тестировать различные конфигурации и политики безопасности для отдельных компонентов, что ускоряет процессы испытаний и внедрения изменений, минимизируя временные и

финансовые затраты;

- концепция универсального сетевого доступа с нулевым доверием (Zero Trust Network Access, ZTNA), предполагающая, что никакому пользователю или устройству нельзя изначально доверять, даже если они уже находятся внутри сетевого периметра. Это значительно уменьшает поверхность атаки, так как модель ZTNA будет применяться как к удаленным, так и к локальным пользователям;
- сети с искусственным интеллектом, внедрение которых позволит улучшить доступность сетевых ресурсов и качество обслуживания конечных пользователей, а также сократить необходимые операционные расходы для управления инфраструктурой. Такой подход поможет в развертывании сложных сетевых систем, включая мультиоблачные среды, а также снизит время, затрачиваемое на устранение инцидентов;
- сетевые ускорители, повышающие эффективность сетевых инфраструктур и снижающие нагрузку на центральные процессоры серверов, повышая их доступность и производительность;
- программное обеспечение для мультиоблачных сред (MCNS), которое позволяет проектировать, развертывать и эксплуатировать сети в нескольких публичных облаках с инструментами единой сетевой политикой, безопасностью и доступностью на различных платформах;
- сети спутниковой связи на низкой околоземной орбите (LEO) для предоставления широкополосного доступа в интернет или развития IoT-систем, а также обеспечения транзитных каналов для услуг сотовой связи.
- программно-определяемая сеть (SDN) с концепцией управления сетью, позволяющие сократить издержки на сопровождение благодаря централизации управления на программном контроллере.

Таким образом, глобально наблюдается активное развитие ряда новых сетевых технологий, внедрение которых обеспечит возможности по дальнейшему наращиванию пропускной способности, повышению безопасности, улучшению эффективности и расширению функциональности.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 24 ноября 2023 г. № 3339-р «Об утверждении Стратегии развития отрасли связи РФ на период до 2035 года».
2. <https://ppt-online.org/40415>.
3. Указа Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы».
4. Чеусов С.С. Перспективы интегрирования квантовых технологий в систему управления средствами огневого поражения. С. 42-47. Международная научно-практическая конференция «Военная связь будущего. Квантовый скачок как неизбежность»: Сборник материалов. СПб.: ВАС, 2023. – 276 с.
5. Шабуня В.В., Якушенко С.А. и др. Анализ развития квантовых технологий в интересах криптографии, связи и навигации. С. 71-76. Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. Смоленск: Том: 9, Номер: 5 (43), 2024. – 147 с.

6. https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Тенденции_в_мировом_телекоме.
7. Федерального закона «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».
8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 11 июля 2023 г. № 1856-р «Концепции регулирования отрасли квантовых коммуникаций в Российской Федерации до 2030 года».

References

1. Decree of the Government of the Russian Federation dated November 24, 2023 No. 3339-r "On approval of the Strategy for the development of the communications industry of the Russian Federation for the period up to 2035".
 2. <https://ppt-online.org/404153>.
 3. Decree of the President of the Russian Federation No. 203 dated May 9, 2017 "On the Strategy for the Development of the Information Society in the Russian Federation for 2017-2030".
 4. Cheusov S.S. Prospects for integrating quantum technologies into the fire damage control system. pp. 42-47. International scientific and practical conference "Military communications of the future. Quantum leap as an inevitability": Collection of materials. St. Petersburg: VAS, 2023. – p.276
 5. Shabunya V.V., Yakushenko S.A. and others. Analysis of the development of quantum technologies in the interests of cryptography, communication and navigation. pp. 71-76. International Journal of Information Technologies and Energy Efficiency. Smolensk: Volume: 9, No.: 5 (43), 2024. – p.147.
 6. https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Trends_in_the_global_Telecom.
 7. The Federal Law "On the Security of the Critical Information Infrastructure of the Russian Federation".
 8. Decree of the Government of the Russian Federation dated July 11, 2023 No. 1856-r "Concepts of regulation of the quantum communications industry in the Russian Federation until 2030".
-



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 539.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОНАПРЯЖЕНИЙ ТВЭЛА С ПЕРЕМЕННЫМ ОБЪЕМНЫМ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЕМ ПРИ ГРАНИЧНОМ УСЛОВИИ ПЕРВОГО РОДА

Канарейкин А.И.

ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ (МГРИ)», Москва, Россия, (117485, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23), e-mail: kanareykins@mail.ru

Работа посвящена повышению надёжности конструкции твэлов. Основной целью статьи является моделирование термонапряжений твэла с переменным объемным тепловыделением при граничном условии первого рода. При этом учитывается координатная зависимость тепловыделения. Решение получено с применением методов дифференцирования. Полученный результат может полезен для определения термонапряжённого состояния твэлов. Что открывает возможность снижения температурных напряжений в твэле с координатной зависимостью объемного тепловыделения.

Ключевые слова: Температурное поле, твэл, цилиндр, объёмное тепловыделение, граничные условия первого рода, функция Эри, граница области, тензор.

MODELING OF THERMAL STRESSES OF A FUEL ELEMENT WITH VARIABLE VOLUMETRIC HEAT RELEASE UNDER A BOUNDARY CONDITION OF THE FIRST KIND

Kanareykin A.I.

SERGO ORDZHONIKIDZE RUSSIAN STATE UNIVERSITY FOR GEOLOGICAL PROSPECTING, Moscow, Russia, (117485, Moscow, st. Miklukho-Maklaya 23), e-mail: kanareykins@mail.ru

The work is devoted to improving the reliability of the fuel element design. The main purpose of the article is to simulate thermal stresses of a fuel element with variable volumetric heat release under a boundary condition of the first kind. At the same time, the coordinate dependence of heat release is taken into account. The solution was obtained using differentiation methods. The result obtained can be useful for determining the thermally stressed state of fuel rods. This opens up the possibility of reducing temperature stresses in fuel rods with a coordinate dependence of volumetric heat release.

Keywords: Temperature field, fuel element, cylinder, volumetric heat dissipation, boundary conditions of the first kind, Erie function, boundary of the region, tensor.

Внутренние напряжения (температурные, остаточные, в окрестности структурных дефектов) оказывают существенное влияние на теплофизические, упругие и прочностные характеристики материала. Так, например, прочность и надёжность ядерных реакторов определяется уровнем и характером распределения внутренних напряжений. Их определение в общем случае сводится к решению уравнений математической физики и весьма часто представляет значительные математические трудности [1-6].

При проектировании твэлов используют материалы с переменными свойствами. Их использование даёт возможность улучшить прочностные характеристики и в конечном счёте управлять уровнем и характером распределения напряжений. Среди последних преобладающую роль занимают температурные напряжения. Их появление обусловлено неоднородной температурной деформацией [7-10]. В материалах ядерной техники подобная деформация связана с объёмным тепловыделением за счёт превращения кинетической энергии атомов деления тяжёлых элементов (урана, плутония, тория) в тепловую. При определении термонапряжений объёмное тепловыделение считается постоянной величиной. Её зависимость от различных факторов носит параметрический характер и не влияет на решение задач теплопроводности. Однако в некоторых случаях тепловыделение имеет координатную зависимость [11-17].

Актуальность работы обусловлена тем, что в работе учитывается координатная зависимость тепловыделения. Что приводит к изменению термонапряжённого состояния твэла.

Целью работы является моделирование термонапряжений твэла с переменным объёмным тепловыделением при граничном условии первого рода.

Данная работа является продолжением предыдущей работы автора [18]. В ней рассмотрим длинный сплошной цилиндр, объёмное тепловыделение в котором подчиняется следующей зависимостью

$$q_v = q_v^0 \left(1 + \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right) \quad (1)$$

где: q_v – объёмное тепловыделение вдоль оси цилиндра,

r – произвольный радиус цилиндра,

R – внешний радиус цилиндра.

Для определения компонент тензора термонапряжений в состоянии плоской деформации воспользуемся бигармоническим уравнением для функции термонапряжений F (функция Эри)

$$\Delta \Delta F = \frac{\alpha E q_v}{\lambda(1-\nu)} \quad (2)$$

где λ – коэффициент теплопроводности,

α - коэффициент линейного расширения,

E - модуль Юнга,

ν - коэффициент Пуассона.

С учётом (1) выражение (2) примет вид

$$\Delta \Delta F = \frac{\alpha E}{\lambda(1-\nu)} q_v^0 \left(1 + \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right) \quad (3)$$

При решении уравнения (3) будем учитывать граничные условия на внешнем контуре

$$F = \frac{\partial F}{\partial n} = 0 \quad (4)$$

Решение уравнения (5) ищем в виде

$$F = C_1 + C_2 r^2 + C_3 r^4 + C_4 r^6 \quad (5)$$

Искомая функция напряжений F находится из решения уравнений

$$\begin{cases} C_1 + C_2 R^2 + C_3 R^4 + C_4 R^6 = 0 \\ 2C_2 R + 4C_3 R^3 + 6C_4 R^5 = 0 \\ 24C_3 + 360C_4 r^2 = \frac{\alpha E}{\lambda(1-\nu)} q_v^0 \left(1 + \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right) \end{cases} \quad (6)$$

Решение системы (6) даёт значения констант

$$\begin{cases} C_1 = \frac{17\alpha E}{360\lambda(1-\nu)} R^4 \\ C_2 = -\frac{11\alpha E}{120\lambda(1-\nu)} R^2 \\ C_3 = \frac{\alpha E}{24\lambda(1-\nu)} \\ C_4 = \frac{\alpha E}{360\lambda(1-\nu)R^2} \end{cases} \quad (7)$$

Окончательно функция напряжений принимает вид

$$F = \frac{\alpha E R^4}{360\lambda(1-\nu)} \left(17 - 33 \frac{r^2}{R^2} + 15 \frac{r^4}{R^4} + \frac{r^6}{R^6} \right) \quad (8)$$

Температурные напряжения при известной функции F определяются весьма просто

$$\sigma_{rr} = \frac{1}{r} \frac{\partial F}{\partial r} = \frac{\alpha E R^2}{60\lambda(1-\nu)} \left(\frac{r^4}{R^4} + 10 \frac{r^2}{R^2} - 11 \right) \quad (9)$$

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{\partial^2 F}{\partial r^2} = \frac{\alpha E R^2}{60\lambda(1-\nu)} \left(5 \frac{r^4}{R^4} + 30 \frac{r^2}{R^2} - 11 \right) \quad (10)$$

$$\sigma_{zrz} = \sigma_{rr} + \sigma_{\theta\theta} = \frac{\alpha E R^2}{60\lambda(1-\nu)} \left(6 \frac{r^4}{R^4} + 40 \frac{r^2}{R^2} - 22 \right) \quad (11)$$

Графические зависимости компонент тензора термонапряжений приведены на рис.1 в безразмерном виде.

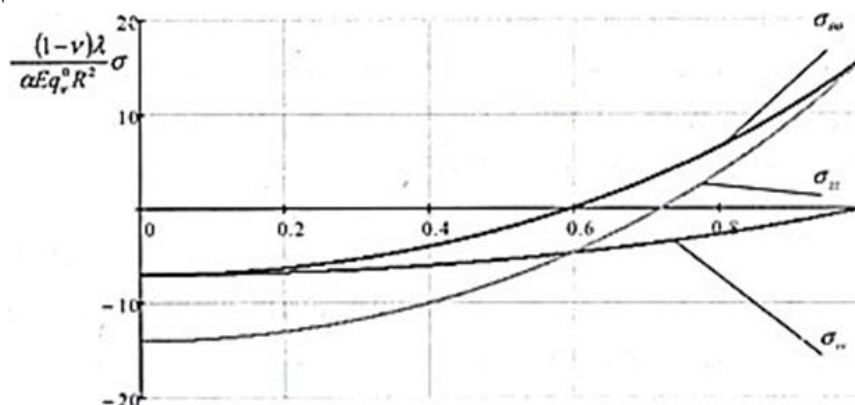


Рисунок 1 - Компоненты тензора термонапряжений в безразмерном виде.

Таким образом, в статье была решена задача об определении напряжённого состояния твэла с переменным объемным тепловыделением при граничном условии первого рода. Таким образом, на простом примере показана возможность снижения температурных напряжений в

твэле с координатной зависимостью объемного тепловыделения. Это открывает перспективу управления термонапряженным состоянием путем направленного изменения объемного тепловыделения.

Список литературы

1. Доллежалъ, Н. А. Канальный ядерный энергетический реактор / Н. А. Доллежалъ, И. Я. Емельянов. — М.: Атомиздат, 1980. — 208 с.
2. Kanareykin, A. I. Simulation of a fuel element made of plutonium dioxide // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Т. 1045. № 1. С. 012070.
3. Kanareykin, A. I. Mathematical modeling of the fuel element of a nuclear reactor taking into account the temperature dependence of the thermal conductivity of the fuel element made of uranium oxide // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 4. Сер. "IV International Scientific and Practical Conference "Actual Problems of the Energy Complex: Physical Processes, Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection"", 2022. С. 012012.
4. Kolpakov A., Tagantsev A. K., Berlyand L., Kanareykin A. Nonlinear dielectric response of periodic composite materials // Journal of Electroceramics. 2007. Vol. 18. № 1-2. pp. 129-137.
5. Крамеров, А. Я. Инженерные расчеты ядерных реакторов / А. Я. Крамеров, Я. В. Шевелев. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 736 с.
6. Newman C., Hansen G., Gaston D. Three-dimensional coupled simulation of thermomechanics, heat, and oxygen diffusion in UO₂ nuclear fuel rods // Journal of Nuclear Materials. – 2009. – Vol. 392. – № 1. – P. 6-15.
7. Симонова О.С., Логинов В.С. Одномерная нестационарная модель тепловыделяющей системы из произвольного числа твэлов и неактивных элементов // Фундаментальные исследования. 2014. № 5–3. С. 503–506.
8. Дунайцев А.А., Солонин В.И. Процессы массообмена в пучках оребренных стержней // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2016. № 1. С. 125–134.
9. Ramirez J. C., Stan M., Cristea P. Simulations of heat and oxygendiffusion in UO₂ nuclear fuel rods // Journal of nuclear materials. – 2006. – Т. 359, № 3. – С. 174-184.
10. Mihaila B. et al. Simulations of coupled heat transport, oxygen diffusion, and thermal expansion in UO₂ nuclear fuel elements // Journal of Nuclear Materials. – 2009. – Vol. 394, № 2. – P. 182-189.
11. Семенович, О.В. Моделирование теплофизических процессов в тепловыделяющих сборках и активных зонах водоохлаждаемых ядерных реакторов / О.В. Семенович // Тезисы докладов и сообщений. XIV Минский международный форум по тепло и массообмену. 23–26 мая 2016 г.: в 3-х т. – Минск: ИТМО им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, 2016. – Т. 3. – С. 410–404.
12. Kang C. H. et al. 3D finite element analysis of a nuclear fuel rod with gap elements between the pellet and the cladding // Journal of Nuclear Science and Technology. – 2015. – pp. 1-8.
13. Власов, Н.М. Тепловыделяющие элементы ядерных ракетных двигателей / Н.М. Власов, И.И. Федик. - М.: ЦНИИ атоминформ, 2001. - 208с.
14. Петухов, Б.С., Генин, А.Г., Ковалев, С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. - М.: Атомиздат, 1974. - 408 с.

15. Иванов, В. В. Распределение температуры в теле эллиптического сечения с внутренним источником тепла. Известия Томского политехнического института: журнал / – Томск: Томский политехнический университет, 1964. – Т. 125. – 67 с.
16. Канарейкин, А. И. Распределение температурного поля в твэле с эллиптическим поперечным сечением // Научные труды Калужского государственного университета им. К.Э. Циолковского, серия: естественные науки. - 2016. – С. 230 – 231.
17. Kanareykin A. 2023. Simplified dynamic model of a nuclear reactor. E3S Web of Conferences 402: 05025.
18. Канарейкин, А. И. Определение температурного поля твэла с переменным объемным тепловыделением при граничном условии первого рода // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности, 2024. Т. 9. - № 8 (46). - С. 137-142.

References

1. Dollezhal N. A., Emelyanov I. Ya. Moscow, Atomizdat Publ., 1980. 208 p.
2. Kanareykin, A. I. Simulation of a fuel element made of plutonium dioxide // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Т. 1045. № 1. p. 012070.
3. Kanareykin, A. I. Mathematical modeling of the fuel element of a nuclear reactor taking into account the temperature dependence of the thermal conductivity of the fuel element made of uranium oxide // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 4. Сер. "IV International Scientific and Practical Conference "Actual Problems of the Energy Complex: Physical Processes, Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection"", 2022. p. 012012.
4. Kanareykin, A. I. Simulation of a fuel element made of plutonium dioxide // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Т. 1045. № 1. p.12070.
5. Kramerov A. Ya., Shevelev Ya. — 2nd ed., revised and supplemented — Moscow: Energoatomizdat, 1984. p. 736
6. Newman C., Hansen G., Gaston D. Three-dimensional coupled simulation of thermomechanics, heat, and oxygen diffusion in UO₂ nuclear fuel rods // Journal of Nuclear Materials. – 2009. – Vol. 392. – № 1. – p. 6-15.
7. Simonova O.S., Loginov V.S. One-dimensional non-stationary model of a heat-generating system from an arbitrary number of fuel rods and inactive elements. 2014. № 5–3. pp. 503–506.
8. Dunaytsev A.A., Solonin V.I. Mass Transfer Processes in Bundles of Finned Rods. 2016. № 1. pp. 125–134.
9. Ramirez J. C., Stan M., Cristea P. Simulations of heat and oxygendiffusion in UO₂ nuclear fuel rods // Journal of nuclear materials. – 2006. – Т. 359, № 3. – pp. 174-184.
10. Mihaila B. et al. Simulations of coupled heat transport, oxygen diffusion, and thermal expansion in UO₂ nuclear fuel elements // Journal of Nuclear Materials. – 2009. – Vol. 394, № 2. – pp. 182-189.
11. Semenovich O.V. Modeling of thermophysical processes in heat-releasing assemblies and active zones of water-cooled nuclear reactors / O.V. Semenovich // Theses of reports and messages. XIV Minsk International Forum on Heat and Mass Transfer. May 23–26, 2016: in 3

- vols. – Minsk: A.V. Luikov ITMO of the National Academy of Sciences of Belarus, 2016. – Т. 3. – pp. 410–404.
12. Kang C. H. et al. 3D finite element analysis of a nuclear fuel rod with gap elements between the pellet and the cladding // *Journal of Nuclear Science and Technology*. – 2015. – pp. 1-8.
 13. Vlasov N.M., Fedik I.I. Heat-Releasing Elements of Nuclear Rocket Engines. Moscow, TsNII atominform Publ., 2001. - 208 p.14.
 14. Petukhov, B.S., Genin, A.G., Kovalev, S.A. Теплообмен в ядерных энергетических установках [Heat transfer in nuclear power plants]. - Moscow: Atomizdat, 1974. - p.408
 15. Ivanov, V. V. Distribution of temperature in the elliptic section body with an internal heat source. Proceedings of the Tomsk Polytechnic Institute: Journal / – Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 1964. – Т. 125. – p. 67
 16. Kanareykin A. I. Распределение температурного поля в твэле с эллиптическим поперечным сечением [Distribution of the temperature field in the fuel rod with an elliptical cross-section]. - 2016. – pp. 230 – 231.
 17. Kanareykin A. 2023. Simplified dynamic model of a nuclear reactor. E3S Web of Conferences 402: 05025.
 18. Kanareykin A. I. Определение температурного поля твэла с переменным объемным тепловыделением при граничном условии первого рода [Determination of the temperature field of the fuel rod with variable volumetric heat release under the boundary condition of the first kind]. Т. 9. - № 8 (46). - pp. 137-142.
-