

<https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.416-424>
УДК 004.4:001.895

Оригинальная статья

Особенности проектирования web-сервиса дидактических материалов

Ю. А. Хритonenко, С. В. Козлов*

ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет», г. Смоленск, Российская Федерация

Адрес: 214000, Российская Федерация, г. Смоленск, ул. Пржевальского, д. 4

* svkozlov1981@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматриваются особенности проектирования web-сервиса дидактических материалов, которые предоставляют учащимся школы возможность интерактивного изучения разных предметов и дополнительную информацию к урокам для самостоятельного изучения. При разработке проекта была учтена специфика возраста целевой аудитории. На основании этого факта разрабатывалась архитектура проектируемого приложения. Таким образом были расширены возможности схожих образовательных сервисов, а именно добавлены система рекомендаций предлагаемых материалов, системы индивидуального рейтинга и возможность создания календарного плана учащегося для повышения уровня самодисциплины. В тексте статьи поэтапно строится схема web-сервиса. Первостепенной задачей является выделение соответствующих типов ролей и их функциональных возможностей, что необходимо для выявления схемы взаимодействия пользователей с сервисом. Второй этап содержит описание построенной файловой системы. Данный шаг позволяет грамотно организовать хранение ресурсов сервиса и оптимизировать нагрузку на сервер. Кроме того, рассматриваются возможности масштабирования модели хранения материалов на распределенную сеть для увеличения производительности web-сервиса. На заключающем этапе были определены сферы задач микросервисов: авторизация/регистрация, администрирование курсов, генерация ответа клиенту в формате html-страниц, отображение списка курсов на основе рекомендаций, продвижение по системе достижений и прохождение курсов учащимися. В процессе проектирования были выбраны такие инструменты разработки, как: система управления базами данных, технологии предоставления мультимедийных материалов, framework написания сервиса наиболее подходящих для решения поставленной задачи. Построенный по вышеуказанной схеме web-сервис дидактических материалов может значительно улучшить учебный процесс, делая его более интересным, эффективным и доступным для учащихся школы.

Ключевые слова: web-сервис, проектирование архитектуры программного средства, дидактические материалы, рекомендательные системы, нереляционные базы данных, организация файловой структуры

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Хритonenко Ю. А., Козлов С. В. Особенности проектирования web-сервиса дидактических материалов // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2024. Т. 20, № 2. С. 416-424. <https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.416-424>

© Хритonenко Ю. А., Козлов С. В., 2024



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



Features of Designing a Web-Service of Didactic Materials

Y. A. Khritonenko, S. V. Kozlov*

Smolensk State University, Smolensk, Russian Federation

Address: 4 Przhevalsky St., Smolensk 214000, Russian Federation

* svkozlov1981@yandex.ru

Abstract

The article deals with the peculiarities of designing a web-service of didactic materials that provide school students with an opportunity for interactive learning of different subjects and additional information to the lessons for self-study. The specifics of the target audience's age were taken into account during the project development. Based on this fact, the architecture of the designed application was developed. In this way the possibilities of similar educational services were extended, namely the system of recommendations of offered materials, individual rating systems and the possibility of creating a student's calendar plan to increase the level of self-discipline were added. In the text of the article the scheme of the web-service is built step by step. The primary task is to identify the appropriate types of roles and their functional capabilities, which is necessary to identify the scheme of user interaction with the service. The second step contains the description of the built file system. This step allows you to organize competently the storage of service resources and optimize the load on the server. In addition, the possibilities of scaling the model of material storage on a distributed network to increase the performance of the web-service are considered. At the concluding stage, the microservices task areas were defined: authorization/registration, course administration, generation of response to the client in the format of HTML-pages, displaying the list of courses based on recommendations, promotion through the achievement system and course completion by students. In the process of designing, we selected such development tools as: database management system, technologies of providing multimedia materials, service writing framework most suitable for the task. The web-service of didactic materials built according to the above scheme can significantly improve the learning process, making it more interesting, effective and accessible to students of the school.

Keywords: web service, software architecture design, didactic materials, recommendation systems, non-relational databases, file structure organization

Conflict of interests: The authors declares no conflict of interest.

For citation: Khritonenko Y.A., Kozlov S.V. Features of Designing a Web-Service of Didactic Materials. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2024;20(2):416-424. <https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.416-424>



Введение

Современные технологии играют важную роль в образовании, особенно при обучении детей в школе¹ [1-3]. Web-сервисы дидактических материалов для школьников – это один из способов использования технологий для обучения² [4].

Web-сервисы дидактических материалов предоставляют школьникам возможность изучения разных предметов в интерактивной форме³ [5-8]. Эти сервисы могут быть использованы как учителями в качестве дополнительных материалов для уроков, так и учениками для самостоятельного изучения материала.

Кроме того, web-сервисы могут быть полезны для школьников с особыми потребностями⁴ [9]. Они могут использовать эти сервисы для изучения материала в более удобной и доступной для себя форме.

Однако, при использовании web-сервисов дидактических материалов для обучения школьников, следует учитывать следующие факторы. Например, необходимо выбирать сервисы, которые соответствуют возрасту и уровню знаний учеников, чтобы обучение было наиболее эффективным. Также важно убедиться, что сервисы, используемые для обучения, являются безопасными и не содержат нежелательного контента для детей. В целом, web-сервисы дидактических материалов для школьников могут значительно улучшить учебный процесс, делая его более интересным, эффективным и доступным для детей [10]. Однако необходимо использовать их с умом и учитывать особенности каждого ученика, чтобы обучение было наиболее эффективным.

Цель исследования

Главной целью настоящей работы является создание проекта архитектуры web-сервиса дидактических материалов для дополнения и углубленного изучения учащимися школьной программы. При создании схемы приложения были учтены особенности, связанные со спецификой возраста целевой аудитории, а именно:

- простой и удобный, для перемещения учащимися по сайту, интерфейс;
- наглядность предоставляемых материалов (графический, аудио и видео контент);
- упрощенный способ размещения материалов на сервисе для учителей;

- игровая форма изучения материалов: система достижений, индивидуальный рейтинг;
- возможность создания плана по изучению материалов для улучшения самодисциплины.

Этапы проектирования web-сервиса дидактических материалов

Первостепенной задачей проектирования информационной системы является разделение пользователей по ролям и выделение их функциональных возможностей. Целью создания сервиса является помощь в изучении школьных дисциплин. Таким образом, естественным выглядит разбиение на учителей и учеников – источник и приемник информационных материалов соответственно. Кроме того, необходимо выделить тип незарегистрированных пользователей (отсутствует профиль). На рисунке 1 приведена диаграмма прецедентов проектируемого web-сервиса.

Для незарегистрированных пользователей в большей степени определены обзорные возможности, направленные на просмотр списка размещенных курсов и общей информации о каждом курсе, поиску и фильтрации курсов по запросу. Так же данному типу необходимо предоставить возможность регистрации и авторизации для получения статуса учащегося или учителя с соответствующим функционалом.

Действия «учителя» на сервисе связаны с созданием и изменением материалов в формате курсов. Также данный тип, как и «учащийся», наследует все возможности незарегистрированных пользователей.

В работе⁵ проведен анализ уже существующих сервисов дидактических материалов и выделены их недостатки. Основными являются: доступ к интернет-ресурсу при низкой скорости соединения или его отсутствии; отсутствие развития социальных навыков при изучении материалов в online формате; неприспособленность сервисов для детей с ограниченными возможностями здоровья. В процессе проектирования описываемого web-сервиса учтены данные недостатки.

Таким образом «учащиеся», помимо работы с курсами, имеют возможность персонализировать отображение страниц с материалами (версия для слабовидящих), получать offline доступ к информационным ресурсам, выбирать тип отображения страниц: стандартный или упрощенный формат при низком

¹ Максимова Н. А. Цифровые инструменты в образовании: современные тенденции // Развитие научно-технического творчества детей и молодежи: Сб. материалов VI Всероссийской НПК с межд. участием. Киров: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2022. С. 92-96. EDN: QQNMIO

² Синякова Н. Д., Козлов С. В. Применение web-сервисов в образовании // Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук : Материалы VI Межд. НПК (школы-семинара) молодых ученых. Тольятти: ТГУ, 2020. С. 977-982. EDN: WVKKEG; Пантелейкин Н. В. Инструменты создания мобильных приложений // XLV Огарёвские чтения: Материалы научной конференции. В 3-х частях, Саранск / Отв. за вып. П. В. Сенин. Ч. 2. Саранск: МГУ им. Н. П. Огарёва, 2017. С. 119-122. EDN: YRCZAB

³ Быков А. А., Киселева О. М. Особенности цифровизации образовательного процесса // Проблемы и тенденции развития социокультурного пространства России: история и современность : Материалы IX Всероссийской НПК / Под ред. Т. И. Рябовой. Брянск: БГИТА, 2022. С. 168-172. EDN: WQZMLZ; Тимофеева Н. М. О цифровых технологиях из арсенала современного преподавателя // Развитие научно-технического творчества детей и молодежи : сб. материалов IV Всероссийской НПК с межд. участием. Вып. 4. Киров: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2020. С. 108-113. EDN: IYZORZ

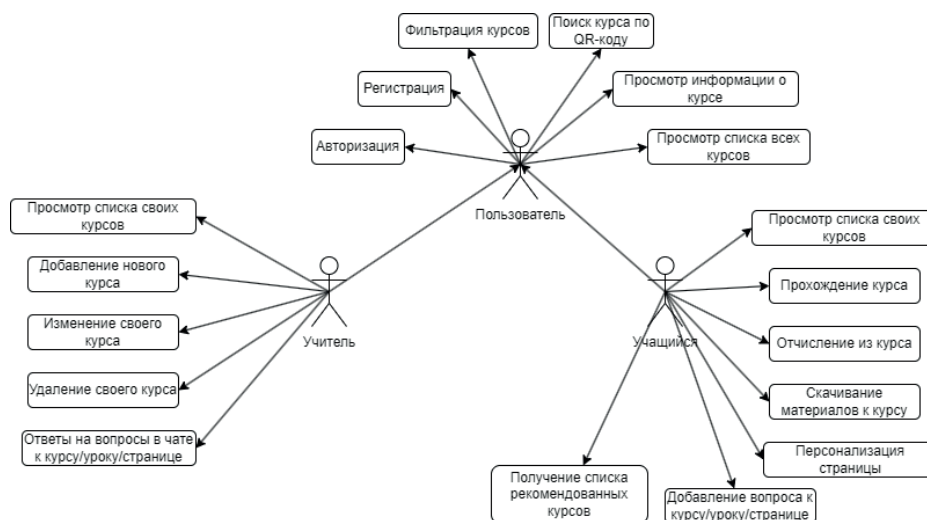
⁴ Быков А. А., Киселева О. М. Информационная и координационная поддержка обучения детей с особыми образовательными потребностями // Организационно-методические аспекты повышения качества образовательной деятельности и подготовки обучающихся по программам высшего и среднего профессионального образования : Сб. статей IV Всероссийской научно-методической конференции. Пенза: ПГАУ, 2022. С. 58-61. EDN: YIZPTO

⁵ Хритonenko Ю. А. Обучение в режиме онлайн: преимущества web-сервисов дидактических материалов // Развитие научно-технического творчества детей и молодежи : Сб. материалов VII Всероссийской НПК с межд. участием. Киров: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2023. С. 187-192. EDN: CDJOWO



соединении интернета и формировать календарный график занятий. Для «учащихся» формируются чаты с обсуждением курсов или конкретных уроков. Участники чата могут не только общаться, но и задавать вопросы создателю курса. Помимо

описанного ранее пользователям типа «учащийся» предоставляются возможность получения индивидуальных достижений и персональных рекомендаций курсов, наиболее подходящих им по сфере интересов.



Р и с. 1. Диаграмма прецедентов многопользовательской информационной системы дидактических материалов

F i g. 1. Case diagram of a multi-user information system of didactic materials

Источник: здесь и далее в статье все рисунки составлены авторами.

Source: Hereinafter in this article all figures were drawn up by the authors.

После определения ролей и возможностей пользователей необходимо составить файловую структуру размещения дидактических материалов. Выбор способа организации объектов влияет на:

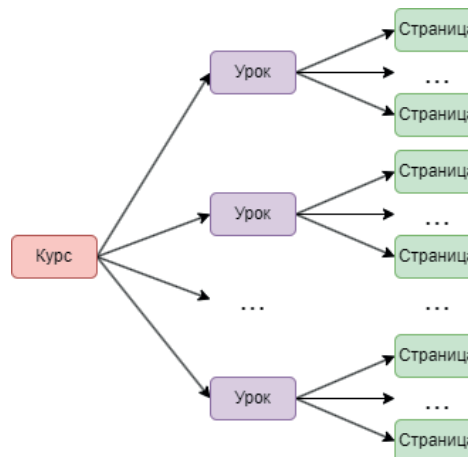
- производительность ответа сервиса при запросах на получение, фильтрацию, добавление и удаление материалов;
- объем хранящихся данных;
- степень масштабируемости при дальнейшем развитии проекта;

Основной единицей информации, в разрабатываемом сервисе, является курс, разделенный на уроки. Каждый урок, в свою очередь, состоит из страниц трех типов: теоретические материалы (текст, изображение); страницы с мультимедийными материалами; тестовые задания. Схема курса представлена на рисунке 2.

Естественной, в рамках данной задачи, является классификация курсов по классам и дисциплинам, свойственным определенному классу (рис. 2). Описанное деление позволяет выполнять фильтрацию материалов и давать рекомендации на изучение исходя из уровня учащегося.

Идентификатором страницы в описанной файловой структуре является слово, состоящее из 7 байт. Каждый байт определяет структурный элемент объектов в хранилище, а именно: 1-й байт – класс; 2-й байт – дисциплина; 3-5 байты – курс; 6-й байт – урок; 7-й байт – номер страницы. Выбранный способ идентификации объектов позволяет классифицировать страницы по составным

частям присвоенного уникального ключа. По полученным идентификаторам составляется индексный файл с полями «ключ» – «значение», где ключом является присвоенное слово, а значением путь к файлу страницы. Следовательно, данная схема описывается структурой данных словарь (*dictionary*)⁶, который позволяет выполнять операции добавления, поиска, получения и удаления элементов с вычислительной сложностью $O(1)$.

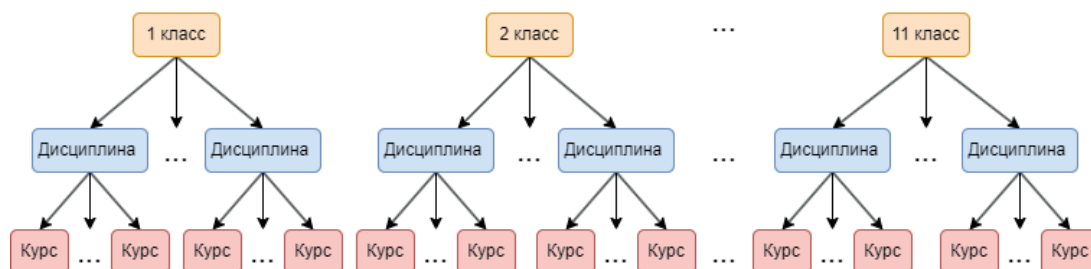


Р и с. 2. Схема отдельно взятого курса

F i g. 2. Scheme of a single course

⁶ Ferrone H. Learning C# by Developing Games with Unity 2020: An enjoyable and intuitive approach to getting started with C# programming and Unity. 5th ed. Packt Publishing Ltd, 2020. P. 101-105.





Р и с. 3. Схема классификации курсов

Fig. 3. Course classification scheme

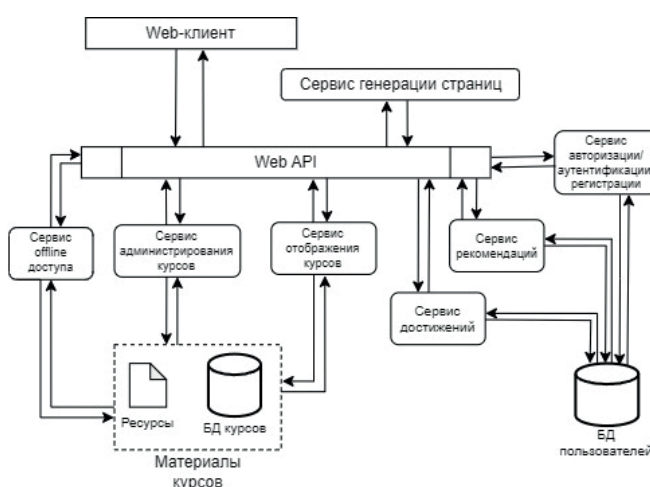
Данный способ идентификации позволяет хранить информацию о содержимом страницы отдельно от данных о принадлежности к классу/дисциплине/курсу/уроку. Кроме этого, существует возможность масштабирования разбиения или добавления других уровней образования, путем увеличения байт в идентифицирующем слове.

В качестве модели хранения материалов, в рамках описанной файловой структуры, лучшим применением будут нереляционные (NoSQL) базы данных⁷, которые предоставляют следующие преимущества:

- гибкость структуры данных. Информация на страницах состоит из неструктурированных данных: видео- и аудио контента, текстового и графического материала любых размеров и тестовых заданий;
- масштабируемость, путем добавления серверов для увеличения производительности и пропускной способности сервиса.
- высокая производительность. NoSQL базы данных обычно предлагают высокую производительность при обработке больших объемов данных или при выполнении сложных запросов.

Хранение данных в формате JSON позволяет производить добавление уроков, не придерживаясь строгой структуры, и освобождает от написания страниц с применением html разметки. Такой формат хранения также позволяет создавать шаблонные страницы и обновлять информацию путем изменения источника материалов. Таким образом каждый урок будет представлять являться одностраничным отображением данных с динамически изменяемым интерфейсом.

Следующий шаг проектирования – разработка архитектуры web-сервиса. В рамках поставленной задачи целесообразным является построение web-приложения с применением микросервисного подхода [11]. Каждый такой сервис максимально автономен и направлен на выполнение конкретной задачи. Данный способ организации web-сервиса позволяет вести модульную разработку приложения и при необходимости изменять функционал модулей, не затрагивая другие микросервисы. Кроме того, разделение монолитной базы данных позволяет распределить работу сервиса на отдельные сервера. На рисунке 4 представлена схема архитектуры проектируемого web-сервиса.



Р и с. 4. Архитектура разрабатываемого web-сервиса дидактических материалов

Fig. 4. Architecture of the developed web service of didactic materials

При выбранной архитектуре web-сервиса монолитная база данных разделена на фрагменты. Данная схема позволяет распределить работу приложения на отдельные сервера и использовать для отдельных экземпляров БД различные системы управления. Уменьшение объема данных, содержащихся в каждом из фрагментов, положительно влияет на сложность администрирования и поддержания каждой БД.

В качестве интерфейса доступа к ресурсам сервера используется Web API [12]. К преимуществам данной концепции относятся:

- описательные заголовки сообщений – ответ сервера может содержать информацию о типе передаваемых данных, схеме безопасности, и способе кэширования;
 - поддержка всех типов данных – возможность передавать как двоичные файлы (видео, аудио, изображения, документы), так и JSON и HTML файлы;
 - ресурсно-ориентированный сервис – предоставление ресурсов в соответствии с архитектурой REST [13, 14];
 - Простая конфигурация и настройка.
- Платформа ASP.NET от Microsoft предоставляет готовый шаблон для создания Web API приложений. Использование данной

⁷ Strauch C. NoSQL Databases // Lecture Notes. Stuttgart Media University, 2011. URL: <https://www.christof-strauch.de/nosql dbs.pdf> (дата обращения: 25.01.2024).



технологии также позволит использовать встроенные наборы инструментов, упрощающих процесс разработки web-сервиса. Кроме этого, платформа ASP.NET [15] имеет подробную документацию и множество руководств создания приложений.

На рисунке 4 отображены микросервисы, входящие в состав проектируемого приложения. Далее следует описание каждого из представленных модулей.

Сервис авторизации/аутентификации/регистрации предоставляет функционал для создания нового профиля, получения данных о существующем профиле, подтверждения прав на выполнение действий и идентификации пользователя по jwt-токену⁸ [16, 17]. Все запросы, поступающие на web-api, обрабатываются данным модулем для подтверждения уровня доступа на выполнение запрашиваемых действий.

Сервис генерации страниц является промежуточным слоем перед отправкой ответа клиенту. В данном микросервисе объединены функции как для персонализации, так и для генерации страниц по заданным шаблонам.

При отправлении ответа web-клиенту данный сервис подгружает необходимые настройки отображения страницы (контрастность, размер шрифта), определенные пользователем. Также при выборе необходимой настройки в профиле пользователя («Плохое интернет соединение») страницы будут отображаться в упрощенном варианте, без применения дополнительных css-стилей и других надстроек интерфейса.

При прохождении уроков применяется технология Single Page Application [18-21], позволяющая изменять наполнение страницы без ее обновления. Использование данного метода позволяет увеличить скорость загрузки следующей страницы урока по сравнению с многостраничными приложениями. Кроме этого, преимуществом применения SPA является гибкость и отзывчивость интерфейса.

Сервис администрирования курсов при авторизации пользователя в роли «учитель» предоставляет возможности по просмотру, добавлению, изменению и удалению материалов. При этом доступ на изменение и удаление возможен только для курсов, разработанных самим пользователем. Кроме того, «учителю» доступна возможность оставлять комментарии или запрос на удаление к материалам, размещенным другими пользователями. Данная функция реализована в качестве контроля за выкладываемыми материалами.

Сервис отображения курсов является обработчиком информационных материалов для типа пользователя «учащийся». Данный модуль выполняет поиск ресурсов, требуемых при загрузке страницы с материалами урока. К действиям микросервиса относятся: выбор формата изображений (jpeg, webp) [22] в зависимости от характеристик браузера клиента, передача видео с использованием протокола HLS [23] и передача аудио файлов. Сервис рекомендаций является контент-ориентированной рекомендательной системой [24, 25] и влияет на порядок отображения элементов списка курсов у учащихся. Предложения формируются на основе интересов учащегося, заполняемых при регистрации, курсов, оцененных или пройденных пользователями со схожими профилями, уровня обучения и средней оценки курсов. У каждого авторизованного пользователя

существует возможность оценивать курс. По данным оценкам рассчитывается среднее взвешенное и результат записывается в рейтинг курса, при этом вес оценки учителя больше, чем оценки учащегося.

В сервисе достижений обрабатываются данные о пройденных «учащимся» курсах и добавляются символические награды в профиль пользователя. Примеры: «Первый пройденный курс», «Курс, пройденный без ошибок», «Изучение курсов из разных дисциплин» и т.д. Кроме системы достижений пользователи набирают баллы за изучение материалов курса и выполнение тестовых заданий. За определенное количество полученных баллов повышается уровень. При этом нельзя посмотреть уровень других пользователей и отсутствует «таблица лидеров». Данная система служит для повышения интереса учащегося к прохождению курсов. Помимо системы достижений и уровней данный микросервис предоставляет возможность составления плана обучения.

Сервис offline доступа предоставляет возможность скачивать материалы курса. Для скачивания доступны курс целиком, уроки или отдельные страницы. Страницы с текстовым и графическим материалами преобразуются в pdf файл, а тестовые задания записываются в формате контрольных вопросов. Видео и аудио материалы скачиваются в соответствующих форматах. При скачивании уроков или курсов создается архив, куда добавляются все необходимые материалы по правилам, определенным ранее.

Полученные результаты

В ходе данной статьи были предложены способы решения проблем, связанных с низким уровнем интернет-соединения и доступности для детей с ОВЗ. При проектировании использовались современные технологии и концепции разработки web-сервисов, такие как:

- NoSQL базы данных;
- микросервисный подход;
- jwt-токены;
- SPA-приложения;
- рекомендательные системы.

Применение идей, используемых в данной статье, позволит разработать интернет-ресурс, который послужит площадкой дополнительного и углубленного образования. Такой сервис будет интересен учащимся и удобен в применении учителям.

Заключение

Проектирование архитектуры является важным этапом процесса разработки, определяющие основные концепции и закладывающее фундамент будущего приложения. В статье был описан способ создания схемы web-сервиса дидактических материалов. Были предложены варианты решения недостатков уже существующих аналогичных сервисов и учтены особенности, описанные в целях данной работы. Материал статьи не является пошаговым руководством создания web-сервиса, а лишь описывает один способ проектирования архитектуры приложения основываясь на специфике возраста целевой аудитории.

⁸ Jones M., Bradley J., Sakimura N. JSON Web Token (JWT). May 2015. RFC 7519. P. 1-30. <https://doi.org/10.17487/RFC7519>; Jones M., Campbell B., Mortimore C. JSON Web Token (JWT) Profile for OAuth 2.0 Client Authentication and Authorization Grants. May 2015. RFC 7523. P. 4-5. <https://doi.org/10.17487/RFC7523>



Список использованных источников

- [1] Добротин Д. Ю., Добротина И. Н. Использование цифровых и нейросетевых инструментов в школьном образовании // Педагогика. 2024. Т. 88, № 11. С. 77-84. EDN: DPDZVN
- [2] Козлов С. В. Особенности обучения школьников информатике в профильной школе // Концепт. 2014. № 1. С. 31-35. EDN: RTWXXKX
- [3] Махотин Д. А., Никитин И. М. Обновление содержания технологического образования в условиях развития цифровых технологий: мнение педагогов и руководителей общеобразовательных организаций // Интерактивное образование. 2020. № 3-4. С. 71-74. EDN: IXODLX
- [4] Обзор современных средств разработки мобильных приложений / Н. В. Ильдухина, Д. Ю. Гордеев, А. Ф. Замалетдинов, С. Д. Старыгина // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 4. С. 22-26. EDN: ZHFLPN
- [5] Тарасова А. В. Цифровизация современного образования: проблемы и перспективы // Проектирование. Опыт. Результат. 2024. № 2. С. 67-73. EDN: CIMFUK
- [6] Годин В. В., Терехова А. Е. Современный опыт цифровизации образования // Вестник университета. 2021. № 4. С. 37-43. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2021-4-37-43>
- [7] Онлайн-сервисы как средство обучения в школе / М. О. Тенякина, К. И. Быкова, М. В. Богданова, Ю. И. Кругляк // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 10(136). С. 21. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.136.10>
- [8] Кузнецов А. А. Электронная образовательная среда нового типа на базе кросс-платформенной модели обучения: методика и апробация // Вестник Московского университета. Серия 20: Педагогическое образование. 2021. № 1. С. 57-75. <https://doi.org/10.51314/2073-2635-2021-1-57-75>
- [9] Косова Е. А. Веб-доступность в электронном обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья: современное состояние проблемы // Педагогика и психология образования. 2020. № 4. С. 35-48. <https://doi.org/10.31862/2500-297X-2020-4-35-48>
- [10] Грушевский С. П., Назаров А. В., Назарова О. В. Модель проектирования интерактивного дидактического контента посредством свободного и российского программного обеспечения // Информатика и образование. 2023. Т. 38, № 2. С. 47-56. <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2023-38-2-47-56>
- [11] Cerny T., Donahoo M. J., Trnka M. Contextual understanding of microservice architecture: current and future directions // ACM SIGAPP Applied Computing Review. 2018. Vol. 17, No. 4. P. 29-45. <https://doi.org/10.1145/3183628.3183631>
- [12] Maleshkova M., Pedrinaci C., Domingue J. Investigating Web APIs on the World Wide Web // 2010 Eighth IEEE European Conference on Web Services. Ayia Napa, Cyprus: IEEE Press; 2010. P. 107-114. <https://doi.org/10.1109/ECOWS.2010.9>
- [13] Neumann A., Laranjeiro N., Bernardino J. An analysis of public REST web service APIs // IEEE Transactions on Services Computing. 2018. Vol. 14, No. 4. P. 957-970. <https://doi.org/10.1109/TSC.2018.2847344>
- [14] Li L., Chou W. Design and Describe REST API without Violating REST: A Petri Net Based Approach // 2011 IEEE International Conference on Web Services. Washington, DC, USA: IEEE Press, 2011. P. 508-515. <https://doi.org/10.1109/ICWS.2011.54>
- [15] Lakshmiraghavan B. Two-Factor Authentication // Pro ASP.NET Web API Security. Berkeley, CA: Apress, 2013. P. 319-343. https://doi.org/10.1007/978-1-4302-5783-7_14
- [16] Ahmed S., Mahmood Q. An authentication based scheme for applications using JSON web token // 2019 22nd International Multitopic Conference (INMIC). Islamabad, Pakistan: IEEE Press, 2019. P. 1-6. <https://doi.org/10.1109/INMIC48123.2019.9022766>
- [17] Rahmatulloh A., Gunawan R., Nursuwars F. M. S. Performance comparison of signed algorithms on JSON Web Token // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 550, No. 1. Article number: 012023. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/550/1/012023>
- [18] Jadhav M. A., Sawant B. R., Deshmukh A. Single page application using angularjs // International Journal of Computer Science and Information Technologies. 2015. Vol. 6, No. 3. P. 2876-2879. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/403/1/012063>
- [19] Joseph R. J. Single Page Application and Canvas Drawing // International Journal of Web & Semantic Technology (IJWesT). 2015. Vol. 6, No. 1. P. 29-36. <https://doi.org/10.5121/ijwest.2015.6103>
- [20] Fink G., Flatow I. SPA Concepts and Architecture // Pro Single Page Application Development. Berkeley, CA: Apress, 2014. P. 49-66. https://doi.org/10.1007/978-1-4302-6674-7_4
- [21] Müller-Lobeck A., Zhang G. Model-Driven Development of Single Page Applications // Web Engineering. ICWE 2024. Lecture Notes in Computer Science; ed. by K. Stefanidis, K. Systä, M. Matera, S. Heil, H. Kondylakis, E. Quintarelli. Vol. 14629. Cham: Springer, 2024. P. 441-447. https://doi.org/10.1007/978-3-031-62362-2_41
- [22] Öztürk E., Mesut A. Performance Evaluation of JPEG Standards, WebP and PNG in Terms of Compression Ratio and Time for Lossless Encoding // 2021 6th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK). Ankara, Turkey: IEEE Press, 2021. P. 15-20. <https://doi.org/10.1109/UBMK52708.2021.9558922>
- [23] Nuñez L., Toasa R. M. Performance evaluation of RTMP, RTSP and HLS protocols for IPTV in mobile networks // 2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). Seville, Spain: IEEE Press, 2020. P. 1-5. <https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9140848>
- [24] Shani G., Gunawardana A. Evaluating Recommendation Systems // Recommender Systems Handbook; ed. by F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira, P. Kantor. Boston, MA: Springer, 2011. P. 257-297. https://doi.org/10.1007/978-0-387-85820-3_8



- [25] Преображенский Ю. П., Коновалов В. М. О методах создания рекомендательных систем // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4(31). С. 75-79. EDN: ОНЕКТК

Поступила 25.01.2024; одобрена после рецензирования 13.03.2024; принята к публикации 15.05.2024.

Об авторах:

Хритonenко Юлия Александровна, магистрант физико-математического факультета, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет» (214000, Российская Федерация, г. Смоленск, ул. Пржевальского, д. 4), ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0042-1729>, khritonenko.yulya@mail.ru

Козлов Сергей Валерьевич, заведующий кафедрой прикладной математики и информатики физико-математического факультета, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет» (214000, Российская Федерация, г. Смоленск, ул. Пржевальского, д. 4), кандидат педагогических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9945-2098>, svkozlov1981@yandex.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- [1] Dobrotin D.Yu., Dobrotina I.N. Implemetation of digital and neural network tools in school education. *Pedagogika*. 2024;88(11):77-84. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: DPDZVN
- [2] Kozlov S.V. *Osobennosti obuchenija shkol'nikov informatike v profil'noj shkole* [Features of training pupils in computer science in the profile school]. *Koncept* = Concept. 2014;(1):31-35. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: RTWXXK
- [3] Makhotin D.A., Nikitin I.M. Updating the content of technological education in the context of the development of digital technologies: the opinion of teachers and heads of general education organizations. *Interaktivnoe obrazovanie* = Interactive education. 2020;(3-4):71-74. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: IXODLX
- [4] Ildukhina N.V., Gordeev D.Yu., Zamaletdinov A.F., Starygina S.D. Review of modern development means of mobile applications. *Modern high technologies*. 2019;(4):22-26. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: ZHFLPN
- [5] Tarasova A.V. Digitalization of modern education: problems and prospects. *Proektirovanie. Opyt. Rezul'tat*. 2024;(2):67-73. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: CIMFUK
- [6] Godin V.V., Terekhova A.E. Contemporary experience of education digitalization. *Vestnik universiteta*. 2021;(4):37-43. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2021-4-37-43>
- [7] Tenyachkina M.O., Bykova K.I., Bogdanova M.V., Kruglyak Y.I. Online services as a means of learning in school. *International Research Journal*. 2023;(10):21. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.136.10>
- [8] Kuznecov A.A. New type of e-learning environment based on a cross-platform learning model: methodology and testing. *Lomonosov Pedagogical Education Journal*. 2021;(1):57-75. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.51314/2073-2635-2021-1-57-75>
- [9] Kosova Ye.A. Web accessibility in e-learning persons with disabilities: Current state of the problem. *Pedagogy and Psychology of Education*. 2020;(4):35-48. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.31862/2500-297X-2020-4-35-48>
- [10] Grushevsky S.P., Nazarov A.V., Nazarova O.V. Model for designing interactive didactic content through free and Russian software. *Informatics and education*. 2023;38(2):47-56. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2023-38-2-47-56>
- [11] Cerny T., Donahoo M. J., Trnka M. Contextual understanding of microservice architecture: current and future directions. *ACM SIGAPP Applied Computing Review*. 2018;17(4):29-45. <https://doi.org/10.1145/3183628.3183631>
- [12] Maleshkova M., Pedrinaci C., Domingue J. Investigating Web APIs on the World Wide Web. In: 2010 Eighth IEEE European Conference on Web Services. Ayia Napa, Cyprus: IEEE Press; 2010. p. 107-114. <https://doi.org/10.1109/ECOWS.2010.9>
- [13] Neumann A., Laranjeiro N., Bernardino J. An analysis of public REST web service APIs. *IEEE Transactions on Services Computing*. 2018;14(4):957-970. <https://doi.org/10.1109/TSC.2018.2847344>
- [14] Li L., Chou W. Design and Describe REST API without Violating REST: A Petri Net Based Approach. In: 2011 IEEE International Conference on Web Services. Washington, DC, USA: IEEE Press; 2011. p. 508-515. <https://doi.org/10.1109/ICWS.2011.54>
- [15] Lakshmiraghavan B. Two-Factor Authentication. In: Pro ASP.NET Web API Security. Berkeley, CA: Apress; 2013. p. 319-343. https://doi.org/10.1007/978-1-4302-5783-7_14
- [16] Ahmed S., Mahmood Q. An authentication based scheme for applications using JSON web token. In: 2019 22nd International Multitopic Conference (INMIC). Islamabad, Pakistan: IEEE Press; 2019. p. 1-6. <https://doi.org/10.1109/INMIC48123.2019.9022766>
- [17] Rahmatulloh A., Gunawan R., Nursuwars F.M.S. Performance comparison of signed algorithms on JSON Web Token. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019;550(1):012023. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/550/1/012023>
- [18] Jadhav M.A., Sawant B.R., Deshmukh A. Single page application using angularjs. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*. 2015;6(3):2876-2879. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/403/1/012063>
- [19] Joseph R. J. Single Page Application and Canvas Drawing. *International Journal of Web & Semantic Technology (IJWesT)*. 2015;6(1):29-36. <https://doi.org/10.5121/ijwest.2015.6103>
- [20] Fink G., Flatow I. SPA Concepts and Architecture. In: Pro Single Page Application Development. Berkeley, CA: Apress; 2014. p. 49-66. https://doi.org/10.1007/978-1-4302-6674-7_4



- [21] Müller-Lobeck A., Zhang G. Model-Driven Development of Single Page Applications. In: Stefanidis K., Systä K., Matera M., Heil S., Kondylakis H., Quintarelli E. (eds.) Web Engineering. ICWE 2024. *Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 14629. Cham: Springer; 2024. p. 441-447. https://doi.org/10.1007/978-3-031-62362-2_41
- [22] Öztürk E., Mesut A. Performance Evaluation of JPEG Standards, WebP and PNG in Terms of Compression Ratio and Time for Lossless Encoding. In: 2021 6th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK). Ankara, Turkey: IEEE Press; 2021. p. 15-20. <https://doi.org/10.1109/UBMK52708.2021.9558922>
- [23] Nuñez L., Toasa R.M. Performance evaluation of RTMP, RTSP and HLS protocols for IPTV in mobile networks. In: 2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). Seville, Spain: IEEE Press; 2020. p. 1-5. <https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9140848>
- [24] Shani G., Gunawardana A. Evaluating Recommendation Systems. In: Ricci F., Rokach L., Shapira B., Kantor P. (eds.) Recommender Systems Handbook. Boston, MA: Springer; 2011. p. 257-297. https://doi.org/10.1007/978-0-387-85820-3_8
- [25] Preobrazhenskiy Yu.P., Konovalov V.M. About methods for creating recommendation systems. Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. 2019;(4):75-79. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: OHEKTK

Submitted 25.01.2024; approved after reviewing 13.03.2024; accepted for publication 15.05.2024.

About the authors:

Yulya A. Khritonenko, Master Degree Student of the Faculty of Physics and Mathematics, Smolensk State University (4 Przhhevsky St., Smolensk 214000, Russian Federation), **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0003-0042-1729>, khritonenko.yulya@mail.ru

Sergey V. Kozlov, Head of the Chair of Applied Mathematics and Informatics, Faculty of Physics and Mathematics, Smolensk State University (4 Przhhevsky St., Smolensk 214000, Russian Federation), Cand. Sci. (Ped.), Associate Professor, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9945-2098>, svkozlov1981@yandex.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

