

ОГЛАВЛЕНИЕ

Р. Р. Галиев, К. А. Григорян

РАЗРАБОТКА МУЛЬТИОБЛАЧНОГО СЕРВИСА ДЛЯ МИГРАЦИИ ОБЛАЧНЫХ
РЕСУРСОВ 2–14

В. В. Наумова, В. С. Ерёменко, А. С. Еременко, А. А. Загумённов, М. И. Патук
ОТ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕОЛОГИИ К ЕДИНОМУ ЦИФРОВОМУ ПРОСТРАНСТВУ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ 15–41

О. А. Невзорова, К. С. Николаев

НАУЧНЫЕ ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СЕРВИСЫ НА ПЛАТФОРМЕ LOBACHEVSKII-DML
42–63

М. Ю. Новиков

ПОДХОД К ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ И КОНТРОЛЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТА В
ХОДЕ ПРОСМОТРА ВИДЕОЛЕКЦИИ 64–74

Б. Е. Стариченко, Л. В. Сардак

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ШКОЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ – ОТ ЦЕЛЕЙ ОБУЧЕНИЯ К
ТЕХНОЛОГИЯМ 75–86

Ч. И. Фатихов, К. А. Григорян

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ О ПЕРЕМЕЩЕНИИ ЛЮДЕЙ ВНУТРИ
ПОМЕЩЕНИЯ 87–102

РАЗРАБОТКА МУЛЬТИОБЛАЧНОГО СЕРВИСА ДЛЯ МИГРАЦИИ ОБЛАЧНЫХ РЕСУРСОВ

Р. Р. Галиев¹ [0000-0002-5404-7088], К. А. Григорян² [0000-0001-6470-1832]

^{1, 2}Казанский (Приволжский) федеральный университет, ул. Кремлевская,
35, г. Казань, 420008

¹galiffun@gmail.com, ²karigri@yandex.ru

Аннотация

Важным фактором взрывного развития цифровой экономики последнего десятилетия стали облачные платформы и сервисы. Возможность быстрого масштабирования сервиса в совокупности со снижением инвестиционных затрат на старте проектов в рамках подходов Iaas, PaaS, SaaS дала положительные результаты и легла в основание новых бизнес-моделей и корпоративных решений.

В данной статье мы обсуждаем причины значимости мультиоблачности и исследуем подходы к интеграции облачных сервисов в мультиоблачной архитектуре. Также предложен способ решения проблемы облачной миграции — разработка системы для миграции облачных ресурсов между облачными сервисами.

Ключевые слова: мультиоблачность, облачная миграция, облачные функции, бессерверные вычисления.

ВВЕДЕНИЕ

С ростом числа пользователей информационных систем встает вопрос о росте производительности и масштабируемости системы. Из-за простоты и выгоды многие компании предпочитают использовать горизонтальное масштабирование, увеличивая число экземпляров приложения. Для развертывания новых экземпляров приложения необходимо больше вычислительных мощностей, которые требуют дополнительных затрат. Данную проблему помогают решить облачные сервисы, предоставляющие платные услуги по использованию вычислительных ресурсов. В последние годы их популярность возрастает – согласно исследованию, проведенному компанией Gartner, в 2021 году затраты на облачные ре-

сурсы должны были возрасти на 23% [1]. Ведущими представителями зарубежного рынка являются Amazon, Google, Microsoft и Alibaba [2]. В последние годы российский рынок облачных решений активно развивается, его крупными представителями являются Яндекс, Сбер и МТС [3].

Несмотря на все плюсы, использование облачных сервисов несет ряд недостатков и рисков для информационной системы [4]. Важными недостатками являются:

1. Зависимость от провайдера: применение только одного облачного сервиса лишает информационные системы гибкости. Так, например, некоторые поставщики могут не предоставлять определенные SaaS услуги. Другим критическим риском является полная зависимость инфраструктуры информационной системы от облачного сервиса – в случае непредвиденных ситуаций возможен рост стоимости и потеря данных [5].

2. Несоответствие законодательным актам: некоторые страны имеют особые законодательные акты, связанные с хранением данных пользователей, являющихся гражданами данной страны. Например, федеральный закон №242-ФЗ [6] ограничивает место хранения и обработки персональных данных граждан России ее территорией. Сервера Microsoft Azure не расположены на территории РФ, поэтому можно использовать данный облачный сервис через партнера поставщика облачных решений [7].

Из-за большого числа рисков и недостатков некоторые компании используют несколько публичных облаков вместо одного. Такое решение называется мультиоблачность – использование более одного облачного сервиса [4], [8]. Данный подход популярен – 61% компаний использует более одного облачного провайдера (согласно исследованию, которое было проведено компанией ЕМА в 2017 году [9], [10]). Более новые исследования говорят о том, что 92% компаний используют услуги более 1 поставщика, а среднее число используемых облачных сервисов составляет 2.6 [11]. Согласно другому исследованию, к 2022 году более 90% компаний будут использовать несколько облачных сервисов [12]. Плюсами использования нескольких поставщиков облачных услуг являются гибкость, надежность и доступность, а также оптимизация стоимости.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

На сегодняшний день на практике применяется большое число различных способов построения и управления жизненным циклом мультиоблачных приложений. Все эти способы можно условно отнести к двум категориям на основании того, используется в них или нет оркестрация контейнеров при интеграции различных облачных сервисов. Далее описаны некоторые способы интеграции из каждой выделенной категории.

Способы интеграции, использующие оркестрацию контейнеров. Способы интеграции, принадлежащие к данной категории, основаны на оркестрации контейнеров. В последние годы все больше компаний использует данную технологию – число контейнеров под управлением оркестратора выросло до 90%, начиная с 2018 года [13]. Популярными также являются as service услуги, связанные с оркестраторами [13].

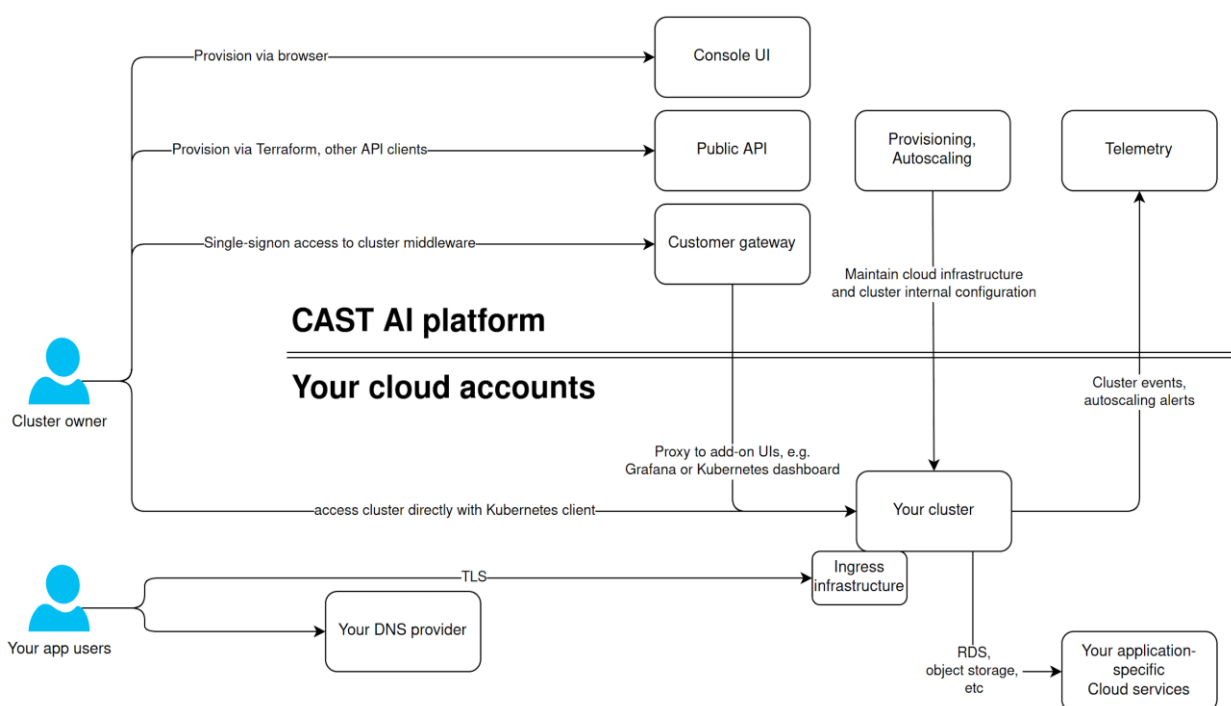


Рис. 1. Высокоуровневая архитектура cast.ai. Источник: Cluster architecture – CAST AI Documentation. URL: <https://docs.cast.ai/concepts/cluster-architecture/>

1. Cast.ai (рис. 1) –это сервис, запущенный в 2020 году, который позволяет оптимизировать использование облачных услуг с помощью использования технологий машинного обучения [14]. Оптимизация производится как для стоимости,

так и для мощностей кластера. Сервис позволяет как подсоединить существующий managed Kubernetes кластер (с поддержкой AWS, Azure, Google Cloud Platform) к движку CAST, так и создать новый. Сетевая связность кластера между различными облачными сервисами обеспечивается за счет создания частных сетей и VPN, позволяющих узлам общаться между собой.

2. Google Anthos (рис. 2) – это платформа управления гибридными приложениями, развернутыми в облачных сервисах, которая поддерживает контейнеры, микросервисы и Function-as-a-Service. Архитектурно Anthos представляет собой несколько сервисов, которые позволяют мигрировать существующим приложениям в облачную инфраструктуру, а также управлять развертыванием и взаимодействием приложений в мультиоблачной среде. За счет использования Anthos пользователи Google Cloud Platform могут управлять кластерами Kubernetes, узлы которых могут быть расположены в различных публичных облаках или даже локальных датацентрах. Взаимодействие сервисов, находящихся в разных облаках, осуществляется за счет сервисной сети Istio.

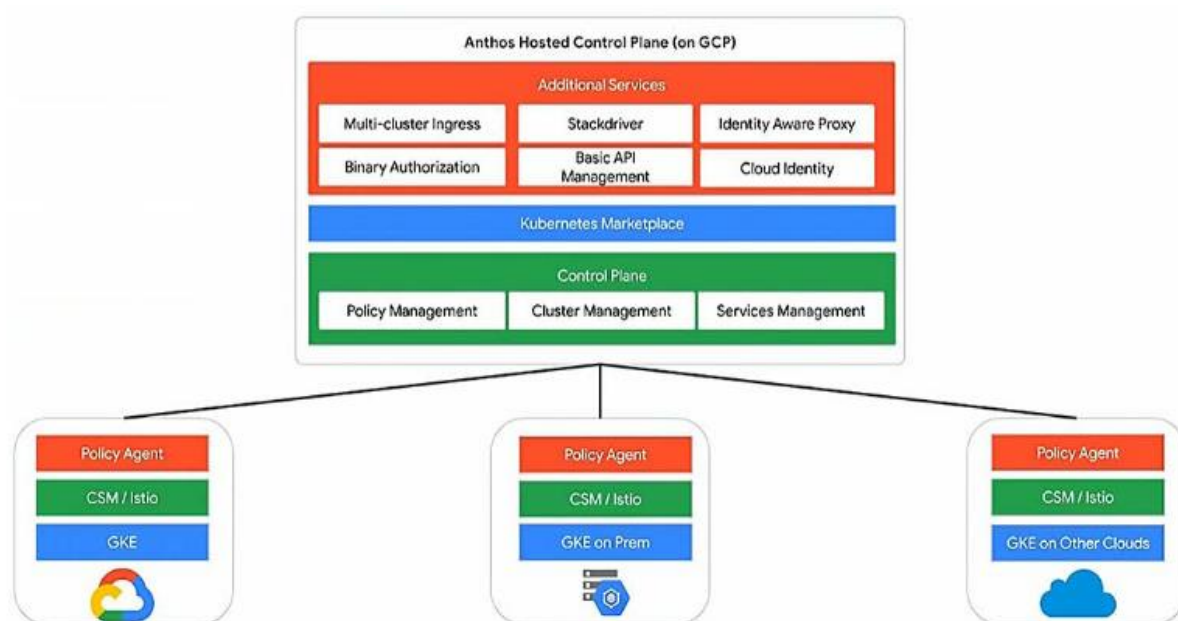


Рис. 2. Компоненты Athos. Источник: Reference Architecture for Google Cloud's Anthos with Lenovo ThinkAgile VX. URL: <https://lenovopress.com/lp1215.pdf>

Способы интеграции, не использующие оркестрацию контейнеров. Для работы данных способов не нужен работающий кластер оркестратора контейнеров, их представители могут использовать математические модели, сетевые конфигурации или шаблоны проектирования.

1. Частные сети и каналы связи. Популярность мультиоблачности привела к появлению сервисов, предоставляющих услуги по созданию частных соединений 3 уровня OSI, которые обеспечивают сетевую связность между облачными сервисами, а также безопасность за счет прохода трафика через частную сеть [15]. При этом требования к безопасности для некоторых информационных систем не позволяют трафику проходить через посторонние частные сети, не являющиеся сетью облачного провайдера. В таком случае для обеспечения сетевой связности можно использовать частные каналы связи, например, AWS Direct Connect и Azure ExpressRoute. При использовании частного канала связи конфигурация маршрутизации трафика в частной сети пользователя обеспечивает связь между облачными сервисами.

2. Melodic Cloud (рис. 3). Melodic Cloud – это платформа для автоматизации развертывания приложений, в том числе в различных облачных сервисах. Данный программный продукт также позволяет оптимизировать работу сервиса, улучшая в первую очередь производительность и надежность, а не стоимость. Для запуска приложения необходимо описать его инфраструктуру при помощи DSL языка CAMEL, который позволяет описать процесс развертывания, а также нефункциональные требования, такие как безопасность и масштабируемость [16–18]. За счет использования языка можно реализовать инфраструктуру без оркестрации контейнеров. После описания модели строится математическая модель, которая решается при помощи программирования в ограничениях [19, 20], стохастических обучающих автоматов и методов машинного обучения. На основе решения модели вычисляется конфигурация развертывания приложения.



Рис. 3. Архитектура платформы Melodic. Источник: Complete set of documentation to start using multicloud and MELODIC. URL: <https://melodic.cloud/guidebooks/>

МЕТОДОЛОГИЯ

В данном разделе описан предлагаемый нами подход к миграции облачных функций в мультиоблачной среде. Для исходного языка функций были выбраны два языка – Java и Python. Выбранные облачные сервисы – AWS и Yandex.Cloud.

Для получения метаданных об облачной функции необходимо сделать запрос к API облачного сервиса. В AWS для этого необходимо сделать запрос List-Functions для получения списка созданных Lambda функций. Собрав метаданные функций, нужно получить их код. Для этого потребуется запрос GetFunction, где из объекта Code в ответе от API можно получить ссылку на S3 хранилище с архивом, в котором лежит JAR архив приложения вместе с его зависимостями. Непосредственно код функции можно получить, достав данные из архива, используя имена класса и метода, указанные в свойстве Handler объекта Configuration.

Для использования облачной функции в другом сервисе необходимо адаптировать ее код к требованиям данного сервиса. Конвертация кода зависит от используемого языка программирования. Для Python необходимо просто заменить объект контекста облачной функции на другой. Для этого нужно создать адаптер контекста AWS к контексту Yandex.Cloud. Подменяется контекст за счет использования декораторов в Python. Для языка программирования Java при переносе

кода функции помимо замены класса контекста необходимо реализовать иной интерфейс. В случае AWS облачные функции реализуют функциональный интерфейс `RequestHandler<Request, Response>`, а в случае `Yandex.Cloud` функции реализуют функциональный интерфейс `YcFunction<Request, Response>`. Таким образом, для миграции функции необходимо привести функцию к другому интерфейсу, изменив как имя наследуемого интерфейса, так и имя реализуемого метода. Для работы с контекстом можно использовать шаблон проектирования Адаптер, адаптируя функции для работы с контекстом из SDK одного облачного сервиса к другому. Если же для некоторой функции контекста нет аналога, то полноценно перенести функцию невозможно. В таком случае пользователю выдается ошибка с указанием на строку, в которой найдена несовместимость. Такие же проблемы могут встретиться при использовании других SDK облачных сервисов.

После конвертации кода необходимо создать функцию в `Yandex.Cloud`, используя метод `create` ресурса `Function`. В случае успешной конвертации необходимо создать версию функции, используя полученный код.

Другим способом автоматического создания облачных функций без их поведения является конвертация существующих функций одного облачного сервиса в их описание для `Terraform`, с последующей конвертацией конфигурации в формат другого.

Вышеописанные подходы можно применить и для других языков программирования, например, `Ruby` и `C#`.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В итоге изучения различных технологий и принципов интеграции был разработан и протестирован прототип системы для миграции облачных ресурсов из `AWS` в `Yandex.Cloud` и обратно (рис. 4). Работа системы состоит из нескольких этапов:

1. Выгрузка метаданных существующих облачных ресурсов в формат `Terraform`;
2. Конвертация описания ресурсов в формат другого облачного сервиса;
3. Создание облачных ресурсов при помощи `Terraform`;
4. Перенос состояния облачных ресурсов, если это возможно.

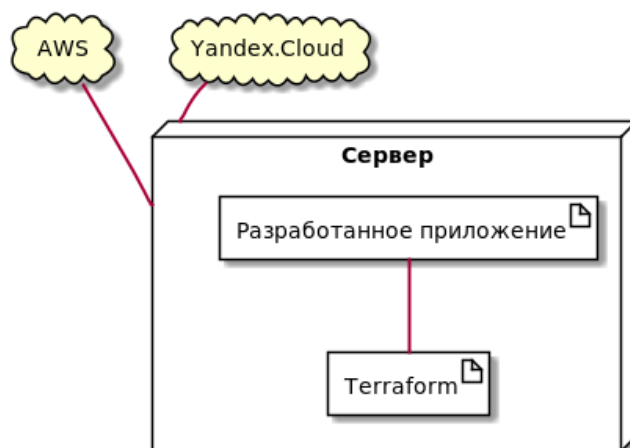


Рис. 4. Диаграмма развертывания системы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что способы интеграции мультиоблачных приложений делятся на те, что используют оркестрацию контейнеров, и на те, что не используют. Установлено, что мультиоблачность набирает большую популярность.

Основным результатом стала разработка прототипа системы для миграции облачных ресурсов с AWS на Yandex.Cloud, с частичным переносом их состояния. При разработке были использованы облачные сервисы и Terraform.

В дальнейшем планируется разработка обратного переноса ресурсов с Yandex.Cloud на AWS.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gartner Forecasts Worldwide Public Cloud End-User Spending to Grow 23% in 2021. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2021-04-21-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-end-user-spending-to-grow-23-percent-in-2021>
2. AWS vs Azure vs Google Cloud Market Share 2021: What the Latest Data Shows – ParkMyCloud. URL: <https://www.parkmycloud.com/blog/aws-vs-azure-vs-google-cloud-market-share/>
3. Облачные провайдеры в 2021 году. Лучшие в России.

URL: https://ex-hort.ru/oblastnye_provajdery_2020_rossia

4. *Hong J. et al.* An Overview of multi-cloud computing // Workshops of the International Conference on Advanced Information Networking and Applications. Springer, Cham, P. 1055–1068, 2019.

5. MongoDB to terminate Russian SaaS accounts • The Register.

URL: https://www.theregister.com/2022/03/15/mongodb_terminates_russian_saas/

6. Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья» от 29.07.2017 N 242-ФЗ (последняя редакция). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221184/

7. Russian Personal Data Localization Requirements – Microsoft Compliance.

URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/compliance/regulatory/offering-russia-data-localization>

8. What is multicloud?

URL: <https://www.redhat.com/en/topics/cloud-computing/what-is-multicloud>

9. What is multi-cloud strategy? Definition from WhatIs.com.

URL: <https://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/multi-cloud-strategy>

10. EMA-Top10-2017-HybridCloud-DecisionGuide.pdf.

URL: <https://www.parkmycloud.com/wp-content/uploads/2017/06/EMA-Top10-2017-HybridCloud-DecisionGuide.pdf>

11. Cloud Computing Trends: 2021 State of the Cloud Report | Flexera Blog.

URL: <https://www.flexera.com/blog/cloud/cloud-computing-trends-2021-state-of-the-cloud-report/>

12. IDC Expects 2021 to Be the Year of Multi-Cloud as Global COVID-19 Pandemic Reaffirms Critical Need for Business Agility.

URL: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prMETA46165020>

13. 11 Facts About Real-World Container Use.

URL: <https://www.datadoghq.com/container-report-2020/>

14. Cast.ai nabs \$7.7M seed to remove barriers between public clouds – TechCrunch. URL: <https://techcrunch.com/2020/11/25/cast-ai-nabs-7-7m-seed-to-remove-barriers-between-public-clouds/>

15. *Yeganeh B., Durairajan R.* A First Comparative Characterization of Multi-cloud Connectivity in Today's Internet // Lecture notes in computer science. 2020.
16. CAMEL. URL: <http://camel-dsl.org/>
17. *Kritikos K. et al.* Towards the modelling of hybrid cloud applications // 2019 IEEE 12th International Conference on Cloud Computing (CLOUD). IEEE, 2019. P. 291–295.
18. *Achilleos A.P. et al.* The cloud application modelling and execution language // Journal of Cloud Computing. 2019. V. 8, No. 1. P. 1–25.
19. *Horn G. et al.* MELODIC: selection and integration of open source to build an autonomic cross-cloud deployment platform // International Conference on Objects, Components, Models and Patterns. Springer, Cham, 2019. P. 364–377.
20. *Horn G., Skrzypek P.* MELODIC: utility based cross cloud deployment optimisation // 2018 32nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA). IEEE, 2018. P. 360–367.

DEVELOPMENT OF A MULTICLOUD SERVICE FOR CLOUD RESOURCE MIGRATION

R. R. Galiev¹ [0000-0002-5404-7088], K. A. Grigoryan² [0000-0001-6470-1832]

^{1,2}Kazan (Volga Region) Federal University, 35 Kremlevskaya str., Kazan, 420008

¹galiffun@gmail.com, ²karigri@yandex.ru

Abstract

Cloud platforms and services have become an important factor in the explosive development of the digital economy in the last decade. The ability to quickly scale the service, coupled with a reduction in investment costs at the start of projects within the framework of the IaaS, PaaS, SaaS approaches, gave positive results and formed the basis of new business models and corporate solutions.

In this article, we discuss the reasons for the importance of multicloud and explore approaches to integrating cloud services in a multicloud architecture. The article

also proposes a way to solve the problem of cloud migration - developing a system for migrating cloud resources between cloud services.

Keywords: *multicloud, cloud migration, cloud functions, serverless.*

REFERENCES

1. Gartner Forecasts Worldwide Public Cloud End-User Spending to Grow 23% in 2021. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2021-04-21-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-end-user-spending-to-grow-23-percent-in-2021>
2. AWS vs Azure vs Google Cloud Market Share 2021: What the Latest Data Shows – ParkMyCloud.
URL: <https://www.parkmycloud.com/blog/aws-vs-azure-vs-google-cloud-market-share/>
3. Oblachnye provajdery v 2021 godu. Luchshie v Rossii.
URL: https://ex-hort.ru/oblachnye_provajdery_2020_rossia
4. *Hong J. et al.* An Overview of multi-cloud computing // Workshops of the International Conference on Advanced Information Networking and Applications. Springer, Cham, P. 1055–1068, 2019.
5. MongoDB to terminate Russian SaaS accounts • The Register.
URL: https://www.theregister.com/2022/03/15/mongodb_terminates_russian_saas/
6. Federal'nyj zakon "O vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii po voprosam primeneniya informacionnyh tekhnologij v sfere ohrany zdorov'ya" ot 29.07.2017 No. 242-FZ (poslednyaya redakciya). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221184/
7. Russian Personal Data Localization Requirements – Microsoft Compliance.
URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/compliance/regulatory/offering-russia-data-localization>
8. What is multicloud?
URL: <https://www.redhat.com/en/topics/cloud-computing/what-is-multicloud>
9. What is multi-cloud strategy? Definition from WhatIs.com.
URL: <https://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/multi-cloud-strategy>
10. EMA-Top10-2017-HybridCloud-DecisionGuide.pdf.

URL: <https://www.parkmycloud.com/wp-content/uploads/2017/06/EMA-Top10-2017-HybridCloud-DecisionGuide.pdf>

11. Cloud Computing Trends: 2021 State of the Cloud Report | Flexera Blog.

URL: <https://www.flexera.com/blog/cloud/cloud-computing-trends-2021-state-of-the-cloud-report/>

12. IDC Expects 2021 to Be the Year of Multi-Cloud as Global COVID-19 Pandemic Reaffirms Critical Need for Business Agility.

URL: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prMETA46165020>

13. 11 Facts About Real-World Container Use.

URL: <https://www.datadoghq.com/container-report-2020/>

14. Cast.ai nabs \$7.7M seed to remove barriers between public clouds – TechCrunch. URL: <https://techcrunch.com/2020/11/25/cast-ai-nabs-7-7m-seed-to-remove-barriers-between-public-clouds/>

15. *Yeganeh B., Durairajan R.* A First Comparative Characterization of Multi-cloud Connectivity in Today's Internet // Lecture notes in computer science. 2020.

16. CAMEL. URL: <http://camel-dsl.org/>

17. *Kritikos K. et al.* Towards the modelling of hybrid cloud applications // 2019 IEEE 12th International Conference on Cloud Computing (CLOUD). IEEE, 2019. P. 291–295.

18. *Achilleos A.P. et al.* The cloud application modelling and execution language // Journal of Cloud Computing. 2019. V. 8, No. 1. P. 1–25.

19. *Horn G. et al.* MELODIC: selection and integration of open source to build an autonomic cross-cloud deployment platform // International Conference on Objects, Components, Models and Patterns. Springer, Cham, 2019. P. 364–377.

20. *Horn G., Skrzypek P.* MELODIC: utility based cross cloud deployment optimisation // 2018 32nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA). IEEE, 2018. P. 360–367.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



ГАЛИЕВ Рустем Рамилевич – магистрант, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань.

Rustem Ramilevich GALIEV – Master’s student, Kazan (Volga region) Federal University, Kazan.

email: galiffun@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5404-7088.



ГРИГОРЯН Карен Альбертович – кандидат экономических наук, доцент, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань.

Karen Albertovich GRIGORIAN – Candidate of Economics, Associate Professor, Kazan (Volga region) Federal University, Kazan.

email: karigri@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-6470-1832

Материал поступил в редакцию 28 февраля 2022 года

УДК 004.550

ОТ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕОЛОГИИ К ЕДИНОМУ ЦИФРОВОМУ ПРОСТРАНСТВУ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

В. В. Наумова¹ [0000-0002-3001-1638], **В. С. Ерёменко**² [0000-0002-5250-5743],
А. С. Еременко³ [0000-0003-1923-8417], **А. А. Загумённов**⁴ [0000-0002-0501-5362],
М. И. Патук⁵ [0000-0003-3036-2275]

^{1, 2, 5} ФГБУН Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН
Москва, Россия

^{3, 4} ФГБУН Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН
Владивосток, Россия

¹naumova_new@mail.ru, ²vitaer@gmail.com, ³academy21@gmail.com,

⁴trueepikvic@gmail.com, ⁵patuk@mail.ru

Аннотация

Описаны все стадии развития Информационной системы для создания, развития и поддержки научных исследований в геологии: от Информационно-аналитической среды до Единого цифрового пространства геологических научных знаний. Современная разрабатываемая стадия Проекта – это шаг вперед от традиционной территориально распределенной геологической системы к цифровой среде будущего.

Ключевые слова: Веб-сервисы, облачные сервисы, обработка геологических данных, геологическая программная платформа, программная экосистема для геологических исследований, единое цифровое пространство геологических научных знаний.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня ИТ-технологии сосредоточены на разработке передовых технологий и рабочих процессов для поддержки успешных открытий всех геологов, геофизиков и геохимиков, чтобы сделать их работу более простой, естественной, мощной. Меньшие затраты времени на обработку данных дают больше свободы в исследованиях и помогают идти в ногу с современными требованиями и возможностями науки.

1. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЕБ-СЕРВИСЫ

Задача обработки и анализа данных в геологии требует применения большого количества различных алгоритмов, процедур обработки и соответствующих им программных решений. Зачастую при исследовании конкретного объекта в геологии приходится использовать разнотипные данные, такие как геологические карты, количественные данные, спутниковые данные, музейные данные, текстовые данные и т. д.

Каждый из типов геологических данных имеет собственный набор алгоритмов анализа и обработки с соответствующим программным обеспечением, реализующим эти процедуры обработки и анализа. Комплексный же анализ различных типов данных в рамках решения одной задачи представляет серьезные трудности. Поэтому необходимо предоставить исследователям возможность проводить анализ и обработку разнотипных геологических данных в рамках единой системы с возможностью интеграции полученных результатов в качественно новый результат. В силу непрерывного роста количества геологических данных и инструментов их обработки более перспективным подходом является использование удаленных вычислительных систем, предоставляющих сервисы по обработке отдельных типов геологических данных.

В настоящее время разработчики программных решений по обработке данных активно внедряют в процесс обработки облачные вычисления. Использование внешних сервисов вместо пользовательских приложений позволяет проводить обработку данных на оборудовании, наиболее приспособленном под соответствующие задачи. Тем самым обработка данных происходит более эффективно, а пользователь получает возможность обрабатывать данные наиболее актуальными версиями алгоритмов, используя для этого веб-интерфейс, без необходимости установки, настройки и поддержки программного обеспечения для обработки у себя на персональном компьютере.

Построение информационных систем по обработке данных, основанных на взаимодействии с пользователем через веб-интерфейс, активно ведётся в различ-

ных предметных областях. Так, в области обработки спутниковых данных к подобным системам можно отнести проект NASA Giovanni¹, систему Google Earth Engine², платформы ESA G-POD³, а также информационные системы See the Sea [1], Vega-Science⁴ и т. д., созданные в ИКИ РАН на основе собственной технологии GEOSMIS [2]. В области обработки и анализа пространственных данных примером такой информационной системы является ArcGIS Online⁵.

2. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПЛАТФОРМЫ ИНТЕГРАЦИИ И АНАЛИЗА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

ИТ-платформа определяется нами как технологическая база, на которой могут взаимодействовать дополняющие друг друга надстройки, соответствующие стандартам и позволяющие осуществлять операции между заинтересованными сторонами в рамках экосистемы, ориентированной на платформу.

AN OPEN-SOURCE GEOSPATIAL DATA MANAGEMENT & ANALYSIS PLATFORM. Open Data Cube (ODC)⁶ — это некоммерческий проект с открытым исходным кодом, который был создан для обеспечения доступа, управления и анализа больших объемов данных ГИС по мониторингу Земли. Он представляет собой общий аналитический фреймворк, содержащий наборы структурированных данных и инструментов, которые позволяют проводить анализ больших коллекций пространственных данных.

ODC был разработан для анализа пространственных данных на больших временных промежутках, однако его можно использовать на любых наборах пространственных данных. Данные могут представлять собой модели высот, геофизические сетки, интерполированные поверхности и т. д.

Ключевой особенностью ODC является возможность сохранения каждого уникального элемента набора пространственных данных, в отличие от многих других методов работы с большими коллекциями пространственных данных.

¹ <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni>

² <https://earthengine.google.com>

³ <https://gpod.eo.esa.int>

⁴ <http://sci-vega.ru>

⁵ <https://www.arcgis.com>

⁶ <https://www.opendatacube.org>

Основные преимущества ODC:

- 1) Гибкая структура;
- 2) Пользовательский контроль над своими данными;
- 3) Смещение парадигмы от анализа сцен к пиксельному анализу;
- 4) Простой доступ к анализу данных дистанционного зондирования.

Система Open Data Cube предназначена для:

- 1) Каталогизации больших объёмов данных ДЗЗ;
- 2) Предоставления программного интерфейса приложения (API) на языке программирования Python для высокопроизводительных запросов и доступа к данным;
- 3) Предоставления учёным и другим пользователям простого доступа к исследовательскому анализу данных;
- 4) Обеспечения масштабируемой обработки имеющихся данных;
- 5) Контроля за источниками всех имеющихся данных для обеспечения качественного менеджмента и обновлений.

ODC состоит из следующих основных компонентов:

- 1) Command Line Tools - набор инструментов, обеспечивающих программный интерфейс к ODC;
 - 2) Open Data Cube Explorer – веб-приложение, предоставляющее визуальный и интерактивный интерфейс для управления доступными данными;
 - 3) Open Data Cube Stats – оптимизированные средства для определения и выполнения расширенного анализа в ODC. Данный инструмент ориентирован на научные исследования;
 - 4) Web User Interface (UI) – веб-приложение, предоставляющее разработчикам демонстрировать результаты работы алгоритмов анализа в интерактивном режиме;
 - 5) Jupyter Notebooks – документы для исследований с использованием инструментов пространственного анализа. Эти документы содержат выполняемый код с подробными примерами по работе с данными для научных исследований;
 - 6) Open Geospatial Consortium (OGC) Web Services – инструменты для подключения сторонних сервисов в ODC.
-

MACROSTRAT: A Platform for Geological Data Integration and Deep-Time Earth Crust Research [3]. Это платформа для агрегирования и распределения геологических данных, относящихся к пространственному и временному распределениям осадочных, магматических и метаморфических пород, а также данных, извлеченных из них. Она связана с цифровой библиотекой GeoDeepDive и системой машинного чтения и призвана стать общественным ресурсом для добавления, редактирования и распространения новых стратиграфических, литологических, экологических и экономических данных. Интерактивные приложения, построенные на базе Macrostrat, предназначены для образовательных и исследовательских целей. Все данные предоставляются свободно по лицензии CC-BY-4.0.

PAIRS: A scalable geo-spatial data analytics platform — это геопрограммный сервис больших данных [4]. Пары содержат огромное количество кураторских геопрограммных (или, точнее, пространственно-временных) данных из большого количества публичных и частных информационных ресурсов, а также поддерживают пользовательские слои данных. PAIRS предлагает простую в использовании платформу как для быстрой сборки и извлечения геопрограммных наборов данных, так и для выполнения сложной аналитики, что значительно сокращает время обнаружения за счет снижения нагрузки на куратора данных и управление ими. В этой статье мы рассмотрим недавний прогресс с парами и продемонстрируем несколько образцовых аналитических приложений, которые авторы могут построить с относительной легкостью, используя эту технологию.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ПЛАТФОРМА OASIS MONTAJ⁷ компании Geosoft обеспечивает доступ ко всем заданным геофизическим, геохимическим и геологическим данным в высокопроизводительных базах, позволяет быстро строить профессиональные карты и 3D-визуализации среды, динамически связанные между собой. Данные быстро и легко оцениваются и обрабатываются с помощью многочисленных процессов и фильтров. Для построения сетей больших объемов данных используются алгоритмы минимальной кривизны, двунаправленного и прямого гридирования, кригинга, обратно взвешенных расстояний и триангуляции. В си-

⁷ <https://www.seequent.com/products-solutions/geosoft-oasis-montaj/>

стему встроена технология Esri, обеспечивающая создание, просмотр и совместное использование карт ArcGIS MDX. Поддерживается работа практически со всеми типами форматов данных, включая форматы CAD, GIS, планирования и моделирования горных работ. Более 20 доступных программных модулей включают углубленную обработку геофизических и геохимических данных, проведение анализа и контроля качества данных, трехмерную визуализацию скважин, фильтрацию, уравнивание, интерпретацию данных и моделирование. Специализированные модули позволяют обрабатывать полный спектр гамма-спектрометрических съемок.

Компания «Совзонд» выпустила новую версию российской геоинформационной платформы GEOANALITIKA PLATFORM v.1.1⁸. Эта версия характеризуется рядом новых функциональных возможностей в части управления и анализа данных, подключения внешних веб-сервисов, а также общей оптимизации производительности ГИС-сервера. Функционально Geoanalitika Platform включает 5 подсистем: управления данными; публикации веб-сервисов; визуализации; администрирования; интеграции.

3. УНИФИЦИРОВАННАЯ ПЛАТФОРМА ГГМ РАН ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСТУПА К ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ СЕРВИСАМ ПО ЕДИНОМУ УНИВЕРСАЛЬНОМУ ПРОТОКОЛУ

Основная цель Проекта Государственного геологического музея им В.И. Вернадского РАН (ГГМ РАН) «Разработка Информационно-аналитической геологической среды для поддержки научных исследований GeologyScience.ru» заключается в организации единой точки доступа к геологическим данным на территории России и системам их обработки с использованием возможностей поиска данных в территориально распределенных разнородных источниках, а также с использованием территориально-распределенных вычислительно-аналитических узлов для обработки данных, взаимодействие с которыми осуществляется с использованием технологии веб-сервисов [5, 6, 7]. Интеграция разнотипных геологических данных и сервисов обработки в единую информационно-аналитическую среду на основе единых политик обеспечивает возможность комплексного

⁸ <https://geoanalitika.com>

анализа информации и позволит получать качественно новые знания о геологических объектах.

Разрабатываемая в ГГМ РАН платформа WPS сервисов⁹ [8] является частью информационно-аналитической среды для поддержки научных исследований в геологии GeologyScience.ru¹⁰. Она предоставляет пользователям доступ к разнообразным территориально распределенным веб-сервисам обработки и анализа геологической информации. Для организации единого механизма взаимодействия с веб-сервисами используется интерфейс OGC Web Processing Service. Для каждого внешнего веб-сервиса создан соответствующий ему WPS-процесс, реализующий интерфейс взаимодействия с внешним вычислительным узлом.

Платформа предоставляет доступ к следующим вычислительным узлам:

- Вычислительный узел «Многомерные методы анализа данных», разработанный в ГГМ РАН [9, 10], который позволяет выполнять обработку табличных данных различными методами анализа данных с настройкой их параметров и визуализацией результатов. Вычислительный узел включает в себя такие группы методов, как статистический анализ, регрессионный анализ, факторный анализ, кластеризация, машинное обучение, методы визуализации. Вычисления производятся в среде Python с использованием известных пакетов обработки данных: Scikit-learn, Pandas, Matplotlib и других. Обработка поступающих запросов на обработку производится фреймворком Flask посредством REST API с использованием очереди заданий, реализованной на основе NoSQL базы данных Redis. Такая архитектура позволяет разделить обработку запросов и «тяжелые вычисления» больших объёмов данных, что обеспечивает отказоустойчивость и масштабируемость узла;

- Обработка петролого-геохимических данных [11]. В Институте Физики Земли РАН разработана интерактивная база методов обработки петролого-геохимических данных. Эта система предоставляет сервисы построения спайдерграмм, гистограмм и классификационных диаграмм; сервис идентификации минералов

⁹ <https://service.geologyscience.ru>

¹⁰ <http://geologyscience.ru>

по их химическому составу; сервис интерпретации состава минерала и разложение на минералы и т. д. Интерфейс взаимодействия с сервисами построен на основе REST архитектуры;

- Структурный анализ публикаций [12]. В междисциплинарном центре математического и вычислительного моделирования (Университет Варшавы, Польша) разработан сервис для извлечения метаданных из научных публикаций. Метаданные включают в себя авторов, их аффилиации, абстракт, ключевые слова, название журнала, объем, год выпуска, разобранные библиографические ссылки, структуру разделов документа, заголовки разделов и абзацы. Интерфейс взаимодействия с сервисами построен на основе REST архитектуры;

- Обработка естественного языка [13]. В Университете Шеффилда в рамках проекта GATE (General Architecture for Text Engineering) разработан ряд сервисов по обработке текстовых данных для различных языков. Для обработки текстовых данных на русском языке предоставляются сервисы по определению частей речи слов, а также выделению именованных сущностей, таких как имена и фамилии, названия организаций, географические названия, даты, денежные единицы и т. д. Интерфейс взаимодействия с сервисами построен на основе REST архитектуры.

В результате проведенных работ нами разработана цифровая платформа по обработке и анализу геологических данных DPAP (рис. 1).

Разрабатываемая платформа по обработке и анализу геологических данных [14] представляет собой программный продукт на языке программирования Java в формате веб-приложения с использованием фреймворка Spring Boot. Платформа реализована с использованием принципов слабосвязанной архитектуры. Для взаимодействия с пользователем реализован веб-интерфейс с использованием JavaScript фреймворка Angularjs. Также разработан программный интерфейс с использованием архитектурного стиля REST для взаимодействия с платформой в формате система–система.

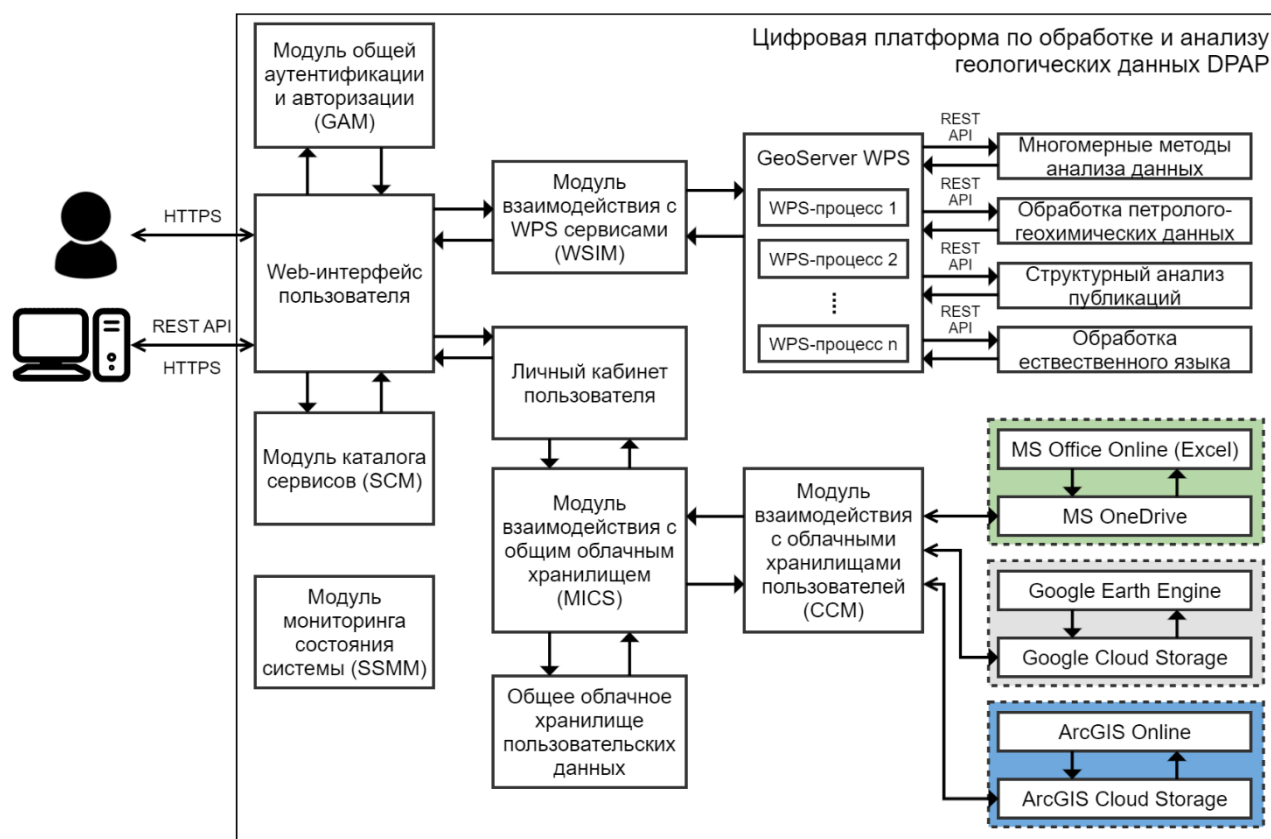


Рис. 1. Цифровая платформа по обработке и анализу геологических данных

Для выполнения поставленных задач разработан ряд авторских модулей:

1. WSIM – модуль взаимодействия с внешними веб-сервисами. Основная функция модуля: обеспечение единого интерфейса доступа к внешним сервисам обработки и анализа, работающих по принципу запрос–ответ. В качестве интерфейса доступа используется OGC Web Processing Service 1.0. Каждый используемый Средой метод публикуется в виде отдельного процесса внутри WPS сервиса. Для реализации WPS сервиса используется программный пакет с открытым исходным кодом GeoServer. GeoServer содержит встроенные компоненты для реализации очереди заданий, разграничения доступа к различным процессам и возможность как синхронного, так и асинхронного выполнения процесса. Для реализации модуля используются программные библиотеки GeoTools и 52 North WPS. Взаимодействие платформы с данным модулем осуществляется через WPS интерфейс.

2. MICS – модуль взаимодействия с общим облачным хранилищем пользователя. Основная функция модуля: обеспечение интерфейса доступа к облачному хранилищу пользователя, используемому в информационно-аналитической системе GeologyScience.ru. Пользователь имеет возможность сохранить данные, выбранные в информационной системе GeologyScience.ru, в облачном хранилище для дальнейшего их использования в других подсистемах, в том числе для обработки и анализа. Результаты обработки также могут быть сохранены пользователем в облачном хранилище для их последующего использования в других сервисах. Взаимодействие с платформой осуществляется через REST интерфейс.

3. GAM – модуль общей авторизации. Основная функция модуля: обеспечение единой точки аутентификации и авторизации для пользователей всех блоков информационно-аналитической системы GeologyScience.ru. Модуль обращается к сервису авторизации на базе подхода Single Sign-On (SSO) с использованием протокола OAuth. Для реализации взаимодействия модуля с сервисом аутентификации и авторизации используется фреймворк Spring Security.

4. CCM – модуль взаимодействия с внешними облачными хранилищами пользователей. Основная функция модуля: организация единого пространства данных на основе имеющихся у пользователей аккаунтов поставщиков услуг облачного хранения для дальнейшего использования данных при работе с разнородными интерактивными облачными сервисами. Поставщики облачных сервисов часто требуют предварительной загрузки данных для обработки в их собственные облачные хранилища. Настоящий модуль позволит исследователю при переходе от одного сервиса к другому в автоматическом режиме перемещать данные в требуемое хранилище. Модуль является основным инструментом, позволяющим интегрировать разнородные интерактивные сервисы в рамках разрабатываемой платформы. Взаимодействие с платформой осуществляется через REST интерфейс.

5. SCM – модуль каталога внешних сервисов [15]. Основные функции модуля: обеспечение пользователя информацией о сервисах, имеющихся в Среде, с возможностью получения информации о каждом зарегистрированном сервисе, включая общее описание, данные о поставщике сервиса и техническую информа-

цию для организации взаимодействия. Информация из данного модуля используется в модуле мониторинга для отслеживания состояния каждого внешнего сервиса, зарегистрированного в Среде. Взаимодействие с платформой осуществляется с использованием REST интерфейса.

6. SSMM – Модуль мониторинга состояния системы и сервисов [15]. Основная функция модуля: отслеживание статуса каждого внешнего поставщика сервиса, зарегистрированного в Среде, а также всех блоков системы GeologyScience.ru. Мониторинг состояния сервисов производится по нескольким параметрам, включая доступность узла, на котором размещён сервис, доступность сервиса по указанному протоколу и проверку сервиса на изменения путём отправки тестовых запросов к сервису. Взаимодействие с платформой осуществляется через REST интерфейс.

4. ЦИФРОВАЯ ЭКОСИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ И СОПРОВОЖДЕНИЯ НАУЧНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Активное развитие технологических решений в области обработки и анализа данных требует использования более современных подходов для организации доступа пользователей к таким решениям. Помимо привычных настольных приложений, веб-сервисов и веб-приложений, появляется большое количество различных программных платформ, предоставляющих широкий набор инструментов по обработке и анализу разнотипных данных. Интеграция такого количества разнородных источников инструментов обработки в рамках единой программной платформы становится крайне сложной задачей.

Последнее десятилетие в IT отрасли происходит активный переход от платформенной архитектуры к использованию цифровых экосистем.

Цифровая экосистема представляет собой распределенную, адаптивную, открытую социально-техническую систему со свойствами самоорганизации, масштабируемостью и устойчивостью. Модели цифровых экосистем основаны на знаниях о природных экосистемах, особенно в аспектах, связанных с конкуренцией и сотрудничеством между различными организациями. Экосистемный подход позволяет организовать взаимодействие различных сервисов, платформ и

продуктов компании, а также сервисов внешних партнёров, в рамках единой среды.

Основными свойствами цифровой экосистемы являются: стабильность, омиканальность и отказоустойчивость.

Для взаимодействия двух и более цифровых платформ в рамках единой системы, экосистема обеспечивает следующие функции:

1) Единые нормативы и требования к данным, которыми обмениваются цифровые платформы;

2) Единообразные схемы и шаблоны интеграции, стандартизированные интерфейсы, унифицированная архитектура и логика поведения;

3) Комплексное решение для обеспечения безопасности работы цифровых платформ;

4) Единые требования к аналитической составляющей каждой цифровой платформы, готовые унифицированные алгоритмы, шаблоны и сравнительные показатели;

5) Сервисы проверки контроля качества входящих и исходящих цифровых данных, качества применяемых инструментов и интерфейсов взаимодействия;

6) Готовые правила проектирования и развития цифровых платформ для устранения ненужной закрытости и лишней фрагментации цифровых платформ на узкие сегменты.

В основе многих современных экосистем лежит так называемое ядро. Ядро экосистемы обеспечивает минимальный набор технологических сервисов и продуктов, позволяющий экосистеме функционировать и выполнять основную задачу в случае нестабильной работы других элементов экосистемы.

Для обеспечения персонализированного подхода при взаимодействии пользователей с сервисами и продуктами экосистемы используются следующие механизмы:

1) Сквозная аутентификация и авторизация – позволяет взаимодействовать с элементами экосистемы, используя единую учётную запись пользователя и пользовательский профиль;

2) Единое хранилище данных – позволяет организовать единое пространство пользовательских данных для использования различными элементами экосистемы;

3) Событийная интеграция систем – позволяет уведомлять о действиях пользователя другие элементы экосистемы.

Основные функции экосистемы доступны через специализированные программные интерфейсы.

Среди наиболее крупных IT-компаний, использующих экосистемный подход для организации доступа к своим сервисам и платформам, можно выделить Apple, Google, Microsoft, Meta (Facebook), Amazon. В Российском сегменте можно отметить компании Яндекс, Сбер и МТС.

Одним из главных преимуществ использования цифровых экосистем для владельцев различных сервисов является возможность бесшовного перехода между сервисами экосистемы на основе анализа поведения конкретного пользователя. Таким образом, используя один из сервисов экосистемы, аудитория постепенно начинает использовать и другие сервисы, входящие в состав экосистемы.

Несмотря на то, что процесс развития экосистемы в каждом случае индивидуален в зависимости от целей и задач, которые она решает, существуют некоторые общие архитектурные принципы построения экосистем.

В основе архитектуры экосистемы лежат три блока:

- 1) Бэк-офис, состоящий из собственных сервисов компании;
- 2) Бэк-офис из сторонних систем;
- 3) Фронт-офис, включающий основные интерфейсы проекта.

Объединяет их корпоративная шина данных, которая передаёт информацию по всей экосистеме.

Использование единого протокола доступа для организации единого рабочего пространства геолога, как в случае WPS платформы для интеграции веб-сервисов, затруднительно из-за разнородности вышеперечисленных программных платформ. Однако, если использовать некоторые общие свойства платформ, такие как наличие централизованных хранилищ данных и систем единой аутентификации, появляется возможность организовать взаимодействие посредством

передачи данных от имени конкретного пользователя для анализа в хранилища данных, соответствующие платформам. Реализация подобного механизма стала возможна при использовании технологии веб-приложений, позволяющей запросить у пользователя разрешение на доступ к определённым возможностям пользовательского аккаунта различных поставщиков облачных сервисов. Такая технология поддерживается, например, Microsoft, Google, Yandex, ESRI.

Перед использованием соответствующего сервиса пользователю предлагается загрузить данные для анализа в его персональное хранилище. Для этого пользователь проходит авторизацию на сайте поставщика сервиса, после чего приложение запрашивает у пользователя разрешение на скачивание и публикацию данных в его хранилище.

Для организации подобного подхода необходимо разработать программную экосистему, которая будет осуществлять контроль данных для анализа, предоставляя пользователю инструменты для «бесшовного» перемещения данных между платформами, с отслеживанием изменений данных после работы с ними на определённой платформе.

Такая мультиплатформенная экосистема будет предоставлять пользователю возможность выбора платформы обработки для его данных, передавая на выбранную платформу данные и дальнейшее управление ими в рамках выбранной платформы [16].

На рис. 2 представлена архитектурная схема для реализации мультиплатформенной геологической экосистемы.

Экосистема состоит из следующих основных модулей:

1. GAM – модуль общей авторизации. Основная функция модуля: обеспечение единой точки аутентификации и авторизации. Модуль обращается к сервису авторизации на базе подхода Single Sign-On (SSO) с использованием протокола OAuth.

2. MICS – модуль взаимодействия с общим хранилищем данных пользователя. Основная функция модуля: обеспечение интерфейса доступа к хранилищу данных пользователя. Результаты обработки также могут быть сохранены пользователем в хранилище для их последующего использования в других сервисах. Взаимодействие с платформой осуществляется через REST интерфейс.

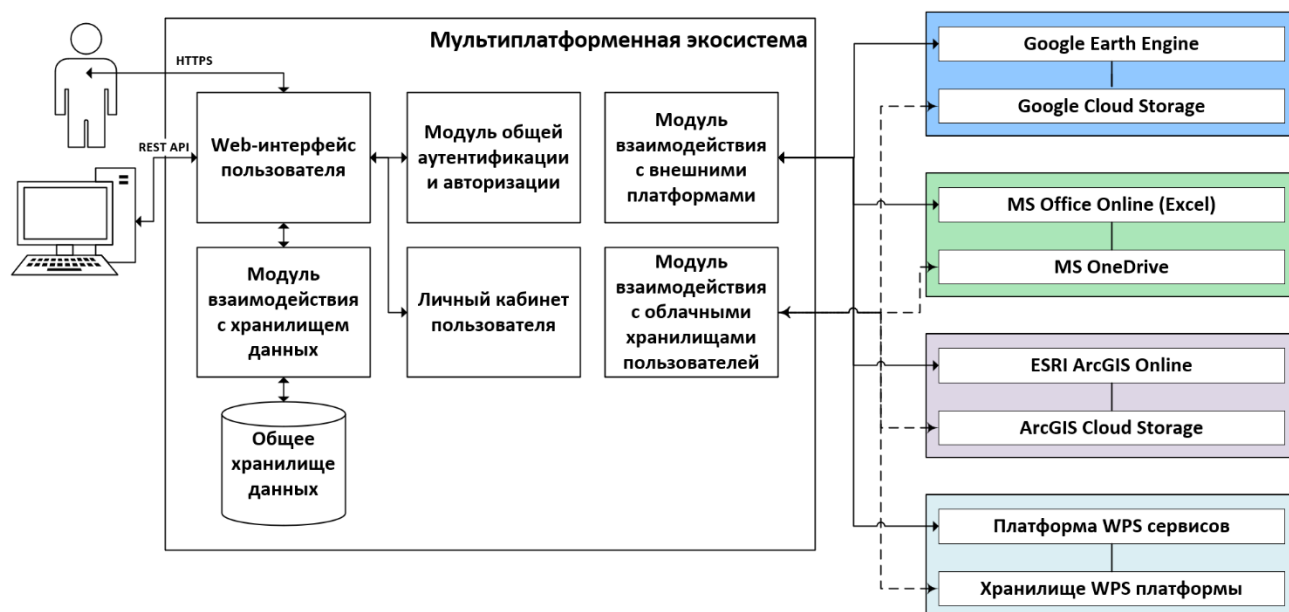


Рис. 2. Общая архитектурная схема мультиплатформенной геологической экосистемы

3. ССМ – модуль взаимодействия с внешними облачными хранилищами пользователей. Основная функция модуля: организация единого пространства данных на основе имеющихся у пользователей аккаунтов поставщиков услуг облачного хранения для дальнейшего использования данных при работе с разнородными интерактивными облачными сервисами. Поставщики облачных сервисов часто требуют предварительной загрузки данных для обработки в их собственные облачные хранилища. Модуль позволит исследователю при переходе от одного сервиса к другому в автоматическом режиме перемещать данные в требуемое хранилище. Кроме того, модуль является основным инструментом, позволяющим интегрировать разнородные интерактивные сервисы в рамках разрабатываемой платформы. Взаимодействие с платформой осуществляется через REST интерфейс.

4. SSMM – Модуль мониторинга состояния системы и сервисов. Основная функция модуля: отслеживание статуса каждого внешнего поставщика сервиса. Мониторинг состояния сервисов производится по нескольким параметрам, включая доступность узла, на котором размещён сервис, доступность сервиса по указанному протоколу и проверку сервиса на изменения путём отправки тестовых

запросов к сервису. Взаимодействие с экосистемой осуществляется через REST интерфейс.

5. РАМ – Модуль взаимодействия с внешними платформами. Основная цель модуля: передача управления данными соответствующей платформе обработки.

Подход по организации единого рабочего пространства геолога-исследователя с использованием мультиплатформенной экосистемы позволяет организовать «бесшовное» перемещение данных между платформами обработки геологических данных. Экосистема позволяет пользователям эффективно управлять геологическими данными и их визуализацией, используя при этом общедоступные программные платформы по анализу и обработке геологической информации.

5. ЕДИНОЕ ЦИФРОВОЕ ПРОСТРАНСТВО НАУЧНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

В ряде публикаций последних лет появилось понятие единого цифрового пространства знаний, которое рассматривается как некоторая перспектива создания, развития и интеграции информационных ресурсов и сервисов в определенной области науки в современной цифровой среде [17, 18].

Под единым цифровым пространством знаний мы будем понимать компьютерную среду, обращаясь к которой пользователь должен получить ответы на вопросы, касающиеся тех или иных областей науки. Эта среда должна содержать достоверную фундаментальную и научно-популярную информацию; состоять из ряда подпространств, вообще говоря, связанных между собой, относящихся к отдельным научным направлениям; каждое подпространство должно иметь фундаментальную (статическую) основу, включающую базовые постулаты и результаты данного научного направления, и динамическую часть, включающую информацию о новейших достижениях в данной научной области.

В последние десятилетия происходит быстрое развитие научных информационных ресурсов и сервисов, которые образуют научное информационное пространство. Возникают их новые типы, изменяют свою форму и содержание традиционные ресурсы и способы коммуникации.

Активно формируются и развиваются научные электронные библиотеки, которые также предоставляют широкому исследовательскому сообществу разнообразные сервисы.

Примером современной научной электронной библиотеки может служить Национальная цифровая библиотека по науке США (The National Science Digital Library – NSDL¹¹), которая основана Национальным научным фондом (NSF) в 2000 г. с целью обеспечить доступ к сервисам высокого качества по многим областям науки, технологий и техники. NSDL агрегирует ресурсы из цифровых библиотек и проектов, поддерживаемых NSF, а также формирует собственные обзоры вебсайтов по своим направлениям.

В качестве примера отечественной электронной библиотеки можно привести Научную электронную библиотеку¹² содержащую метаданные о нескольких миллионах отечественных публикаций и предоставляющую коммерческий и свободный доступ к значительному количеству их полных текстов. В последние годы развивается электронная библиотека «Киберленинка»¹³, построенная на основе принципов открытой науки и содержащая более 1,3 млн полных текстов.

Предполагается, что единое цифровое пространство научных геологических знаний поможет сформировать новые процессы генерации данных и знаний. В последнее время нами осуществлялась разработка методических подходов и технологических решений для проектирования единого цифрового пространства геологических научных знаний на базовой основе созданной ранее Информационно-аналитической среды для поддержки и сопровождения научных исследований в геологии, осуществляющей интеграцию территориально распределенной геологической информации с использованием специализированных служб её анализа и обработки [19].

Использованные подходы и модульная архитектура при проектировании Информационно-аналитической геологической среды позволяют трансформировать ее в Единое цифровое пространство научных геологических знаний для решения широкого круга задач для наук о Земле (рис. 3).

¹¹ <https://nsdl.oercommons.org>

¹² <https://elibrary.ru>

¹³ <https://cyberleninka.ru>

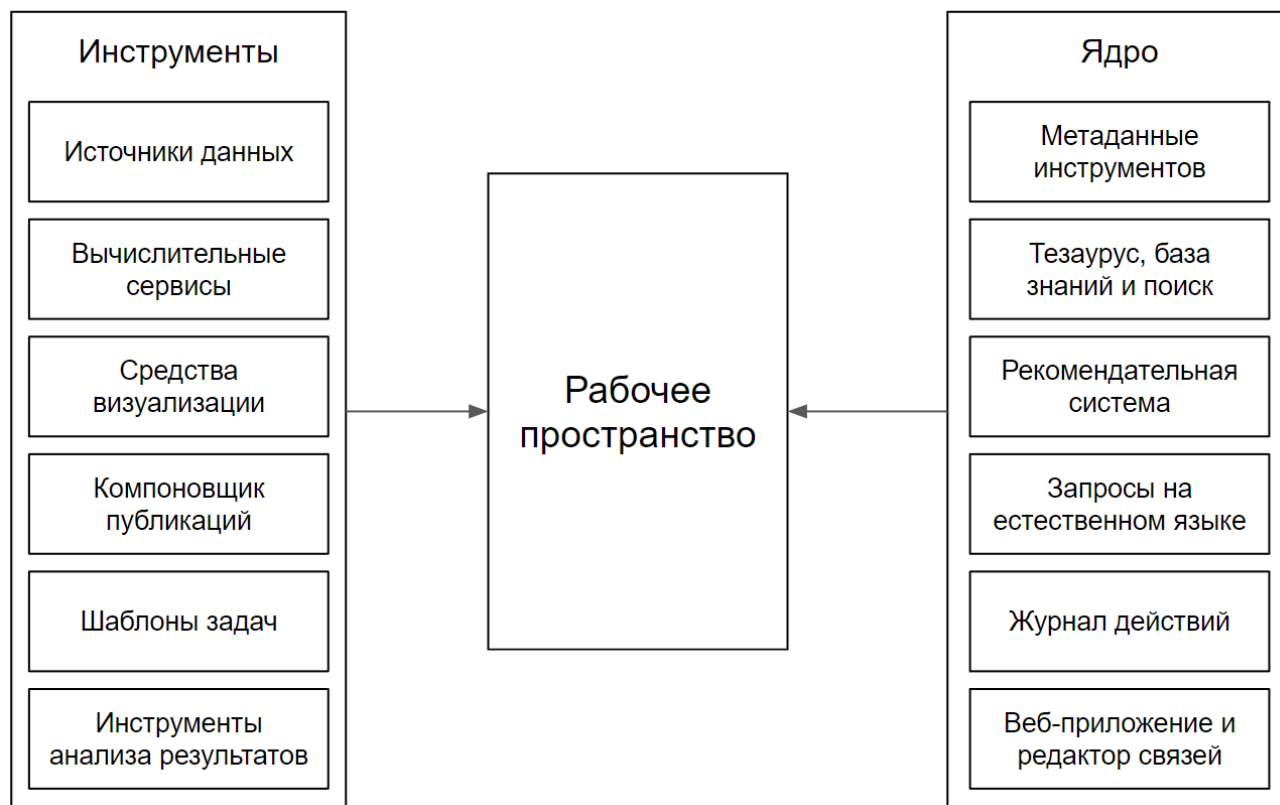


Рис. 3. Концептуальная схема Единого цифрового пространства научных геологических знаний, созданная на базовой основе Информационно-вычислительной геологической среды по поддержке научных исследований

Простота использования и гибкость персональной настройки под определённые задачи позволят привлечь к использованию этой среды широкий круг учёных-исследователей. Для этого предполагается разработать систему тематических рабочих пространств, сочетающих в себе необходимые инструменты, алгоритмы, источники данных для решения тех или иных прикладных задач.

6. «УМНОЕ» ЦИФРОВОЕ РАБОЧЕЕ ПРОСТРАНСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В ЕДИНОМ ЦИФРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ НАУЧНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

Интеллектуальное цифровое рабочее пространство — это пространство, которое адаптировано под нужды и интересы конкретного пользователя. Сегодня интеллектуальное цифровое рабочее пространство сводит к минимуму операции пользователя, не связанные с выполнением целевых функций. «Умные» системы

и приложения сокращают время, затрачиваемое пользователем на рутинные операции, будь то поиск контента, ответы на вопросы или решение стандартных задач, а также делают повседневную работу физически более комфортной.

Учёному-исследователю в области геологии необходимо на основании его текстового запроса предоставить набор данных из территориально распределенных источников научных данных. Такой набор необходимо структурировать и установить взаимосвязи между данными, если это возможно, исходя из контекста задачи.

По результатам литературных обзоров, тестовых исследований и обсуждений нами предложены основные компоненты для ядра будущей системы, включающей в себя рабочие пространства для научных сотрудников в геологии.

А именно:

а) Компонент, отвечающий за «погружение» различных видов данных (файлы, таблицы, ссылки на внешние ресурсы, текстовые данные, географически привязанные данные, мультимедиа информация и т. д.) в рабочее пространство;

б) Компонент, отвечающий за загрузку данных из внешних источников;

в) Компонент, позволяющий осуществлять связывание данных между собой либо автоматически, либо на основе выбранного поля данных или поля метаданных;

г) Компонент, отвечающий за визуализацию данных в рабочем пространстве.

В настоящее время нами осуществляется проектирование Единого цифрового пространства геологических знаний, а рабочая версия реализуется на Портале GeologyScience.ru.

Благодарности

Работы выполняются в рамках Государственного задания ГГМ РАН по теме № 0140-2019-0005 «Разработка информационной среды интеграции данных естественнонаучных музеев и сервисов их обработки для наук о Земле», а также темы государственного задания № 1021061009468-8-1.5.1 «Цифровая платформа интеграции и анализа геологических и музейных данных».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лаврова О.Ю., Лупян Е.А., Митягина М.И., Уваров И.А.* Информационная система See the Sea: текущие возможности и перспективы развития // "Информационные технологии в дистанционном зондировании Земли – RORSE 2018". ИКИ РАН, 2019. С. 367–373.

2. *Толпин В.А., Балашов И.В., Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Прошин А.А., Уваров И.А., Флитман Е.В.* Создание интерфейсов для работы с данными современных систем дистанционного мониторинга (система GEOSMIS) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 3. С. 93–108.

3. *Peters S.E., Husson J.M., Czaplewski J.* Macrostrat: a platform for geological data integration and deep-time Earth crust research. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. Preprint available on EarthArXiv 27, Jan. 2018.
<http://doi.org/doi:10.17605/OSF.IO/YNAXW>

4. *Klein L.J., Marianno F.J., Albrecht C.M., Freitag M., Hamann H.F.* PAIRS: A scalable geo-spatial data analytics platform, *IEEE Conference on Big Data (Big Data)* 290-1298, (2015). <http://doi.org/doi:10.1109/BigData.2015.7363884>

5. *Naumova V.V., Platonov K.A., Eremenko V.S., Dyakov S.E.*, Information and Analytical Environment to Support Scientific Research in Geology: Current Status and Development Perspectives // *Proceedings of the V International Conference “Information Technologies in Earth Sciences and Applications for Geology, Mining and Economy (ITES&MP-2019)”*, Moscow, Russia, October 14–18, 2019. Published on CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org, ISSN 1613-0073). Vol.-2527. P. 36–41.

6. *Naumova V.V., Eremenko V.S., Platonov K.A., Dyakov S.V., Patuk M.I., Eremenko A.S.* Development of geographically distributed information-analytical geological environment // *Russian Journal of Earth Sciences*. 2019. Vol. 19, No. 6.
<http://doi.org/10.2205/2019ES000696>

7. *Наумова В.В., Платонов К.А., Еременко В.С., Патук М.И., Дьяков С.Е.* Информационно-аналитическая среда для поддержки научных исследований в геологии: текущее состояние и перспективы развития // Труды XVII Международной конференции «Распределенные информационно-вычислительные ресурсы. Цифровые двойники и большие данные (DICR-2019)». 2019. С. 139–147.

8. *Eremenko V.S., Naumova V.V., Platonov K.A., Dyakov S.E., Eremenko A.S.* The main components of a distributed computational and analytical environment for the scientific study of geological systems // Russian Journal of Earth Sciences. 2018. Vol. 18, Issue 6.

9. *Zagumennov A.A., Naumova V.V.* Development of the computing node for processing satellite imagery and spatial data for earth sciences // Proceedings of the All-Russian Conference with International Participation "Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes" (SDM-2021). Novosibirsk, Russia, August 24–27, 2021. P. 272–279.

10. *Platonov K.A., Naumova V.V.* The Center of quantitative data on geology: current state and prospects for development // Russian Journal of Earth Sciences. 2020. Vol. 20. <https://doi.org/10.2205/2020ES000755>

11. *Иванов С.Д.* Интерактивный реестр геосенсоров на основе веб-приложения // Компьютерные исследования и моделирование. 2016. Т. 8, № 4. С. 621–632.

12. *Tkaczyk D., Szostek P., Fedoryszak M., Dendek P., Bolikowski L.* CERMINE: automatic extraction of structured metadata from scientific literature // In International Journal on Document Analysis and Recognition. 2015. Vol. 18, No. 4. P. 317–335.

13. *Maynard D., Bontcheva K., Augenstein I.* Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology // December 2016. Vol. 6, No. 2. P. 1–194.

14. *Eremenko V.S., Naumova V.V., Zagumennov A.A., Bulov S.V.* Cloud technologies for development of geographically distributed computational and analytical Geological environment // Computational technologies. 2021. Vol. 26. Issue 1. P. 86–98.

15. *Ерёменко В.С., Наумова В.В.* Система каталогизации и мониторинга территориально-распределенных вычислительных узлов в среде WPS сервисов для решения геологических задач // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2019. Т. 17, № 2. С. 39–48.

16. Eremenko V.S., Naumova V.V. A multi-platform ecosystem for computing in Earth sciences // Proceedings of the All-Russian Conference with International Participation "Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes" (SDM-2021). Novosibirsk, Russia, August 24–27, 2021. P. 67–73.

17. Антопольский А.Б., Каленов Н.Е., Серебряков В.А., Сотников А.Н. О едином цифровом пространстве научных знаний // Вестник РАН, 2019. Т. 89, № 7. С. 728–735. <https://doi.org/10.31857/S0869-5873897728-735>

18. Единое цифровое пространство научных знаний: проблемы и решения: сборник научных трудов / под ред. Н.Е. Каленова, А.Н. Сотникова, 2021. <https://doi.org/10.23681/610687>.

19. Патук М.И., Наумова В.В., Еременко В.С. Цифровой репозиторий "GeologyScience.ru": открытый доступ к научным публикациям по геологии России // Электронные библиотеки. 2020. Т. 23, №6. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2020-23-6-1324-1338>

FROM AN INFORMATION AND ANALYTICAL ENVIRONMENT TO SUPPORT SCIENTIFIC RESEARCH IN GEOLOGY TO A SINGLE DIGITAL SPACE OF GEOLOGICAL SCIENTIFIC KNOWLEDGE

V. V. Naumova¹ [0000-0002-3001-1638], V. S. Eremenko² [0000-0002-5250-5743],
A. S. Eremenko³ [0000-0003-1923-8417], A. A. Zagumennov⁴ [0000-0003-1923-8417],
M. I. Patuk⁵ [0000-0003-3036-2275]

^{1, 2, 5}*State Geological Museum named after Vladimir Vernadsky, Moscow*

^{3, 4}*Institute of Automation and Control Processes FEB RAS, Vladivostok*

¹naumova_new@mail.ru, ²vitaer@gmail.com, ³academy21@gmail.com,

⁴truepikvic@gmail.com, ⁵patuk@mail.ru

Abstract

The article describes all stages of the development of an Information system for the creation, development and support of scientific research in geology: from the In-

formation and analytical environment to the Unified Digital Space of geological scientific knowledge. The current stage of the Project under development is a step forward from the traditional geographically distributed geological system to the digital environment of the future.

Keywords: *Web services, cloud services, geological data processing, geological software platform, software ecosystem for geological research, unified digital space of geological scientific knowledge.*

REFERENCES

1. *Lavrova O.Ju., Lupjan E.A., Mitjagina M.I., Uvarov I.A.* Informacionnaja sistema See the Sea: tekushhie vozmozhnosti i perspektivy razvitija // "Informacionnye tehnologii v distancionnom zondirovanii Zemli - RORSE 2018". IKI RAN, 2019. P. 367–373.
2. *Tolpin V.A., Balashov I.V., Efremov V.Ju., Lupjan E.A., Proshin A.A., Uvarov I.A., Flitman E.V.* Sozdanie interfejsov dlja raboty s dannymi sovremennyh sistem distancionnogo monitoringa (sistema GEOSMIS) // *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa*. 2011. Vol. 8. No 3. P. 93–108.
3. *Peters S.E., Husson J.M., Czaplewski J.* Macrostrat: a platform for geological data integration and deep-time Earth crust research. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. Preprint available on EarthArXiv 27, Jan. 2018.
<http://doi.org/doi:10.17605/OSF.IO/YNAXW>
4. *Klein L.J., Marianno F.J., Albrecht C.M., Freitag M., Hamann H.F.* PAIRS: A scalable geospatial data analytics platform, *IEEE Conference on Big Data (Big Data)* 290–1298, (2015). <http://doi.org/doi:10.1109/BigData.2015.7363884>
5. *Naumova V.V., Platonov K.A., Eremenko V.S., Dyakov S.E.* Information and Analytical Environment to Support Scientific Research in Geology: Current Status and Development Perspectives // *Proceedings of the V International Conference “Information Technologies in Earth Sciences and Applications for Geology, Mining and Economy (ITES&MP-2019)”*, Moscow, Russia, October 14–18, 2019. Published on CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org, ISSN 1613-0073). Vol. 2527, P. 36–41.

6. *Naumova V.V., Eremenko V.S., Platonov K.A., Dyakov S.V., Patuk M.I., Eremenko A.S.* Development of geographically distributed information-analytical geological environment // Russian Journal of Earth Sciences. 2019. Vol. 19, No. 6.

<http://doi.org/10.2205/2019ES000696>

7. *Naumova V.V., Platonov K.A., Eremenko V.S., Patuk M.I., Dyakov S.E.* Informacionno-analiticheskaja sreda dlja podderzhki nauchnyh issledovanij v geologii: tekushhee sostojanie i perspektivy razvitija // Trudy XVII Mezhdunarodnoj konferencii «Raspredelennye informacionno-vychislitelnye resursy. Cifrovye dvojniki i bolshie dannye (DICR-2019). 2019. P. 139–147.

8. *Eremenko V.S., Naumova V.V., Platonov K.A., Dyakov S.E., Eremenko A.S.* The main components of a distributed computational and analytical environment for the scientific study of geological systems // Russian Journal of Earth Sciences. 2018. Vol. 18, Issue 6.

9. *Zagumennov A.A., Naumova V.V.* Development of the computing node for processing satellite imagery and spatial data for earth sciences // Proceedings of the All-Russian Conference with International Participation "Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes" (SDM-2021). Novosibirsk, Russia, August 24–27, 2021. P. 272–279.

10. *Platonov K.A., Naumova V.V.* The Center of quantitative data on geology: current state and prospects for development // Russian Journal of Earth Sciences. 2020. Vol. 20. <https://doi.org/10.2205/2020ES000755>

11. *Ivanov S.D.* Interaktivnyj reestr geosensorov na osnove veb-prilozhenija // Kompjuternye issledovanija i modelirovanie. 2016. Vol. 8, No. 4. P. 621–632.

12. *Tkaczyk D., Szostek P., Fedoryszak M., Dendek P., Bolikowski L.* CERMINE: automatic extraction of structured metadata from scientific literature // In International Journal on Document Analysis and Recognition. 2015. Vol. 18, No. 4. P. 317–335.

13. *Maynard D., Bontcheva K., Augenstein I.* Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology // December 2016. Vol. 6, No. 2. P. 1–194.

14. *Eremenko V.S., Naumova V.V., Zagumennov A.A., Bulov S.V.* Cloud technologies for development of geographically distributed computational and analytical Geological environment // Computational technologies. 2021. Vol. 26. Issue 1. P. 86–98.

15. *Eremenko V.S., Naumova V.V.* Sistema katalogizacii i monitoringa territorialno raspredelennyh vychislitelnyh uzlov v srede WPS servisov dlja reshenija geologicheskikh zadach // Vestnik NGU. Serija: Informacionnye tehnologii. 2019. Vol. 17, No. 2. P. 39–48.

16. *Eremenko V.S., Naumova V.V.* A multi-platform ecosystem for computing in Earth sciences // Proceedings of the All-Russian Conference with International Participation "Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes" (SDM-2021). Novosibirsk, Russia, August 24–27, 2021. P. 67–73.

17. *Antopolskij A.B., Kalenov N.E., Serebrjakov V.A., Sotnikov A.N.* O edinom cifrovom prostranstve nauchnyh znaniy // Vestnik RAN, 2019. Vol 89, No. 7. P. 728–735. <https://doi.org/10.31857/S0869-5873897728-735>

18. Edinoe cifrovoe prostranstvo nauchnyh znaniy. Problemy i reshenija. Sbornik nauchnyh trudov. Edited by *Kalenov N.E., Sotnikov A.N.*, 2021. <https://doi.org/10.23681/610687>.

19. *Patuk M.I., Naumova V.V., Eremenko V.S.* Cifrovoy repozitorij "GeologyScience.ru": otkrytyj dostup k nauchnym publikacijam po geologii Rossii // Elektronnye biblioteki, 2020, Vol. 23, No. 6. <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2020-23-6-1324-1338>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

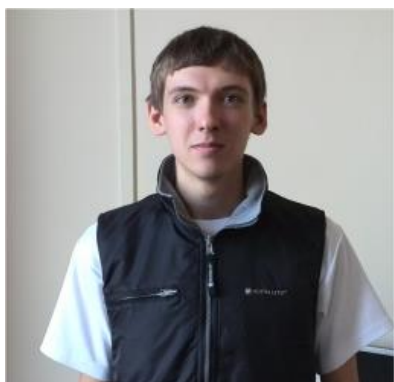


НАУМОВА Вера Викторовна – д. г.-м. н., г. н. с., зав. Научным отделом Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия.

Vera Viktorovna NAUMOVA – Prof., head of SGM scientific department, Vernadsky State Geological Museum RAS, Moscow (Russia).

email: naumova_new@mail.ru,

ORCID: 0000-0002-3001-1638



ЕРЁМЕНКО Виталий Сергеевич – младший научный сотрудник, Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия.

Vitaliy Sergeevich EREMENKO – Junior researcher of SGM scientific department, Vernadsky State Geological Museum RAS, Moscow (Russia).

email: vitaer@gmail.com,

ORCID: 0000-0002-5250-5743



ЕРЕМЕНКО Александр Сергеевич – программист (внештатный сотрудник), Государственный Геологический музей им. В.И. Вернадского РАН; старший научный сотрудник, кандидат технических наук, Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток, Россия.

Aleksandr Sergeevich EREMENKO – contract programmer of SGM scientific department, Vernadsky State Geological Museum RAS, Moscow (Russia); Ph.D, Senior researcher of Institute of automatic and control processes of FEB RAS, Vladivostok (Russia).

email: academy21@gmail.com,

ORCID: 0000-0003-1923-8417



ЗАГУМЕННОВ Алексей Андреевич – программист (внештатный сотрудник), Государственный Геологический музей им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия; младший научный сотрудник, Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток, Россия.

Aleksey Andreevich ZAGUMENNOV – contract programmer of SGM scientific department, Vernadsky State Geological Museum RAS, Moscow (Russia); Junior researcher of Institute of automatic and control processes of FEB RAS, Vladivostok (Russia).

email: truepikvic@gmail.com,

ORCID: 0000-0002-0501-5362



ПАТУК Михаил Иванович – к. г.-м. н., и. о. н. с., научный отдел Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия.

Michail Ivanovich PATUK – PhD, scientific department, Vernadsky State Geological Museum RAS, Moscow (Russia).

email: patuk@mail.ru

ORCID: 0000-0003-3036-2275

Материал поступил в редакцию 18 февраля 2022 года

УДК 004.021, 004.42

НАУЧНЫЕ ИЗДАТЕЛЬСКИЕ СЕРВИСЫ НА ПЛАТФОРМЕ LOBACHEVSKII-DML

О. А. Невзорова¹ [0000-0001-8116-9446], К. С. Николаев² [0000-0003-3204-238X]

^{1, 2}Казанский (Приволжский) федеральный университет, ул. Кремлевская, 35,
г. Казань, 420008

¹onevzoro@gmail.com, ²konnikolaeff@yandex.ru

Аннотация

Проведен обзор существующих цифровых информационно-издательских систем и существующих способов расширения их функционала, а также предложен проект формирования набора сервисов для расширения функционала издательской системы Open Journal Systems на платформе цифровой математической библиотеки Lobachevskii-DML. Предлагаемый набор сервисов включает в себя сервисы, ориентированные на авторов статей, а также предназначенные для редакции журнала. Описаны существующие разработки отдельных сервисов в составе проекта, а также предложения для расширения комплекса научно-издательских сервисов.

Ключевые слова: информационная система научного журнала, научные журналы, рекомендационные системы, Open Journal Systems, Lobachevskii-DML.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время электронные издания являются главным источником научной информации, и многие традиционные научные печатные издания имеют электронные версии. Переход к электронным версиям научных журналов обусловлен рядом причин, среди которых можно отметить:

1. Возможность более широкого распространения информации, представленной в журнале, путем предоставления открытого доступа к полному тексту выпуска журнала и/или индексации в системах индексирования научных журналов [1–3];
2. Гораздо более оперативный процесс корректировки и стилевой валидации рукописей статей [4];

3. Выпуск номера электронного журнала не связан с расходами на тиражирование и распространение;
4. Возможность автоматизации некоторых этапов издательского процесса.

Часто следствием упрощения и ускорения издательского процесса стало общее увеличение количества выпусков определенного издания за год. Однако при этом возрастает нагрузка на редколлегии журналов по объему обрабатываемой информации. Эта проблема частично может быть решена с помощью использования удобных полнофункциональных информационно-издательских систем (ИИС). Под ИИС понимается программная система, обеспечивающая сбор и подготовку научных документов для издания, также включающая набор сервисов, направленных на автоматизацию некоторых этапов издательского процесса.

РЫНОК ИНФОРМАЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКИХ СИСТЕМ

Оптимальная ИИС должна иметь функционал для выполнения всех этапов издательского процесса и быть максимально комфортной для редакторов и авторов статей. На данный момент существует множество ИИС, упрощающих процесс подготовки и публикации научных трудов в электронном виде. Среди них можно выделить проприетарные (<https://www.maventricks.com/JMS/>, <https://www.ubijournal.com/>, <https://ejmanager.com/> и другие) и системы с открытым исходным кодом.

Рассмотрим функционал, возможности автоматизации, преимущества и текущий статус ряда ИИС. Цель данного краткого обзора – выделение типовых и оригинальных решений при разработке ИИС.

Ambra (<https://plos.github.io/ambraproject>) – это платформа с открытым исходным кодом для публикации научных статей. Платформа предоставляет возможности для обсуждения статьи после публикации, а также поддерживает версию статей. Некоторые журналы издательства Public Library of Science (<http://plos.org/>) работают на этой платформе. Платформа имеет упрощенную форму загрузки документов и не поддерживает создание ролей пользователей. Отсутствуют также компоненты для организации процесса рецензирования. В целом данный сервис организует только хранилище и визуализацию статей. Так как платформа не поддерживает подключение плагинов, возможности автома-

тизации платформы сильно ограничены. Данный проект можно рассматривать как базовый с минимальным набором издательских сервисов.

Annotum (<https://annotum.org/>) является надстройкой для системы управления контентом сайта WordPress (<https://wordpress.org/>). Эта ИИС предоставляет функционал для авторов и редакторов, поддерживает ввод и визуализацию формул, таблиц и изображений. В системе различаются роли авторов, рецензентов и редакторов (пользователям с разными ролями предоставляется различный уровень доступа к документам, а также доступный функционал), включает в себя модули визуализации и экспорта документов, а также формирование цитирований с помощью поискового модуля. Для автоматизации части процессов существует возможность подключения плагинов, поскольку основой всей системы является функционал WordPress. На время функционирования проекта его преимущество заключалось в использовании распространенной и активно поддерживаемой платформы WordPress. Следовательно, установка, настройка и использование ИИС не требовало специальной подготовки. Наиболее интересные решения системы связаны с введением системы ролей пользователей и специализацией функционала. Последняя версия Annotum вышла 22 ноября 2016 года (проект закрыт в связи с частой сменой внутренней структуры WordPress).

Janeway (<https://janeway.systems>) – бесплатная платформа для публикации электронных документов, разработанная в Центре технологий и издательского дела, Биркбек, Лондонский университет (the Centre for Technology and Publishing, Birkbeck, University of London, <https://github.com/BirkbeckCTP>) совместно с Открытой гуманитарной библиотекой (the Open Library of Humanities, UK, <https://www.openlibhums.org/>). В платформе присутствуют поддержка большого количества ролей пользователей и прав доступа, отличная структура рабочего процесса и удобный интерфейс. Основной код платформы создан на языке программирования Python, что упрощает доработку и расширение системы и является важным преимуществом данной системы. В каждый созданный журнал встроен широкий набор компонентов – рецензирование, этапы набора текста и корректуры, интеграция с DOI и др. Последнее обновление платформы состоялось 20 ноября 2021 года.

Open Journal Systems (OJS) (<https://pkp.sfu.ca/ojs/>) – платформа для управления электронными журналами, поддерживающая тонкую настройку ролей пользователей, изолированные настройки отдельных журналов. Существует регистрация пользователей. Права доступа и доступные функции зависят от роли пользователя. Платформа имеет оригинальное решение в виде поддержки иерархии объектов, включающей журналы, выпуски, статьи. Также реализован сравнительно простой процесс установки системы. Расширяемость достигается благодаря возможности создания и подключения плагинов. Проект регулярно обновляется (последнее обновление – 30 августа 2021 года).

Elpub (<https://elpub.ru/>) — проприетарная платформа для поддержки публикационной активности, предлагающая услуги создания журналов, подготовки и публикации выпусков, формирования архива выпусков. Платформа поддерживает поиск по метаданным и полным текстам, автоматическую отправку выпусков в РИНЦ (Российский индекс научного цитирования, https://www.elibrary.ru/project_risc.asp) и другие системы цитирования, чтение документов в разных форматах, расширение документа мультимедийными материалами. Отсутствуют возможности для расширения функционала, так как исходный код проекта закрыт. В данный момент проект активно развивается и обладает развитым функционалом сервисов, которые желательно перенести на открытые платформенные решения.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ СЕРВИСЫ ДЛЯ ИИС

Рассмотрим существующие виды и реализации программных сервисов, разработанных для поддержки электронных научных изданий.

Важным сервисом для электронных научных журналов является сервис, обеспечивающий автоматическое извлечение данных из научной статьи для определения или уточнения ее тематики и научных интересов автора. Можно отметить ряд работ, в которых представлены результаты по автоматическому извлечению логической структуры научных статей на основе машинного обучения [5] и методы для автоматического выделения информации из научных документов [6, 7]. Подобные методы могут быть использованы на этапе подбора рецензентов для статей (см. рис. 1).

Основным способом определения соответствия новой статьи тематике журнала и общей научной ценности статьи является процесс рецензирования. Специализированные научно-издательские сервисы позволяют автоматизировать некоторые составляющие этого процесса.

Например, в [8] обсуждается разработка эффективной системы рекомендаций и отчетности по рецензированию для OJS для более точной оценки качества экспертизы статей. Сделана попытка повысить объективность оценки статьи редакторами журнала на основе автоматического построения реферата текста с учетом его структурных особенностей. Реферат текста строится с использованием алгоритма TextRank (вариант известного алгоритма PageRank), что позволяет дать редакторам быстрое представление о содержании статьи, сокращая время и ресурсы, используемые для ее оценки, что может повысить объективную точность оценки статьи.

Авторы [9] предлагают интерактивную систему для рецензирования научных статей, включающую функционал для эмоциональной и информативной окраски конкретных замечаний по стилю, содержанию или формулировке участков текста. Такой подход к рецензированию позволяет улучшить понимание результатов отзывов авторами и, следовательно, приводит к улучшению качества будущих статей.

В [10] описан программный продукт AR-Annotator для автоматической аннотации научных статей и их рецензий в целях публикации в виде открытых связанных данных. Этот продукт использует текстовый редактор, в который загружаются статья и рецензия, что позволяет привязать части рецензии к соответствующим участкам научной статьи. Документ, дополненный комментариями рецензента, становится более удобным для чтения и анализа.

Далее рассмотрим идеи и решения, направленные на использование результатов деятельности ИИС в различных приложениях.

В [11] авторы рассматривают применение систем веб-аналитики для определения успешности журналов и статей в интернете. Под веб-аналитическими системами обычно понимают программные продукты, отслеживающие различные параметры веб-ресурсов (например, количество посещений страниц, время удержания пользователя на определенных страницах, общее количество запро-

сов к веб-ресурсу, географическое и демографическое распределения пользователей). Именно эти метрики и предлагают оценивать авторы. Информация об аудитории и её интересах позволяет более эффективно распределять человеческие и финансовые ресурсы при организации работы электронных журналов.

В работе [12] авторы представляют проект поисковой системы, направленной на оказание консультативной помощи начинающим авторам. Эта система собирает информацию о научных конференциях, используя открытые связанные данные (LOD). Таким образом, поисковые результаты содержат не только информацию по совпадению ключевых слов запроса, но и дополнительную информацию, найденную по связям в наборе LOD.

В [13] рассмотрены вопросы безопасности и защищенности системы OJS. В статье определены основные типы уязвимостей, связанные, в основном, с доступом к директориям платформы и подменой загружаемых файлов на вредоносные, а также предложен набор плагинов для защиты базы данных платформы от внешних воздействий.

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ЦИФРОВОЙ БИБЛИОТЕКИ LOBACHEVSKII-DML

В большинстве случаев платформы для организации электронного научного журнала предоставляют структуру данных для хранения информации о научных документах, а также интерфейс для управления этими данными.

Для цифровой библиотеки Lobachevskii-DML платформа OJS была выбрана по ряду причин, подробно описанных в [14]. Это решение имеет:

- 1) Открытый исходный код;
- 2) Разделенные уровни доступа для авторов и рецензентов статей, а также редакторов журналов;
- 3) Инструментарии для чтения статей в pdf- и html-форматах;
- 4) Модульную структуру (MVC);
- 5) Кроссплатформенность;
- 6) Расширяемость (возможность создавать и подключать плагины на языке PHP).

Полный переход от ручного процесса подготовки статьи к публикации к максимально автоматизированному процессу является важным этапом жизненного цикла научного издания. Обеспечение и расширение существующих свободных ИИС набором интеллектуальных научно-издательских сервисов, предоставляющих широкий спектр полезных функций для авторов и редакции журналов, являются актуальными задачами. В настоящей статье предложен набор научно-издательских сервисов для платформы Lobachevskii-DML, способных упростить и автоматизировать для авторов и редакторов научных журналов процесс создания и публикации научных статей. Сервисы из этого проекта соотносятся с этапами издательского процесса, приведенного на рисунке 1.

На рисунке 1 приведены основные этапы издательского процесса, который включает подготовку статьи автором, отправку статьи на регистрацию в журнал, рецензирование статьи, доработку статьи с учетом замечаний рецензентов, редакционную подготовку статьи к публикации, публикацию, индексацию и передачу статьи в архив [15].



Рис. 1. Схема издательского процесса (из [15], стр. 121)

Далее при описании научно-издательских сервисов мы будем указывать их отнесенность к соответствующим этапам издательского процесса.

ЦЕЛИ И СТРУКТУРА ПРОЕКТА ИЗДАТЕЛЬСКИХ СЕРВИСОВ ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ LOBACHEVSKII-DML

Целями разработки проекта научно-издательских сервисов являются расширение существующих возможностей информационно-издательской системы Lobachevskii-DML по подготовке статей к публикации и поддержки издательской деятельности и, как следствие, улучшение качества и снижение трудозатрат при подготовке выпусков научных журналов.

По целям использования выделены специализированные сервисы, предназначенные для помощи авторам статей, и сервисы для редакции изданий. Список предлагаемых сервисов приведен ниже.

а. Функционал сервисов для авторов статей включает:

- Отображение списка статей, близких по тематике;
- Персональные рекомендации статей автору на основе данных его профиля, а также на основе научных интересов других исследователей, которые имеют профили, близкие с профилем автора;
- Синтаксический и семантический поиск по формулам в математических статьях;
- Проверка и рекомендация для статьи корректного кода УДК;
- Построение списка актуальных конференций и научных журналов в области исследований автора статьи;
- Рекомендации молодым исследователям по написанию статей и диссертаций;
- Интерфейс для отправки статьи на корректуру.

б. Функционал сервисов для редакторов научных журналов включает:

- Проверка структуры статьи на соответствие шаблону журнала;
- Автоматизированный подбор рецензентов;
- Нормализация метаданных статей и другие инструменты подготовки метаданных статьи;

- Оформление библиографических списков;
- Автоматизированная проверка учета замечаний рецензентов в тексте статьи.

ФУНКЦИОНАЛ И РЕАЛИЗАЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ СЕРВИСОВ

Рассмотрим каждый из названных сервисов более подробно и укажем степень его реализации в настоящем проекте (рис. 2). На рисунке 2 представлен проект комплекса научно-издательских сервисов, расширяющих функционал информационно-издательской системы Lobachevskii-DML.



Рис. 2. Степень готовности сервисов, ориентированных на авторов статей

Сервис «Персональные рекомендации статей автору на основе данных его профиля, а также на основе научных интересов других исследователей, которые имеют близкие профили с автором» (Рис. 2а) реализован в классической технологии рекомендательных систем [16]. Результаты близких решений описаны в [17]. Базовый алгоритм сервиса подбора статей, релевантных интересам пользователя, использует документы в профиле автора, ранее прочитанные или добавленные им. Для поиска близких документов строится векторная модель статьи автора, которая затем сравнивается с векторами других статей по некоторой метрике сравнения. Таким образом формируется список рекомендованных статей, близких по содержанию. Планируется дополнительное внедрение коллабо-

ративной фильтрации, при которой в формируемый список рекомендованных статей включаются статьи, интересные исследователям из того кластера, в который по определенным критериям попадает автор.

Сервис «Синтаксический и семантический поиск по формулам в математических статьях» (Рис. 2b) предоставляет функционал для поиска формул в статьях по поисковым запросам, в которых могут быть указаны как названия переменных в формуле – семантический поиск, так и синтаксический поиск по формальной структуре математической формулы. Подход к реализации семантического поиска описан в [18]. Он использует результаты автоматической разметки документов понятиями из онтологии профессиональной математики OntoMathPro [19]. Подробнее об онтологии OntoMathPro можно узнать в [18]. Фрагмент онтологии, связанный с указанием разделов математики, представленных в онтологии, приведен на Рис. 3. Помимо семантического поиска поисковая система содержит модуль синтаксического поиска, опирающегося на структуру и заранее определенное формализованное представление математической формулы.

Сервис «Отображение списка статей, близких по тематике» (Рис. 2c) автоматически выделяет метаданные статьи, просматриваемой пользователем, и предлагает набор статей с частично или полностью совпадающими данными (например, совпадающими ключевыми словами, терминами в аннотации и др.).

Сервис «Интерфейс для отправки статьи на корректуру» (Рис. 2d) предоставляет набор элементов интерфейса для отправки статьи эксперту на корректуру. Этот компонент предназначен для начинающих исследователей, которым требуются консультации при написании и оформлении статьи. Интерфейс предоставляет форму загрузки документа и список доступных экспертов, оказывающих консультационные услуги.

Сервис «Проверка и рекомендация для статьи корректного кода УДК» (Рис. 2e) анализирует метаданные и содержимое статьи и предлагает автору набор наиболее подходящих кодов УДК. В этом сервисе предлагается использовать алгоритмы из [17], а именно, метод формирования тематического вектора статьи на основе математических терминов, извлеченных из полного текста. Под тематическим вектором понимается взвешенный вектор математических концептов, содержащихся в документе. В качестве источника математических терминов ис-

пользуется онтология профессиональной математики OntoMathPro, содержащая более 3500 иерархически связанных концептов. Сравнение тематического вектора с усредненными тематическими векторами, построенными по коллекциям статей с определенными кодами УДК, позволит выделить набор наиболее вероятных кодов УДК для рассматриваемой статьи.

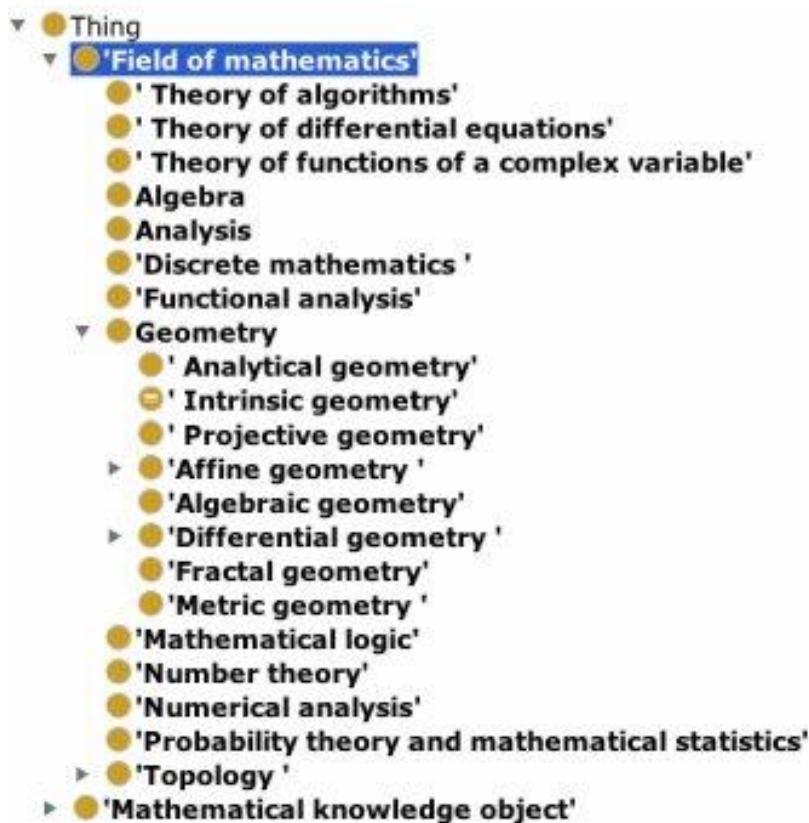


Рис. 3. Фрагмент онтологии профессиональной математики OntoMathPro (из [18], стр. 6)

Еще одним рекомендательным сервисом является сервис «Построение списка актуальных конференций и научных журналов в области исследований автора статьи» (Рис. 2f). Этот сервис по данным из профиля автора будет искать в интернете названия актуальных конференций и научных журналов в области исследований автора.

Сервис «Рекомендации молодым исследователям по написанию статей и диссертаций» (Рис. 2g) формирует по запросу пользователя список статей и ресурсов, полезных начинающим авторам для подготовки научных трудов.

Далее рассмотрим набор сервисов, ориентированных на редакторов научных журналов (этот функционал будет недоступен читателям и авторам).

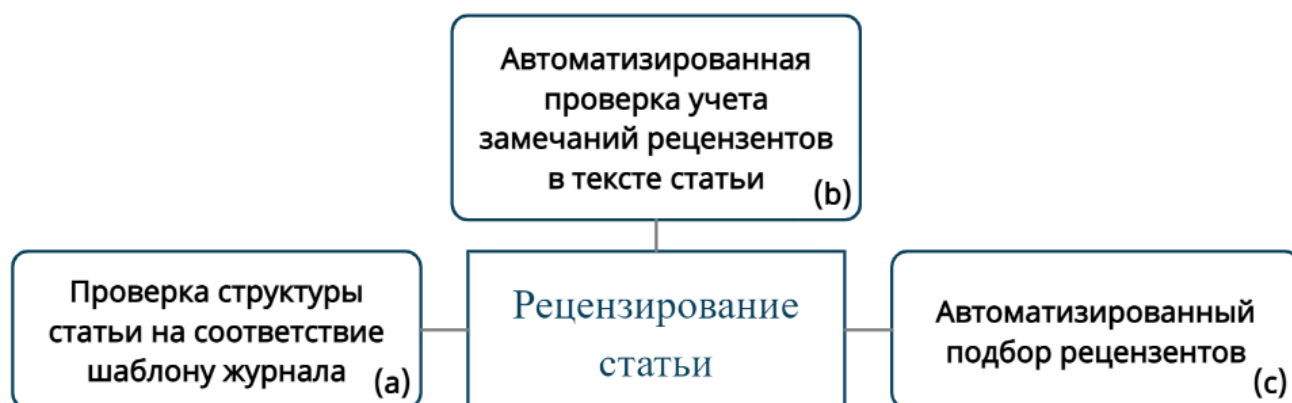


Рис. 4. Степень готовности сервисов, упрощающих процесс рецензирования статей.

Еще одну важную и трудоемкую задачу процесса подготовки статей к публикации поможет решить сервис «Проверка структуры статьи на соответствие шаблону журнала» (Рис. 4а). Алгоритмы стилевой валидации статей, поданных в журнал, описаны в [20]. Проверка стиля выполняется на основе стилевого и структурного анализа LaTeX-версий статей.

Сервис «Автоматическая проверка учета замечаний рецензентов в тексте статьи» (Рис. 4b) дает возможность проверки в интерактивном режиме исправлений, выполненных автором по замечаниям рецензентов. В тексте рецензии, как правило, указываются ссылки на конкретные участки документа, по которым у рецензента есть замечания. В модуль просмотра документов встраиваются отображение замечаний рецензента и элементы управления для их исправления. После всех исправлений рецензенту высылается откорректированная версия статьи.

Ручной подбор идеальных кандидатов для рецензирования статей – это сложная задача, особенно для статей узкоспециализированной тематики, в которой экспертов не слишком много. Эту задачу решает сервис «Автоматизированный подбор рецензентов» (Рис. 4c). Он разработан и апробирован в информационной системе научного журнала Lobachevskii Journal of Mathematics [21]. Для подбора рецензентов применяется векторная модель, в которой строится

вектор весов, отражающих заинтересованность эксперта в той или иной области знаний. При этом на значение весов компонент влияют не только тематика статей самого эксперта, но и тематика статей, которые ранее он рецензировал. В случае, если эксперт отвергает заявку на рецензирование, вес, соответствующий тематическому классификатору статьи, понижается. Таким образом, постепенно уточняется набор тематик, интересных эксперту.

На Рис. 5 представлен интерфейс сервиса по подбору наиболее подходящих рецензентов.

Home > User > Editor > Submissions > #843 > Review

#843 Рецензия

SUMMARY REVIEW EDITING HISTORY REFERENCES

Информация о публикации

Авторы: [Redacted]
 Название: Pointwise stant lightlike submersions with totally umbilical fibers
 Секция: General
 Редактор: None assigned
 Версия рецензии: 843-2142-1-RV.PDF 09.04.2019
 Supp. files: 843-2141-1-SPPDF 09.04.2019

Peer Review Round 1

Home > User > Editor > Submissions > #843 > Review > Reviewers

Рецензенты

Выбор рецензентов

Reviewing interests: [Dropdown] contains [Input] Search

Subject classification: 53B20; 53C20; 53C50

Имя рецензента	Интересы	Рекомендация	DONE
[Redacted]	General topology (Spaces with richer structures); Differential geometry (Global differential geometry)	67%	8
[Redacted]	Global analysis, analysis on manifolds (Pseudogroups, differentiable groupoids and general structures on manifolds); Partial differential equations (General topics)	38,8%	1
[Redacted]	Global analysis, analysis on manifolds (General theory of differentiable manifolds); Differential geometry (Global differential geometry)	35,2%	7
[Redacted]	Differential geometry (Global differential geometry); Global analysis, analysis on manifolds (General theory of differentiable manifolds)	33,5%	7
[Redacted]	Functions of a complex variable (Miscellaneous topics of analysis in the complex domain); Partial differential equations (Elliptic equations and systems)	29,2%	0

Рис. 5. Рекомендации по подбору рецензентов для выбранной статьи (перевод ключевых элементов интерфейса на русский язык, из [22], стр. 80)

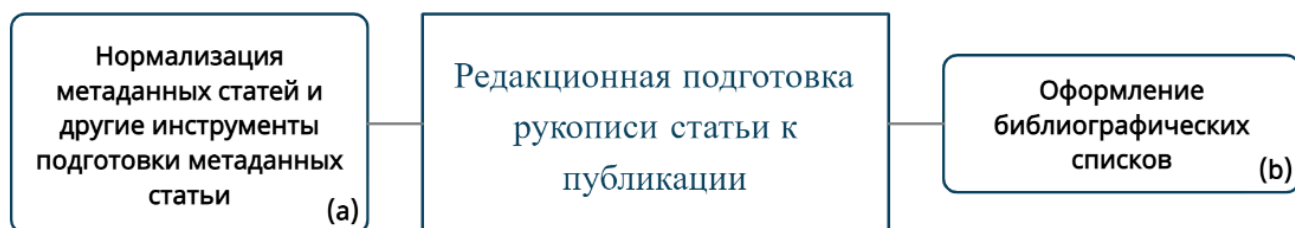


Рис. 6. Степень готовности сервисов, упрощающих процесс подготовки статей к публикации.

Сервис «Нормализация метаданных статей и другие инструменты подготовки метаданных статьи» (Рис. 6а) выполняет автоматический сбор метаданных статей, отправленных авторами, и приводит их к единому формату, подходящему для выбранной ИИС. В настоящее время данный сервис полностью реализован на платформе информационно-издательской системы Lobachevskii-DML [23]. Метаданные из статей извлекаются в автоматическом режиме на основе разметки документа и приводятся к единому формату (например, к форматам РИНЦ [24, 25], EuDML [26], DBLP [27]).

Сервис «Оформление библиографических списков» (Рис. 6б) – это сервис, автоматически составляющий библиографический список текущего выпуска журнала на основе метаданных публикуемых статей.

Описанный в статье проект комплекса научно-издательских сервисов разрабатывается в Казанском федеральном университете коллективом исполнителей проекта РФ № 21-11-00105. Важной отличительной особенностью этого набора сервисов является использование интеллектуальных технологий при их разработке. В основе таких технологий лежит ресурс – онтология профессиональной математики OntoMathPro, также разработанная ранее коллективом проекта. Поэтому все предложенные решения обладают научной новизной, обусловленной применением уникального ресурса – онтологии OntoMathPro.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены существующие информационно-издательские системы, сервисы для таких систем, а также предложен набор научно-издательских сервисов, расширяющий существующие возможности ИИС Lobachevskii-DML по подготовке статей к публикации авторами и поддержке деятельности редакций журналов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, проект № 21-11-00105.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Harzing A.W.K., van der Wal R.* Google Scholar as a new source for citation analysis // *Ethics in Science and Environmental Politics*. 2008. V. 8. No. 1. P. 61–73. <https://doi.org/10.3354/ese00076>.
2. *Reuters T.* Whitepaper using bibliometric: A guide to evaluating research performance with citation data, 2008. URL: http://ip-science.thomsonreuters.com/m/pdfs/325133_thomson.pdf, last accessed 2021/11/20.
3. *Amodio P., Brugnano L., Scarselli F.* Implementation of the PaperRank and AuthorRank indices in the Scopus database // *Journal of Informetrics*. 2021. V. 15 No. 4. P. 101–206. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2021.101206>.
4. *Ахметов Д.Ю., Елизаров А.М., Липачев Е.К.* Автоматизация редакционных процессов в информационной системе управления электронными научными журналами // *Электронные библиотеки*. 2016. Т. 18, № 1–2. С. 32–45.
5. *Klampfl S., Kern R.* Reconstructing the logical structure of a scientific publication using machine learning // *Communications in Computer and Information Science*. 2016. V. 641. P. 255–268.
6. *Nuzzolese A.G., Peroni S., Reforgiato Recupero D.* ACM: Article content miner for assessing the quality of scientific output // *Communications in Computer and Information Science*. 2016. V. 641. P. 281–292.
7. *Sateli B., Witte R.* An automatic workflow for the formalization of scholarly articles' structural and semantic elements // *Communications in Computer and Information Science*. 2016. V. 641. P. 309–320.
8. *Willy, Priatna W.S., Manalu S.R., Sundjaja A.M., Noerlina.* Development of Review Rating and Reporting in Open Journal System // *Procedia Computer Science*. 2017. V. 116. P. 645–651. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2017.10.035>.
9. *Bucur C.-I., Kuhn T., Ceolin D.* Peer Reviewing Revisited // *Proceedings of the 10th International Conference on Knowledge Capture*. 2019. P. 179–187.

<http://doi.org/10.1145/3360901.3364434>.

10. *Sadeghi A., Capadisli S., Wilm J., Lange C., Mayr P.* Opening and Reusing Transparent Peer Reviews with Automatic Article Annotation // *Publications*. 2019. V. 7. No. 1. P. 13. <http://doi.org/10.3390/publications7010013>.

11. *Caraveo A.V., Urbano C.* Analítica web en revistas acadèmiques d'accés obert: justificació, planificació i aplicacions // *BiD*. 2020. No. 45. P. 1–41. <http://doi.org/10.1344/BID2020.45.14>.

12. *Chicaiza J., Piedra N., Lopez J., Quituisaca L., Montano-Sosoranga F., Medina P., Tovar-Caro E.* A contribution to encourage the dissemination of academic publishing: Finding diffusion media by means of a search engine based on semantic technologies // *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*. 2016. P. 854–859. <http://doi.org/10.1109/EDUCON.2016.7474652>.

13. *Verma L.* OJS Security Analysis Issues, Reasons, and Possible Solutions // *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*. 2021. V. 41 No. 5. P. 391–396. <http://doi.org/10.14429/djlit.41.5.15975>.

14. *Елизаров А.М., Зуев Д.С., Липачёв Е.К.* Свободно распространяемые системы управления электронными научными журналами и технологии электронных библиотек // В сб. Тр. XV Всерос. науч. конф. «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции, RCDL'2013», Ярославль, 14–17 октября 2013 года. Ярославль: Изд-во ЯрГУ им. П.И. Демидова, 2013. С. 227–236.

15. *Плотникова И.Ю.* Внедрение систем управления издательскими процессами // *Передача, обработка, восприятие текстовой и графической информации: материалы международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 19–20 марта 2015 г.)*. 2015. С. 115–129.

16. *Ricci F., Rokach L., Shapira B.* Introduction to Recommender Systems Handbook // *Recommender Systems Handbook*. Boston, MA: Springer US. 2011. P. 1–35.

17. *Елизаров А.М., Жижченко А.Б., Жильцов Н.Г., Кириллович А.В., Липачёв Е.К.* Онтологии математического знания и рекомендательная система для коллекций физико-математических документов // *Докл. РАН*. 2016. Т. 467, № 4. С. 392–395. <http://doi.org/10.7868/S0869565216100042>.

18. *Nevzorova O.A., Zhiltsov N., Kirillovich A., Lipachev E.* OntoMathPro ontology: A linked data hub for mathematics // *Communications in Computer and Information Science*. 2014. V. 468. P. 105–119.

http://doi.org/10.1007/978-3-319-11716-4_9.

19. OntoMathPro, A Hub for Math LOD. URL: <https://ontomathpro.org/>.

20. *Ахметов Д.Ю., Елизаров А.М., Липачев Е.К.* Стилевая валидация математических документов в электронном научном журнале // *Труды Казанской школы по компьютерной и когнитивной лингвистике*. Казань, 2014. Вып. 16. С. 26–28.

21. *Elizarov A.M., Lipachev E.K., Khaydarov S.M.* Recommender System in the Process of Scientific Peer Review in Mathematical Journal // *Russian Digital Libraries Journal*. 2020. V. 23. No. 4. P. 708–732.

<http://doi.org/10.26907/1562-5419-2020-23-4-708-732>.

22. *Хайдаров Ш.М.* Модели и методы интеллектуальной обработки математических знаний в информационных системах: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Казань, 2020.

23. *Elizarov A., Lipachev E.* Digital library metadata factories // *CEUR Workshop Proceedings*. 2021. V. 2813. P. 13–21.

24. *Герасимов А.Н., Елизаров А.М., Липачев Е.К.* Формирование метаданных для международных баз цитирования в системе управления электронными научными журналами // *Электронные библиотеки*. 2015. Т. 18, № 1–2. С. 6–31.

25. *Липачев Е.К., Хайдаров Ш.М.* Методы автоматизированного извлечения метаданных научных публикаций для библиографических и реферативных баз цитирования // *Сб. науч. статей XIX Объединенной конференции «Интернет и современное общество» IMS 2016*. 2016. С. 41–48.

26. *Bouche T., Rákosnik J.* Report on the EuDML external cooperation model // *arXiv:1304.1374*, 2013.

27. DBLP XML submission format guidelines.

URL: <http://dblp.uni-trier.de/faq/dblpsubmission.xsd>, last accessed 2021/11/20.

SCIENTIFIC AND PUBLISHING SERVICES ON THE LOBACHEVSKII-DML PLATFORM

O. A. Nevzorova¹ [0000-0001-8116-9446], K. S. Nikolaev² [0000-0003-3204-238X]

^{1,2} Kazan (Volga Region) Federal University, 35 Kremlevskaya str., Kazan, 420008

¹onevzoro@gmail.com, ²konnikolaeff@yandex.ru

Abstract

The article provides an overview of existing digital publishing systems, existing ways to expand the functionality of such systems, and also proposes a project for a set of services to expand the functionality of the Open Journal Systems publishing system on the platform of the Lobachevskii-DML digital mathematical library. The proposed set of services includes services aimed at the authors of articles and intended for the editorial staff of the journal. The existing developments in individual parts of the project are described, and the main ideas for the development of all services are proposed.

Keywords: *scientific journal information system, scientific journals, recommendation systems, Open Journal Systems, Lobachevskii-DML.*

REFERENCES

1. Harzing A.W.K., van der Wal R. Google Scholar as a new source for citation analysis // *Ethics in Science and Environmental Politics*. 2008. V. 8. No. 1. P. 61–73. <https://doi.org/10.3354/esep00076>.
2. Reuters T. Whitepaper using bibliometric: A guide to evaluating research performance with citation data, 2008.
URL: http://ip-science.thomsonreuters.com/m/pdfs/325133_thomson.pdf, last accessed 2021/11/20.
3. Amodio P., Brugnano L., Scarselli F. Implementation of the PaperRank and AuthorRank indices in the Scopus database // *Journal of Informetrics*. 2021. V. 15 No. 4. P. 101–206. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2021.101206>.
4. Axmetov D.Yu., Elizarov A.M., Lipachev E.K. Avtomatizaciya redakcionny`x processov v informacionnoj sisteme upravleniya e`lektronny`mi nauchny`mi zhurnalami // *E`lektronny`e biblioteki*. 2016. T. 18, № 1–2. S. 32–45.

5. Klampfl S., Kern R. Reconstructing the logical structure of a scientific publication using machine learning // Communications in Computer and Information Science. 2016. V. 641. P. 255–268.

6. Nuzzolese A.G., Peroni S., Reforgiato Recupero D. ACM: Article content miner for assessing the quality of scientific output // Communications in Computer and Information Science. 2016. V. 641. C. 281–292.

7. Sateli B., Witte R. An automatic workflow for the formalization of scholarly articles' structural and semantic elements // Communications in Computer and Information Science. 2016. V. 641. P. 309–320.

8. Willy, Priatna W.S., Manalu S.R., Sundjaja A.M., Noerlina. Development of Review Rating and Reporting in Open Journal System // Procedia Computer Science. 2017. V. 116. P. 645–651. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2017.10.035>.

9. Bucur C.I., Kuhn T., Ceolin D. Peer Reviewing Revisited // Proceedings of the 10th International Conference on Knowledge Capture. 2019. P. 179–187. <http://doi.org/10.1145/3360901.3364434>.

10. Sadeghi A., Capadisli S., Wilm J., Lange C., Mayr P. Opening and Reusing Transparent Peer Reviews with Automatic Article Annotation // Publications. 2019. V. 7. No. 1. P. 13. <http://doi.org/10.3390/publications7010013>.

11. Caraveo A.V., Urbano C. Analítica web en revistas académicas d'accés obert: justificació, planificació i aplicacions // BiD. 2020. No. 45. P. 1–41. <http://doi.org/10.1344/BID2020.45.14>.

12. Chicaiza J., Piedra N., Lopez J., Quituisaca L., Montano-Sosoranga F., Medina P., Tovar-Caro E. A contribution to encourage the dissemination of academic publishing: Finding diffusion media by means of a search engine based on semantic technologies // IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON. 2016. P. 854–859. <http://doi.org/10.1109/EDUCON.2016.7474652>.

13. Verma L. OJS Security Analysis Issues, Reasons, and Possible Solutions // DESIDOC Journal of Library & Information Technology. 2021. V. 41. No. 5. P. 391–396. <http://doi.org/10.14429/djlit.41.5.15975>.

14. Elizarov A., Zuev D., Lipachev E. Open Scientific E-journals Management Systems and Digital Libraries Technology // CEUR Workshop Proc. Selected Papers of the 15th All-Russian Scientific Conference “Digital libraries: Advanced Methods and Tech-

nologies, Digital Collections”, Yaroslavl, Russia, October 14–17, 2013. V. 1108. P. 102–111.

15. *Plotnikova I.Yu.* Vnedrenie sistem upravleniya izdatel'skimi processami // *Peredacha, obrabotka, vospriyatie tekstovoj i graficheskoy informacii: materialy` mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Ekaterinburg, 19–20 marta 2015 g.)*. 2015. S. 115–129.

16. *Ricci F., Rokach L., Shapira B.* Introduction to Recommender Systems Handbook // *Recommender Systems Handbook*. Boston, MA: Springer US. 2011. P. 1–35.

17. *Elizarov A.M., Zhizhchenko A.B., Zhil'tsov N.G., Kirillovich A.V., Lipachev E.K.* Mathematical knowledge ontologies and recommender systems for collections of documents in physics and mathematics // *Doklady Mathematics*. 2016. V. 93, No. 2. P. 231–233. <http://doi.org/10.1134/S1064562416020174>.

18. *Nevzorova O.A., Zhiltsov N.G., Kirillovich A.V., Lipachev E.K.* OntoMathPro ontology: A linked data hub for mathematics // *Communications in Computer and Information Science*. 2014. V. 468. P. 105–119. http://doi.org/10.1007/978-3-319-11716-4_9.

19. OntoMathPro, A Hub for Math LOD. URL: <https://ontomathpro.org/>.

20. *Axmetov D.Yu., Elizarov A.M., Lipachev E.K.* Stilevaya validaciya matematicheskix dokumentov v e`lektronnom nauchnom zhurnale // *Trudy` Kazanskoj shkoly` po komp`yuternoj i kognitivnoj lingvistike*. Kazan`, 2014. Vy`p. 16. S. 26–28.

21. *Elizarov A.M., Lipachev E.K., Khaydarov S.M.* Recommender System in the Process of Scientific Peer Review in Mathematical Journal // *Russian Digital Libraries Journal*. 2020. V. 23. No. 4. P. 708–732. <http://doi.org/10.26907/1562-5419-2020-23-4-708-732>.

22. *Khaidarov Sh.M.* Modeli i metody` intellektual`noj obrabotki matematicheskix znanij v informacionny`x sistemax: Dissertaciya na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata texnicheskix nauk. Kazan`, 2020.

23. *Elizarov A., Lipachev E.* Digital library metadata factories // *CEUR Workshop Proceedings*. 2021. V. 2813. P. 13–21.

24. *Gerasimov A.N., Elizarov A.M., Lipachev E.K.* Formirovanie metadanny`x dlya mezhdunarodny`x baz citirovaniya v sisteme upravleniya e`lektronny`mi nauchny`mi zhurnalami // *E`lektronny`e biblioteki*. 2015. T. 18, № 1–2. S. 6–31.

25. *Lipachev E.K., Khaidarov Sh.M.* Metody` avtomatizirovannogo izvlecheniya metadanny`x nauchny`x publikacij dlya bibliograficheskix i referativny`x baz citirovaniya // Sb. nauch. statej XIX Ob``edinennoj konferencii «Internet i sovremennoe obshhestvo» IMS 2016. 2016. S. 41–48.

26. *Bouche T., Rákosnik J.* Report on the EuDML external cooperation model // arXiv:1304.1374, 2013.

27. DBLP XML submission format guidelines. URL: <http://dblp.uni-trier.de/faq/dblpsubmission.xsd>, last accessed 2021/11/20.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



НЕВЗОРОВА Ольга Авенировна – доцент кафедры информационных систем Института вычислительной математики и информационных технологий Казанского федерального университета, к .т. н. Основные направления научных исследований: обработка естественного языка, искусственный интеллект.

Olga Avenirovna NEVZOROVA – Kazan Federal University, Institute of Computational Mathematics and Information Technologies, Associated Professor of the Department of Information System, PhD. Major fields of scientific research are Natural Language processing, artificial intelligence.

email: onevzoro@gmail.com,
ORCID: 0000-0001-8116-9446



НИКОЛАЕВ Константин Сергеевич – ассистент кафедры системного анализа и информационных технологий Института Вычислительной математики и информационных технологий Казанского федерального университета. Основные направления научных исследований: обработка естественного языка, искусственный интеллект.

Konstantin Sergeevich NIKOLAEV – Assistant of the Department of System Analysis and Information Technologies of the Institute of Computational Mathematics and Information Technologies of Kazan Federal University. Major fields of scientific research are Natural Language processing, artificial intelligence.

email: konnikolaeff@yandex.ru,

ORCID: 0000-0003-3204-238X

Материал поступил в редакцию 28 октября 2021 года

ПОДХОД К ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ И КОНТРОЛЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТА В ХОДЕ ПРОСМОТРА ВИДЕОЛЕКЦИИ

М. Ю. Новиков¹ [0000-0002-6772-2759]

¹Институт радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина», 620078, г. Екатеринбург, ул. Мира, 32

¹nm0105@ya.ru

Аннотация

Статья посвящена вопросу применения цифровых образовательных сервисов в процессе обучения студентов высших учебных заведений. На основе опыта применения различных методов обучения и цифровых ресурсов в обучении студентов предложены новые цифровые решения, которые решают часть дидактических задач и предоставляют новые возможности для организации процесса обучения. Основным обсуждаемым вопросом – возможность индивидуализации и контроля процесса обучения в случае использования преподавателем обучающих видеоматериалов. Путем сравнения традиционной очной лекции и обучающего видео описаны положительные и отрицательные эффекты каждого из подходов к выдаче лекционного материала. На основе результатов такого сравнения предложена модель видеолекции, включающая в себя интерактивные элементы обратной связи.

Ключевые слова: методы обучения, видеоуроки, обучающее видео, цифровые сервисы.

ЦИФРОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ СЕРВИСЫ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В 2021 году Минобрнауки РФ опубликовало стратегию цифровой трансформации [10], которая определяет основные подходы достижения «цифровой зрелости» отрасли науки и высшего образования в России. Стратегия охватывает пять направлений цифровой трансформации, среди которых: архитектура цифровой трансформации, управление данными, модернизация инфраструктуры, управление кадровым потенциалом и развитие цифровых сервисов. Целями последнего

направления являются цифровизация всех значимых услуг образовательных организаций высшего образования и создание единой информационной среды взаимодействия общества, бизнеса, науки и образования. Утверждается, что развитие цифровых сервисов будет направлено на удовлетворение потребностей всех участников образовательного процесса. Следует отметить, что высшее учебное заведение является одним из таких участников, и его основным представителем в рамках образовательного процесса был и остается преподаватель.

В названной Стратегии при рассмотрении рынка цифровых образовательных сервисов фактически сделан упор только на категорию сервисов для онлайн обучения. Современные (актуальные для данного времени) цифровые технологии, перечисленные в [11], предлагается рассматривать исключительно в поле онлайн обучения, не предоставляя традиционному очному формату никаких новых цифровых образовательных инструментов.

В результате происходит ошибочное отождествление цифровых сервисов и инструментов онлайн-обучения, хотя под цифровой трансформацией отрасли понимается «комплексное преобразование деятельности участников отрасли и органов исполнительной власти, связанное с переходом к новым бизнес-моделям, каналам коммуникаций, а также процессам и культуре, которые базируются на новых подходах к управлению данными с использованием цифровых технологий» [11, с. 11]. В свою очередь под цифровыми технологиями документ предлагает понимать дискретную систему, основанную на методах кодировки и передачи информации, позволяющую решать множество разноплановых задач за кратчайшие промежутки времени. Остается неясным, почему в список этих задач не включены дидактические задачи, которые решает преподаватель в ходе процесса обучения студентов, в том числе в случае дистанционного обучения.

Цифровые образовательных сервисы могут представлять собой отдельный от традиционного очного обучения элемент. Вместо преподавателя и живого общения предоставляется только доступ к учебному контенту в цифровой форме. А если платформа предполагает наличие интерактивных элементов и игрофикации обучения, то преподаватель в аудитории представляется студентам куда менее современным, чем цифровое решение. В сегменте российского программного обеспечения для образования наблюдается явный перекоп в сторону применения систем обучения без преподавателя, в то время как в мире существует множество

программ и веб-сервисов, которые позволяют диверсифицировать деятельность студентов в ходе традиционных аудиторных занятий, ориентировать их на практическую работу и взаимодействие с лектором. При этом большинство из этих систем изначально не предназначались для применения в обучении, но педагогический энтузиасты нашли способы их адаптации для нужд дидактики. В то время, пока большинство ресурсов сосредоточено вокруг поиска цифровой альтернативы преподавателю, необходимо уделить особое внимание развитию цифровых образовательных сервисов как инструментов для преподавателя (а не вместо). Именно этот подход позволит сочетать лучшие традиции системы образования России и современные информационные технологии.

По-прежнему остается нерешенным ряд вопросов, касающихся как цифровизации образования в целом [9, 10], так и непосредственно взаимодействия между преподавателем и студентом в ходе очных занятий (в том числе с применением дистанционных форм). Например, для проведения опроса преподавателям приходится использовать традиционный устный опрос, который, как правило, не позволяет вовлечь каждого студента в работу, или применять такие цифровые решения, как Яндекс Формы, Google Forms. Последний, в свою очередь, хотя и обрел значительную популярность в сфере образования, не задумывался как педагогический инструмент. В то же время, несмотря на завершение плана по импортозамещению программного обеспечения, остаются открытыми вопросы применения зарубежных платформ, особенно с учетом требований законодательства о защите персональных данных. Таким образом, преподавателю необходим специализированный инструмент для проведения опросов и тестирования студентов, позволяющий в режиме реального времени получать ответы на вопросы, осуществлять их автоматическую проверку и визуализировать результаты для совместного обсуждения со студентами. Поскольку большинство современных студентов является носителем персональных гаджетов с доступом к интернету, принимая во внимание принцип BYOD (bring your own device) [7], при разработке следует ориентироваться на мобильные устройства [2] и облачное хранилище данных вместо использования специальных «кликеров» [1, 3, 4]. Широкое проникновение интернета и развитие инфраструктуры позволяет отказаться от построения мобильной системы аудиторного опроса на основе автономного Wi-

Fi и специального мобильного приложения в пользу использования веб-приложений, поскольку не требует выполнения множества подготовительных операций, описанных авторами [8].

ОБУЧАЮЩИЕ ВИДЕОМАТЕРИАЛЫ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Необходимо отметить, что очные занятия не только позволяют студентам задавать свои вопросы и получать ответы на них от преподавателя, но и преподаватель имеет возможность получать обратную связь от обучающихся. На основе этого педагог может установить степень понимания материала студентами и в случае необходимости изменить ход занятия в сторону повышения эффективности. Например, можно разобрать те аспекты учебного материала, которые вызывают наибольшие затруднения, провести работу над ошибками по выполненным заданиям, предложить углубленное рассмотрение какого-либо вопроса и т. п. Всего этого лишен вариант такого занятия, при котором студент просматривает видеоурок. Одновременно с этим нецелесообразным видится механическое повторение преподавателем из года в год одного и того же материала в формате лекции. Оба подхода к лекции имеют свои преимущества и недостатки.

Таблица 1. Достоинства и недостатки традиционной лекции и видеозаписи

Эффекты	Очная лекция	Видеозапись лекции
Положительные	Вариативность. Преподаватель имеет возможность выстраивать каждую лекцию, исходя из образовательных потребностей каждой группы слушателей. Взаимодействие. Имеются широкие возможности социального взаимодействия в ходе занятия. Гибкость. Формат позволяет адаптировать материал занятия под уровень слушателей.	Воспроизводимость. Ресурсы преподавателя не тратятся на механическое повторение учебного материала. Концентрированность. Качественная видеолекция содержит учебный материал в концентрированном виде.

Отрицательные	Экономическая неэффективность. Регулярное повторение одного и того же материала неэффективно ни с экономической точки зрения, ни с точки зрения профессионального развития преподавателя. Отсутствие индивидуализации на уровне студента. Формат ориентирован на группу студентов, а не на каждого студента в отдельности.	Отсутствие индивидуализации. Отсутствует индивидуализация как на уровне группы, так и на уровне каждого студента. Отсутствие взаимодействия. Отсутствует механизм обратной связи непосредственно в процессе работы с видеолекцией.
----------------------	---	---

Гипотеза, выдвигаемая нами, заключается в том, что с помощью цифровых образовательных сервисов можно реализовать такой подход применения обучающих видеозаписей, при котором сочетаются достоинства и очной лекции, и записи видеолекции. Поскольку информационные технологии призваны среди прочего автоматизировать рутинные процессы, а применение видеозаписей в этом смысле имеет заметные преимущества и потенциальные возможности, дальнейшие рассуждения будут основаны на использовании видеозаписей с последующим нивелированием отрицательных эффектов от их использования с помощью цифровых образовательных сервисов. Необходимо предложить механизм, позволяющий добавлять к обучающим видеозаписям интерактивные элементы, которые будут обеспечивать в дополнение к имеющимся преимуществам, как минимум:

- индивидуализацию на уровне конкретного студента;
- обратную связь в ходе просмотра видеозаписи.

Отталкиваясь от опыта разработки и применения интерактивных учебных видеоматериалов в школьной среде [5, 6] и с учетом специфики лекционных занятий в вузах, важными представляются следующие потребности:

- возможность верификации того, что студент действительно посмотрел обучающее видео;
- возможность узнать, какие именно элементы видеозаписи были непонятны каждому студенту в отдельности;

- возможность сконструировать индивидуальный маршрут в ходе видеолекции на основе обратной связи;
- возможность оценки деятельности студента при просмотре видеозаписи.

Если в ходе очного лекционного занятия с группой студентов у преподавателя есть возможность задавать вопросы и давать задания, а затем получать обратную связь и на ее основе управлять деятельностью обучающихся, то в случае с видеозаписью можно добиться этого с помощью цифровых сервисов. Например, по аналогии с традиционной очной лекцией, на которой в определенный момент повествования преподаватель адресует вопрос конкретному студенту группы для контроля усвоения знаний, в видеозаписи могут быть предусмотрены аналогичные вопросы (или задания) с автоматической проверкой.

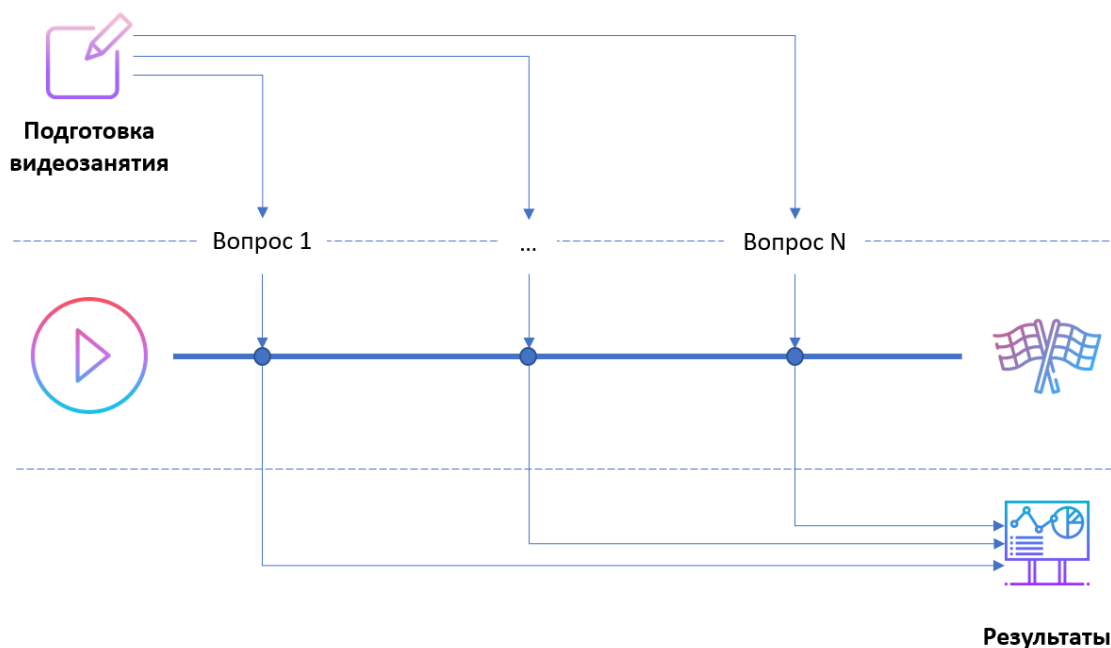


Рисунок 1. Модель видеурока с элементами контроля усвоения материала

Второй сценарий применения обратной связи – индивидуализация лекции – может достигаться посредством переходов по видеоконтенту в зависимости от реакции студента на интерактивный элемент. Покажем это на примере вопроса, последующего ответа студента и реакции на него.

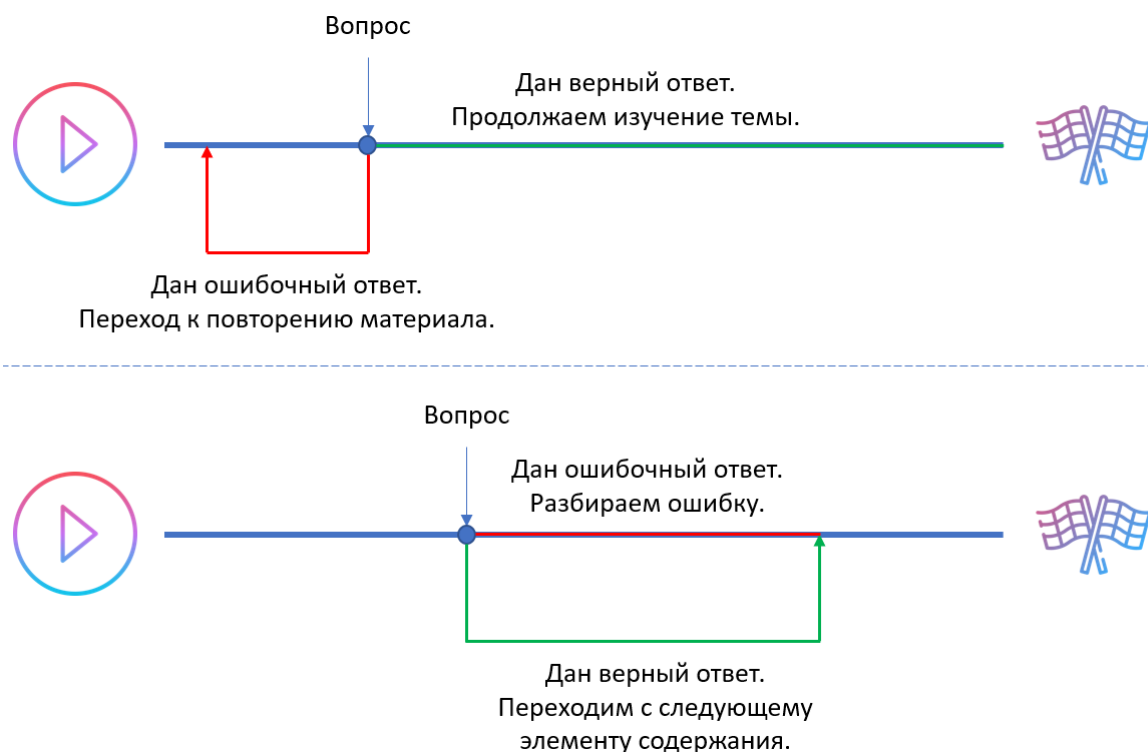


Рисунок 2. Модель видеоурока с переходами по материалу

В первом примере в случае неверного ответа на вопрос зритель перемещается по видеоконтенту в то место, где был дан материал, содержащий ответ для повторения. Во втором примере в случае неверного ответа видеоконтент продолжается и проводится разбор ошибки, а в случае верного ответа – осуществляется переход к следующему элементу содержания лекции. Возможно конструирование и других, более сложных вариантов индивидуализации обучающего видео через интерактивные элементы и переходы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цифровые образовательные технологии позволяют добавить к обучающим видеоматериалам интерактивные элементы, обеспечивающие индивидуализацию и возможности для оценивания деятельности студентов непосредственно в ходе просмотра видеолекций через обратную связь. Дальнейшее развитие работы предполагает разработку цифрового решения для создания преподавателями видеозанятий с обратной связью, описание условий и ограничений применения интерактивных видеолекций и сценариев их использования на разных дисциплинах, а также апробацию и анализ эффектов от внедрения описанного подхода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дронова Е.Н.* Элементы мобильного обучения в высшем образовании: разработка и проведение онлайн-опросов с помощью интернет-сервиса Kahoot // Проблемы современного образования. 2020. №4. С. 196–208.
<http://doi.org/10.31862/2218-8711-2020-4-196-208>
 2. *Капина А.А.* Образовательные возможности магистратуры в подготовке будущих учителей к применению мобильных технологий в учебном процессе // Проблемы современного педагогического образования. 2021. №71-3. С. 43–47.
 3. *Круподерова Е.П., Круподерова К.Р.* Развитие цифровой компетентности будущих магистров педагогического образования // Проблемы современного педагогического образования. 2021. №72-4. С. 152–154.
 4. *Ларионов В.Г., Шереметьева Е.Н., Горшкова Л.А.* Цифровая трансформация высшего образования: технологии и цифровые компетенции // Вестник АГТУ. Серия: Экономика. 2021. №2. С. 61–69.
<http://doi.org/10.24143/2073-5537-2021-2-61-69>
 5. *Новиков М.Ю.* Интерактивное видео в обучении: опыт разработки и использования цифровых ресурсов // Стратегические ориентиры современного образования: сб. ст. по матер. междунар. науч. практ. конф. Екатеринбург: УрГПУ, 2020. С. 266–269.
 6. *Новиков М.Ю.* Применение интерактивного видео в системе методов мобильного обучения на уроках информатики // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: сб. ст. по матер. X междунар. науч.-практ. конф. № 1(10). Новосибирск: СибАК, 2018. С. 69–74.
 7. *Паскова А.А.* Мобильное обучение в высшем образовании: технологии BYOD // Вестн. Майкопского гос. технол. ун-та. 2018. № 4. С. 98–105.
 8. *Стариченко Б.Е., Сардак Л.В., Туголукова Э.Ф.* Мобильная система аудиторного опроса // Педагогическое образование в России. 2015. №7. С. 141–145.
 9. *Стариченко Б.Е.* Цифровизация образования: реалии и проблемы // Педагогическое образование в России. 2020. № 4. С. 16–26.
<http://doi.org/10.26170/po20-04-02>.
 10. *Стариченко Б.Е.* Цифровизация образования: иллюзии и ожидания // Педагогическое образование в России. 2020. № 3. С. 49–58.
<http://doi.org/10.26170/po20-03-05>.
-

11. Стратегия цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования.

URL: <https://www.minobrnauki.gov.ru/upload/iblock/e16/dv6edzmr0og5dm57dtm0wyllr6uwujw.pdf> (дата обращения: 11.10.2021).

AN APPROACH TO INDIVIDUALIZATION AND CONTROL OF STUDENTS' ACTIVITIES DURING WATCHING A VIDEO LECTURE

M. Yu. Novikov¹ [0000-0002-6772-2759]

The Engineering School of Information Technologies, Telecommunications and Control Systems, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg

¹nm0105@ya.ru

Abstract

The article is devoted to the issue of the use of digital educational services in the process of teaching students of higher educational institutions. Based on the experience of using various teaching methods and digital resources in teaching students, new digital solutions are proposed that solve some of the didactic tasks and provide new opportunities for organizing the learning process. The main issue under discussion is the possibility of individualization and control of the learning process in the case of the use of teaching video materials by the teacher. By comparing the traditional face-to-face lecture and the training video, the positive and negative effects of each of the approaches to the delivery of lecture material are described. Based on the results of such a comparison, a video lecture model is proposed that includes interactive feedback elements.

Keywords: *digital services, digital educational environment, teaching methods, video tutorials, instructional video.*

REFERENCES

1. *Dronova E.N.* Jelementy mobil'nogo obuchenija v vysshem obrazovanii: razrabotka i provedenie onlajn-oprosov s pomoshh'ju internet-servisa Kahoot // Problemy sovremennogo obrazovanija. 2020. №4. S. 196–208. <http://doi.org/10.31862/2218-8711-2020-4-196-208>
2. *Kapina A.A.* Obrazovatel'nye vozmozhnosti magistratury v podgotovke budushhikh uchitelej k primeneniju mobil'nyh tehnologij v uchebnom processe // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovanija. 2021. №71-3. S. 43–47
3. *Krupoderova E.P., Krupoderova K.R.* Razvitie cifrovoj kompetentnosti budushhikh magistrov pedagogicheskogo obrazovanija // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovanija. 2021. №72-4. S. 152–154.
4. *Larionov V.G., Sheremet'eva E.N., Gorshkova L.A.* Cifrovaja transformacija vysshego obrazovanija: tehnologii i cifrovye kompetencii // Vestnik AGTU. Serija: Jekonomika. 2021. №2. S. 61–69. <http://doi.org/10.24143/2073-5537-2021-2-61-69>
5. *Novikov M.Ju.* Interaktivnoe video v obuchenii: opyt razrabotki i ispol'zovanija cifrovyyh resursov // Strategicheskie orientiry sovremennogo obrazovanija: sb. st. po mater. mezhdunar. nauch. prakt. konf. Ekaterinburg: UrGPU, 2020. S. 266–269.
6. *Novikov M.Ju.* Primenenie interaktivnogo video v sisteme metodov mobil'nogo obuchenija na urokah informatiki // Jeksperimental'nye i teoreticheskie issledovanija v sovremennoj nauke: sb. st. po mater. X mezhdunar. nauch.-prakt. konf. № 1(10). Novosibirsk: SibAK, 2018. S. 69–74.
7. *Paskova A.A.* Mobil'noe obuchenie v vysshem obrazovanii: tehnologii BYOD // Vestn. Majkopskogo gos. tehnol. un-ta. 2018. № 4. S. 98–105.
8. *Starichenko B.E., Sardak L.V., Tugolukova Je.F.* Mobil'naja sistema auditornogo oprosa // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. 2015. №7. S. 141–145.
9. *Starichenko B.E.* Cifrovizacija obrazovanija: realii i problemy // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. 2020. № 4. S. 16–26. <http://doi.org/10.26170/po20-04-02>.
10. *Starichenko B.E.* Cifrovizacija obrazovanija: illjuzii i ozhidaniya // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. 2020. № 3. S. 49–58. <http://doi.org/10.26170/po20-03-05>.
11. Strategija cifrovoj transformacii otrasli nauki i vysshego obrazovanija.

URL: <https://www.minobrnauki.gov.ru/upload/iblock/e16/dv6edzmr0og5dm57dtm0wyllr6uwtujw.pdf> (data obrashhenija: 11.10.2021).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ



НОВИКОВ Максим Юрьевич – канд. пед. наук, доцент, Институт радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург

Maxim Yurevich Novikov – Candidate of Pedagogical Sciences, The Engineering School of Information Technologies, Telecommunications and Control Systems, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg.

email: nm0105@ya.ru

ORCID: 0000-0002-6772-2759

Материал поступил в редакцию 07 марта 2022 года

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ШКОЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ – ОТ ЦЕЛЕЙ ОБУЧЕНИЯ К ТЕХНОЛОГИЯМ

Б. Е. Стариченко¹ [0000-0003-3916-6828], Л. В. Сардак² [0000-0001-5400-6297]

^{1, 2} Уральский государственный педагогический университет, 620017, г. Екатеринбург, пр. Космонавтов, 26

¹b.starichenko@gmail.com, ²l.v.sardak@gmail.com

Аннотация

Выделены четыре категории целей изучения математики в школе: освоение теоретических положений на доказательном уровне; освоение алгоритмов решения математических задач, иллюстрирующих положения теории; использование изученных алгоритмов для решения прикладных и исследовательских задач; использование математических методов и алгоритмов при обучении программированию. Такое выделение позволяет обосновать и конкретизировать применение цифровых технологий в курсе математики, а также обеспечить их преемственность, в том числе, с последующими курсами высшей школы. Подчеркнута значимость применения мобильных и облачных технологий и приложений в самостоятельной (домашней) работе учащихся по математике.

Ключевые слова: цели изучения математики в школе, цифровые технологии в курсе математики, математические мобильные приложения, преемственность при обучении математике.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В Концепции развития математического образования в РФ отмечается, что «... выбор содержания математического образования на всех уровнях образования продолжает устаревать и остается формальным и оторванным от жизни, нарушена его преемственность между уровнями образования ...» [3, с. 2]. Одним из направлений совершенствования содержания школьного математического образования и обеспечения его преемственности с вузовским уровнем может послужить грамотное и методически оправданное использование цифровых технологий в процессе обучения математике. В настоящее время в связи с

задачей цифровой трансформации образования всех уровней, обозначенной в многочисленных программных и нормативных документах, появилось немало работ, посвященных, в том числе, применению цифровых технологий (ЦТ) при обучении математике в школе и вузе (например, [2, 4, 6]). Анализ этих работ позволяет выделить следующие их особенности:

- рассматривается использование ЦТ в аудиторной (контактной) работе; их применение при самостоятельном выполнении домашних заданий не описано и, по-видимому, не предусматривается;
- как правило, излагается фрагментарный опыт применения ЦТ при изучении конкретных тем в конкретных классах – не обсуждаются изменение характера решаемых задач и используемых для этого технологий в процессе развития содержательных линий школьного курса математики, а также их преемственность с последующими уровнями обучения;
- не отслеживается взаимосвязь разделов математики с дисциплиной «Информатика», которая, согласно ФГОС среднего образования (начального, основного среднего, общего среднего образования) входит в ту же образовательную область «Математика и информатика» и, следовательно, должны изучаться совместно.

К исходным позициям настоящей работы следует отнести:

- приоритет дидактической задачи: необходимость использования какой-либо ЦТ обусловлена поставленной целью и задачами, связанными с получением или использованием математического знания [9, с. 157];
- применение ЦТ должно предусматриваться не только в аудиторной, но и в домашней самостоятельной или проектной работах;
- в каждой содержательной линии школьной математики должна обеспечиваться преемственность, в том числе, и в применении средств ЦТ обучения;
- должно быть осуществлено взаимопроникновение содержательных линий математики и информатики.

С нашей точки зрения, следование перечисленным позициям способно обеспечить педагогически и методически оправданное использование ЦТ при обучении и изучении математики в школе.

ДИДАКТИЧЕСКИЕ ЦЕЛИ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ И ИХ СВЯЗЬ С ЦИФРОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

С той или иной степенью согласованности в педагогической литературе и ФГОС выделяются следующие содержательно-методические линии современного школьного курса математики: числовые системы; тождественные преобразование математических выражений; уравнения и неравенства; функции; геометрические фигуры и их свойства; векторы (элементы аналитической геометрии); элементы комбинаторики, теории вероятностей и математической статистики; начала математического анализа; логика и множества; математика в историческом развитии. Согласно ФГОС освоение этих линий связывается с достижением трех блоков целей: в направлении личностного развития, в метапредметном направлении и в предметном направлении [8].

Однако с нашей точки зрения к целеполаганию можно подойти с иных позиций, исходя из характера решаемых дидактических задач, уровней изучения математики в школе, установленных ФГОС (базовый, профильный), а также прикладной значимости тех или иных математических методов:

1) Освоение теоретических положений на доказательном уровне

Достижение подобных целей связано с изложением и доказательством теоретических положений в ходе контактной работы преподавателя с учащимися. При этом требуют учета индивидуальные особенности учащихся в восприятии достаточно сложных и абстрактных математических конструкций, а также в понимании и усвоении логики доказательства. Поэтому востребованными при достижении целей данного типа оказываются те цифровые технологии, которые обеспечивают наглядность учебной информации, а также множественность вариантов ее представления для адаптации к возможностям и особенностям ученика.

Следует отдельно остановиться на возможности и целесообразности использования электронных математических библиотек при достижении этой цели обучения. В настоящее время имеется целый ряд интернет-ресурсов, обеспечивающих свободный доступ к представленным в электронных форматах учебникам, справочникам, словарям и энциклопедиям, образцам решения математических задач и пр. [1, 5, 10]. При этом материалы этих библиотек могут использоваться различными категориями пользователей: школьниками – при углубленном изучении или в проектной деятельности, преподавателями математики – при

подготовке к занятиям и решению методических вопросов, студентами – для знакомства с работами классиков математики.

- 2) Освоение алгоритмов решения математических задач, иллюстрирующих положения теории

Целью является освоение порядка решения математических задач, который непосредственно вытекает из рассмотренных теоретических положений и доказанных утверждений. Существенной для выработки устойчивого умения оказывается необходимость многократного контролируемого повторения изученного алгоритма. Это, в свою очередь, требует применения компьютерного тренажа как в аудиторной, так и в самостоятельной домашней работе, а также индивидуализации учебных заданий.

- 3) Использование изученных алгоритмов для решения прикладных и исследовательских задач

Данная цель может считаться достигнутой, если ученик при решении прикладной задачи, связанной с практической ситуацией, изучением смежной дисциплины или каким-либо исследованием, способен усмотреть необходимый математический алгоритм ее решения и воспользоваться им. При этом теоретическая доказательность отступает на второй план, а на первый выдвигается знание порядка решения. ЦТ при этом призваны обеспечить инструмент решения, ускоряющий проведение вычислений и получение результата; более ценным, чем умение провести «ручной» расчет, представляется способность ученика анализировать результат и понимать факторы, на него влияющие.

- 4) Использование математических методов и алгоритмов при обучении информатике и программированию

Алгоритм решения математической задачи выступает в качестве содержательной основы при освоении методов информатики. На базовом уровне изучения информатики для решения задач используются математические приложения (локальные (Excel, MathCad), облачные (Google Таблицы, WolframAlpha) или мобильные (PhotoMath, GeoGebra, XSection, MalMath). На профильном уровне возможно использование алгоритмов и методов высшей математики на «феноменологическом» уровне, т. е. без обоснования их реализации – к ним можно отнести численные методы, методы теории вероятностей и математической статистики и

т. п. Необходимые теоретические доказательства будут построены позднее в вузовских курсах математики – в этом усматривается преемственность уровней изучения. Описанная ситуация – опережение применения математических методов и алгоритмов их строгому доказательству – является весьма распространенной в школьном курсе математики ввиду цикличности его построения при продвижении от начальной школы к старшей.

Таким образом, выявляется совокупность цифровых технологий, использование которых оправданно с дидактической точки зрения при изучении школьной математики. Естественно, конкретизация технологий и образовательных ресурсов определяется возрастом учащихся и технологическими ресурсами, имеющимися в распоряжении преподавателя и учащихся.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ШКОЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ

Чаще всего авторы работ, посвященных применению цифровых образовательных технологий, при обсуждении методических вопросов не затрагивают проблем их доступности для учащихся. Хотя следует считать достаточно очевидным, что для обеспечения возможности использования цифровых технологий при обучении любой дисциплине, включая математику, необходимо выполнение двух условий технологического характера. Во-первых, каждый учащийся должен быть обеспечен устройством, посредством которого он может осуществлять доступ к нужной информации, ее обработку и оперативную коммуникацию с другими учениками и преподавателем. Вторым условием следует считать возможность использования программ и сервисов, необходимых для выполнения учебных заданий по дисциплине.

В процессе аудиторной работы принимается по умолчанию, что такое обеспечение имеется в учебном классе. Ситуация много менее очевидна, если речь идет об интерактивном дистанционном обучении (к которому школы вынуждены обращаться в последнее время) или домашней самостоятельной работе по предмету. С нашей точки зрения, безальтернативным вариантом выполнения первого условия является использование носимых (мобильных) устройств (смартфонов, планшетов) с беспроводным доступом в интернет. Такие устройства, в отличие от стационарных компьютеров, имеются у учащихся и могут использоваться ими в любое время и любом месте (как на уроках, так и вне их) и, следовательно, их

умелое применение открывает преподавателям возможность решения разнообразных дидактических задач. Для выполнения второго условия также безальтернативно должна быть принята ориентация на свободно распространяемые приложения для мобильных устройств и облачные сервисы. Следует отметить, что в настоящее время существует и доступно множество мобильных математических приложений различного уровня – от начальной школы до вузовского; часть из них используют элементы искусственного интеллекта. К сожалению, подобные приложения пока не востребованы школьными учителями, не разработаны методики их применения. У авторов имеется практический опыт систематического применения мобильных и облачных технологий в школьном курсе информатики [7].

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ

Рассмотрим несколько примеров применения ЦТ при достижении выделенных ранее дидактических целей обучения математике.

(1) Содержательная линия «Геометрические фигуры и их свойства», тема «Площадь фигуры». Можно проследить трансформацию решаемых дидактических задач и используемых ЦТ за весь период обучения с 1 по 11 классы.

1–6 классы: площадь квадрата → площадь прямоугольника → приближенное измерение площадей с использованием палетки (пропедевтика квадратуры, разбиение на квадраты); площадь составной фигуры (рис. 1). Используемая ЦТ – демонстрация.

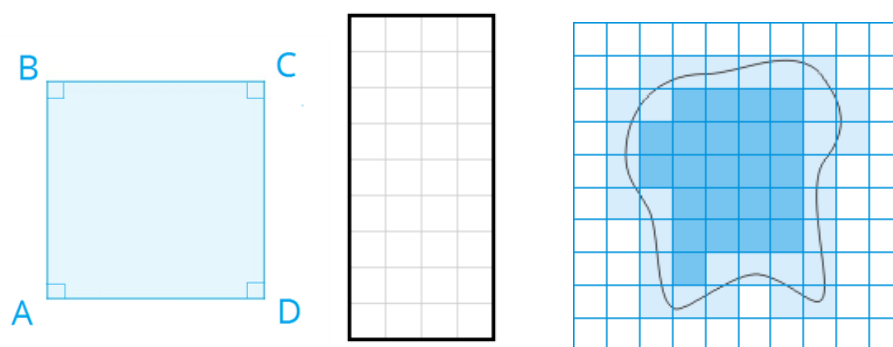


Рис. 1. Последовательность формирования понятия площади фигуры в 1–6 классах

7–9 классы: обоснование формул для вычисления площадей треугольника, параллелограмма, трапеции, круга; применение формул нахождения площади

при решении физических задач (давление жидкости, нахождение работы силы и т. п.); ЦТ – демонстрация, мобильные приложения.

10–11 классы (профиль): введение понятий производной и определенного интеграла, криволинейной трапеции, теоретическое обоснование формулы Ньютона–Лейбница, решение задач на нахождение оптимальной площади при заданных условиях. ЦТ – демонстрация, использование on-line сервисов (WolframAlpha, GeoGebra), мобильных приложений (PhotoMath, XSection, MalMath). В процессе освоения программирования – решение вычислительных задач, связанных с использованием численных методов (численное интегрирование, метод Монте-Карло и т. п.) и линейного программирования (см. рис. 2).

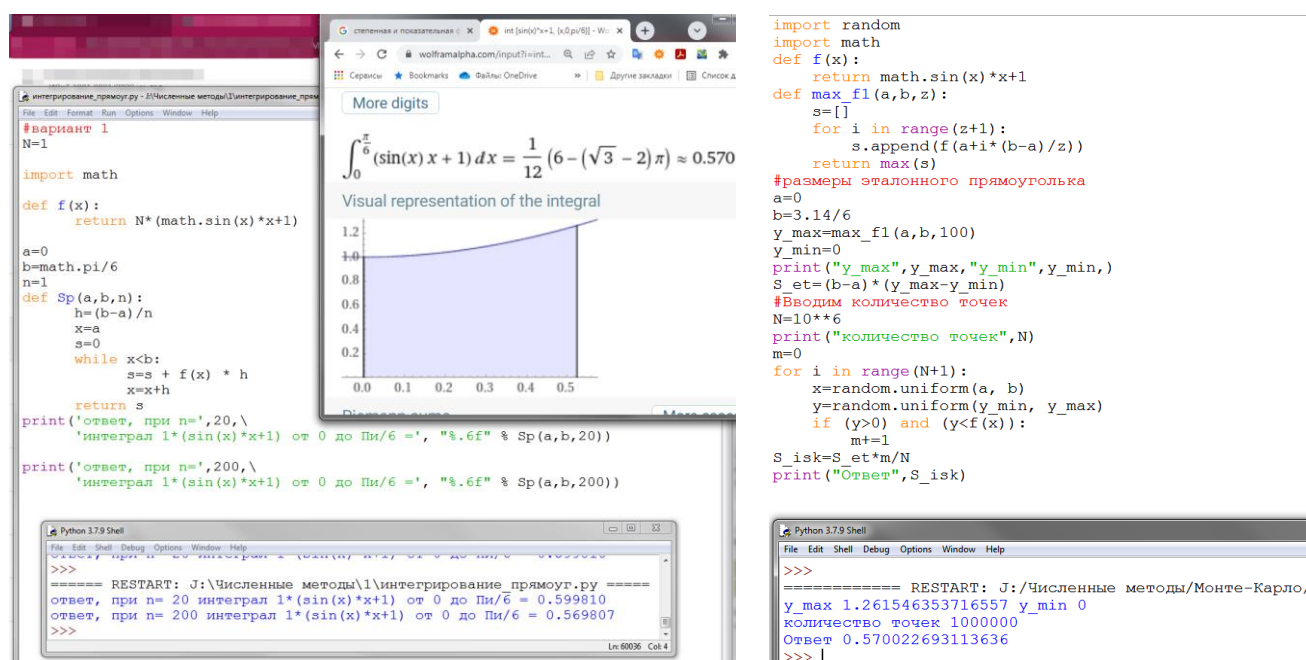


Рис. 2. Примеры использования ЦТ для решения задачи нахождения площади криволинейной трапеции

(2) Содержательная линия «Уравнения и неравенства».

2–6 классы: введение понятия неизвестной величины, решение уравнений первой степени. ЦТ – демонстрация, использование мобильных приложений.

7–9 классы: теоретическое обоснование решения уравнений; введение понятия функции; графическая интерпретация решения уравнения. Уравнения пер-

вой степени → квадратичные уравнения → степенные уравнения и неравенства → показательные уравнения и неравенства. ЦТ – демонстрация, использование математических пакетов и мобильных приложений.

10–11 классы: тригонометрические и логарифмические уравнения и неравенства. ЦТ – демонстрация, использование облачных и мобильных приложений; При обучении программированию можно рассмотреть решение произвольного уравнения методом деления отрезка пополам. Перед его использованием выделение отрезка, содержащего корни уравнения, можно произвести графическим путем с помощью приложений Photomath или WolframAlpha (см. рис. 3).

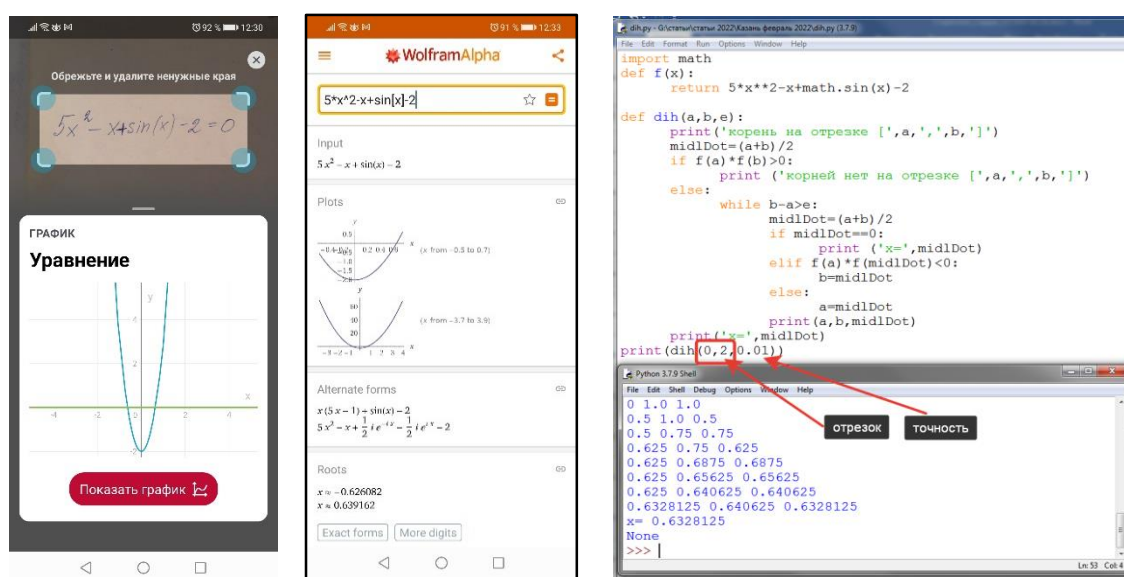


Рис. 3. Примеры использования ЦТ для решения задачи нахождения корней произвольного уравнения

Подобные примеры легко построить и для других содержательно-методических линий школьного курса математики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное обсуждение позволяет заключить:

1. Предложенная типизация целей обучения математике в школе (освоение теории, освоение алгоритма, решение прикладных задач, решение задач информатики) позволяет обосновать выбор цифровых технологий и ресурсов, оптимизирующих процесс освоения математики, а также обеспечить преемственность уровней обучения (включая связь с курсом математики высшей школы).

2. Циклический характер освоения содержательных линий математики при продвижении от начальной школы к старшей позволяет учителю, с одной стороны, обеспечить достижение выделенных целей обучения математике в педагогически оправданной последовательности и, с другой стороны, осуществлять выбор цифровых технологий в соответствии с возрастными возможностями ученика.
3. Цифровые технологии обучения математике обязательно должны использоваться в самостоятельной домашней работе учащихся, что обуславливает применение мобильных и облачных технологий и приложений.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках проекта, выполняемого в Уральском государственном педагогическом университете по Программе ФЦНМСР МП РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталог математических интернет-ресурсов. Библиотечно-информационный комплекс Финансового университета при Правительстве Российской Федерации. URL: http://www.library.fa.ru/res_links.asp?cat=edumath.
2. *Клековкин Г.А.* Обучение математике в цифровом обществе. URL: https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/117608/F_IFME_2017_1_52_56.pdf?sequence=-1.
3. Концепция развития математического образования в РФ. Распоряжение Правительства РФ от 24 декабря 2013 г. № 2506-р. URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/b18bcc453a2a1f7e855416b198e5e276/download/2744/>.
4. Лучшие практики «Вызов цифрой» по предметным областям «Математика», «Информатика», «Технология»: методическое пособие / редкол.: Е.А. Мочалова, Т.Ю. Андреева. Чебоксары: «Интерактив плюс», 2020. 92 с.
5. Математическое образование. Общедоступная сетевая электронная библиотека. URL: <https://www.mathedu.ru/>.
6. *Налетова Н.Ю., Троицкая Л.М.* Использование цифровых образовательных ресурсов на уроках математики для старшеклассников // Проблемы современного образования. 2020. № 6. С. 188–198.

7. Новиков М.Ю., Стариченко Б.Е. Построение школьного курса информатики на основе мобильных и облачных технологий // Информатика в школе. 2020. № 1(154). С. 40–54. <http://doi.org/10.32517/2221-1993-2020-19-1-40-54>

8. Первушкин Б.Н. Содержание ФГОС основного общего образования по математике. URL: https://урок.пф/library/soderzhanie_fgos_osnovnogo_obshego_obrazovaniya_po_ma_180613.html

9. Стариченко Б.Е. Педагогический подход к оценке результативности использования ИКТ в решении образовательных задач // Педагогическое образование в России. 2018. № 8. С. 153–162.

10. EqWorld Мир математических уравнений: Учебно-образовательная физико-математическая библиотека. URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm>

DIGITALIZATION OF SCHOOL MATHEMATICS – FROM LEARNING GOALS TO TECHNOLOGIES

B. E. Starichenko¹ [0000-0003-3916-6828], **L. V. Sardak**² [0000-0001-5400-6297]

^{1, 2}*Ural State Pedagogical University, 26, Cosmonaut Avenue, 26, Yekaterinburg, 620017, Russia*

¹*b.starichenko@gmail.com*, ²*l.v.sardak@gmail.com*

Abstract

The article identifies four categories of goals for studying mathematics at school: mastering theoretical positions at the evidentiary level, mastering algorithms for solving mathematical problems that illustrate the provisions of the theory, using the studied algorithms to solve applied and research problems, using mathematical methods and algorithms for teaching programming. Such a selection makes it possible to substantiate and specify the use of digital technologies in the course of mathematics, as well as to ensure their continuity, including with subsequent higher education courses. The importance of using mobile and cloud technologies and applications in independent (home) work of students in mathematics is emphasized.

Keywords: *goals of studying mathematics at school, digital technologies in the*

course of mathematics, mathematical mobile applications, continuity in teaching mathematics at school.

REFERENCES

1. Каталог математических интернет-ресурсов. Библиотечно-информационный комплекс Финансового университета при Правительстве Российской Федерации. URL: http://www.library.fa.ru/res_links.asp?cat=edumath.
2. *Klekovkin G.A.* Obuchenie matematike v cifrovom obshchestve. URL: https://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/117608/F_IFME_2017_1_52_56.pdf?sequence=-1.
3. Концепция развития математического образования в РФ. Распоряжение Правительства РФ от 24 декабря 2013 г. № 2506-р. URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/b18bcc453a2a1f7e855416b198e5e276/download/2744/>.
4. Luchshie praktiki «Vyzov cifroj» po predmetnym oblastyam «Matematika», «Informatika», «Tekhnologiya»: metodicheskoe posobie / redkol.: E.A. Mochalova, T.Yu. Andreeva. Cheboksary: «Interaktiv plus», 2020. 92 s.
5. Математическое образование. Общедоступная сетевая электронная библиотека. URL: <https://www.mathedu.ru/>.
6. *Naletova N.Yu., Troickaya L.M.* Ispol'zovanie cifrovyyh obrazovatel'nyh resursov na urokah matematiki dlya starsheklassnikov // Problemy sovremennogo obrazovaniya. 2020. № 6. S. 188–198.
7. *Novikov M.Yu., Starichenko B.E.* Postroenie shkol'nogo kursa informatiki na osnove mobil'nyh i oblachnyh tekhnologij // Informatika v shkole. 2020. № 1(154). S. 40–54. <http://doi.org/10.32517/2221-1993-2020-19-1-40-54>
8. *Pervushkin B.N.* Soderzhanie FGOS osnovnogo obshchego obrazovaniya po matematike. URL: https://ypok.pф/library/soderzhanie_fgos_osnovnogo_obshego_obrazovaniya_po_ma_180613.html
9. *Starichenko B.E.* Pedagogicheskij podhod k ocenke rezul'tativnosti ispol'zovaniya IKT v reshenii obrazovatel'nyh zadach // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. 2018. № 8. S. 153–162.
10. EqWorld Mir matematicheskikh uravnenij: Uchebno-obrazovatel'naya fiziko-matematicheskaya biblioteka. URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



СТАРИЧЕНКО Борис Евгеньевич – доктор педагогических наук, профессор каф. информатики, информационных технологий и методики обучения информатике, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург

Boris Evgenyevich STARICHENKO – Doctor of pedagogical sciences, Professor of the Department of Informatics, Information Technology and Methods of Teaching Computer Science, Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg

email: b.starichenko@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3916-6828



САРДАК Любовь Владимировна – кандидат педагогических наук, доцент каф. информатики, информационных технологий и методики обучения информатике, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург

Lubov Vladimirovna SARDAK – Candidate of pedagogical sciences, Associate Professor of the Department of Informatics, Information Technology and Methods of Teaching Computer Science, Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg

email: l.v.sardak@gmail.com

ORCID: 0000-0001-5400-6297

Материал поступил в редакцию 20 февраля 2022 года

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ О ПЕРЕМЕЩЕНИИ ЛЮДЕЙ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЯ

Ч. И. Фатихов¹ [0000-0002-2548-190X], К. А. Григорян² [0000-0001-6470-1832]

^{1, 2}Казанский (Приволжский) федеральный университет, ул. Кремлевская, 35, г. Казань, 420008

¹mrchingiz98@gmail.com, ²karigri@yandex.ru

Аннотация

Пандемия COVID-19 обусловила рост актуальности исследования проблемы мониторинга и анализа перемещений людей внутри помещений с целью своевременного выявления контактировавших с заболевшими и пресечения дальнейшего распространения инфекции.

В статье предложен один из способов решения данной проблемы – разработка системы определения и сохранения истории местоположения людей внутри помещения. Также рассмотрены методы, параметры и технологии, которые могут быть использованы для решения задачи локализации внутри помещений.

Ключевые слова: местоположение, локализация, система внутреннего позиционирования, местоположение внутри помещения, IPS

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия произошло быстрое развитие беспроводных систем геопозиционирования, особенно сильно они повлияли на развитие сферы интернета вещей (IoT) [1]. Такие современные системы активно используются не только для навигации, но и в различных отраслях для определения местоположения клиентов, устройств или вещей, будь то финансовый сектор, логистика или транспортный сектор [2].

Пандемия COVID-19 также сделала системы IPS очень актуальными в наши дни. Карантин и дистанционная модель работы способствуют сдерживанию распространения вируса. Как только такие ограничения снимаются, появляется необходимость перезапуска бизнес-процессов на очный формат. Это, в свою очередь,

влечет за собой риск заражения вирусом сотрудников на рабочих местах, что подвергает опасности их жизни [3].

При помощи системы отслеживания местоположения людей внутри помещений возможно своевременно находить контактных лиц и ограничивать их перемещение выборочно, а не закрывать все предприятие на карантин. Таким образом возможно внесение контроля в процесс распространения вируса.

Благодаря активному развитию IoT-технологий в последнее время [4], взаимодействие датчиков и устройств между собой стало стоить гораздо дешевле. Это также может помочь в разработке подобной незаметной и удобной для пользователей системы отслеживания и предупреждения контактных лиц внутри помещений.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Основные параметры, используемые для локализации в IPS

Для оценки местоположения радиомаяков внутри помещений могут быть использованы различные физические характеристики сигналов, которые будут рассмотрены далее.

1. **RSSI** (англ. received signal strength indicator) – показатель уровня принимаемого сигнала. Представляет собой сравнительное измерение уровня принимаемого сигнала. Расстояние между двумя узлами вычисляется по потере мощности сигнала. Для оценки расстояния достаточно лишь пары узлов [5].

2. **TOA** (англ. Time of Arrival) – оценка времени прибытия сигнала. Описывается как первый период, в течение которого сигнал достигает приемника. С помощью него можно оценить расстояние до узла, вычислив время трансляции беспроводного радиосигнала [6, 7].

3. **TDOA** (англ. Time Difference of Arrival) – разность времени принятия сигналов. Основан на измерении разницы во времени передачи сигнала от мобильного устройства до базовых станций, с синхронизированными часами и заранее известным местоположением. Зная разницу во времени получения сигнала с помощью математической обработки, можно получить расстояние от мобильного устройства до базовых станций [8].

4. **AOA** (англ. angle of arrival) – угол прибытия сигнала. Получив направление на источник сигнала от базовых станций, можно определить местоположение.

Чем больше количество базовых станций, тем точнее можно определить эту зону [8]. Сложность и необходимость в специализированном оборудовании являются основными недостатками применения этого параметра [9].

5. **POA** (англ. Phase Of Arrival) – фаза принятого сигнала. Параметр связан с задержкой распространения и расстоянием через длину волны и скорость света [19]. Подходы на основе PoA используют фазу или разность фаз несущего сигнала для оценки расстояния между передатчиком и приемником [10].

6. **CSI** (англ. channel state information) – информация о состоянии канала. Частотная характеристика канала каждой поднесущей в системе OFDM в частотном поле [1]. Использование CSI показывает хорошую стабильность и может обеспечить более высокую точность определения местоположения, чем методы на основе RSSI [7, 12].

В результате проведенного обзора литературных источников была составлена следующая классификация параметров (рис.1).

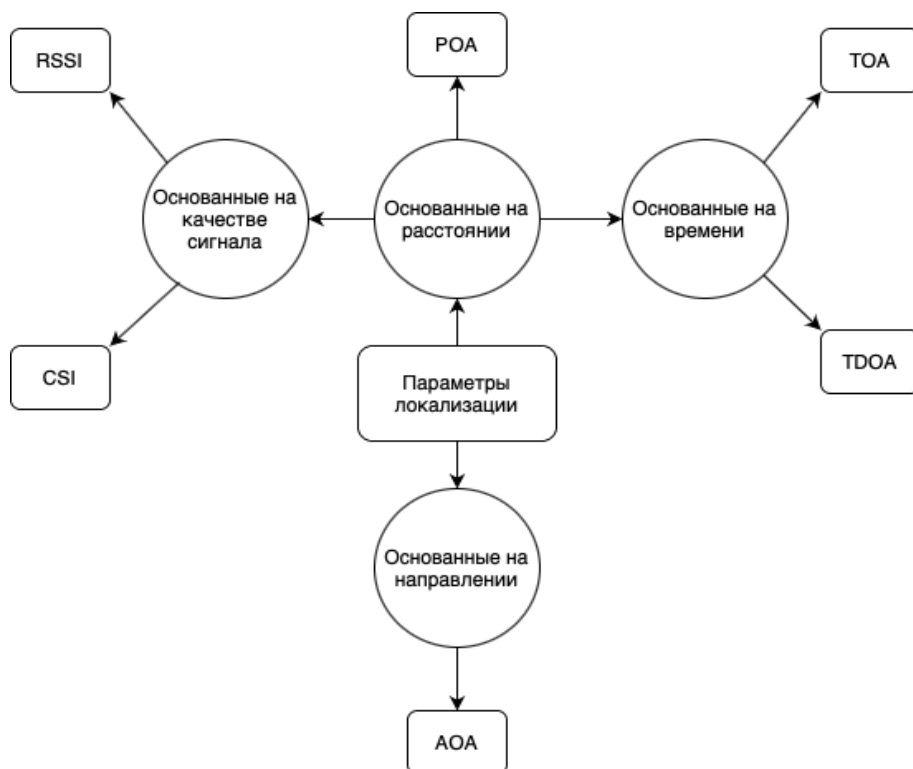


Рис. 1: Классификация физических характеристик радиосигналов

Технологии беспроводной связи, используемые для локализации в IPS

Далее будут рассмотрены основные технологии, которые могут быть использованы в системах позиционирования внутри помещений.

1. **WLAN** (англ. wireless local area network) – беспроводная локальная сеть. Хорошо известная технология в широкополосной связи, особенно для схем межмашинного взаимодействия [13]. Сигналы в этой сети передаются на частотах 2,4 ГГц и 5 ГГц [14]. Для локализации при помощи WLAN применяются различные алгоритмы: алгоритм на основе AOA (триангуляция) [15], алгоритм трилатерации [16], алгоритм фингерпринтинга на основе RSSI [17] и на основе CSI [18].

2. **BLE** (англ. Bluetooth Low Energy) – bluetooth с низким энергопотреблением. Технология на сегодняшний день поддерживается почти всеми смарт-устройствами и работает на частотах от 2,4 ГГц до 2,4835 ГГц [19]. В системах определения местоположения в помещениях на основе Bluetooth в основном применяются методы трилатерации и фингерпринтинга.

3. **ZigBee** – технология беспроводной связи малого радиуса действия, основанная на стандарте IEEE 802.15.4. Работает на частоте 2,4 ГГц с низкой скоростью передачи данных. Классифицируют три типа ZigBee устройств: координатор, маршрутизатор и конечное устройство [21]. По сравнению с BLE, ZigBee имеет чуть более высокое энергопотребление [20], и технология не получила столь широкого распространения в IoT-решениях.

4. **RFID** (англ. Radio Frequency Identification) – радиочастотная идентификация. Технология RFID состоит из считывающего устройства, меток и вычислительного устройства [22]. RFID основаны на технологии активных меток [23] и технологии пассивных меток [24]. Технология не совсем применима для определения местоположения в реальном времени, при использовании пассивных меток, а активные RFID-метки слишком энергозатратны. Кроме того, из-за дифракции и отражения передача сигнала RFID в помещении является затрудненной и сильно подверженной шумам [25].

5. **UWB** (англ. Ultra-Wide Band, сверхширокая полоса) – привлекательная быстроразвивающаяся технология в беспроводных сенсорных сетях. Передача сигналов производится в диапазоне от 3,1 до 10,6 ГГц и обеспечивает более точ-

ное позиционирование каждого целевого устройства в сети [26]. Основным недостатком данной технологии является ее слабая распространённость, из чего следует высокая цена компонентов.

МЕТОДОЛОГИЯ

Основой всех систем позиционирования внутри помещений являются методы локализации, которые можно разделить на две основные категории:

1. Локализация с использованием диапазона передачи (range-based);
2. Локализация без использования диапазона передачи (range-free) [27].

Первая категория методов основана на использовании значения расстояния между маячком и базовыми станциям для оценки местоположения. Их преимущество заключается в более высокой точности по сравнению с методами без использования диапазона передачи. Представителями таких методов являются трилатерация и триангуляция.

В методах второй категории местоположение оценивается без каких-либо измерений, а только путем определения того, находятся ли маячок и базовая станция в пределах досягаемости [28]. Примером такого метода является фингер-принтинг. Обычно системы, использующие такие методы, стоят гораздо дешевле систем, основанных на методах с использованием диапазона передачи, однако не обладают достаточной точностью, как методы первой категории.

Идея метода трилатерации

Метод трилатерации — популярный метод, используемый для позиционирования. Идея метода показана на рис. 2, где (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) — координаты базовых станций 1, 2 и 3 соответственно. Параметры d_1, d_2, d_3 — расстояния между базовыми станциями и маячком. Искомые координаты маячка — (x_e, y_e) [29].

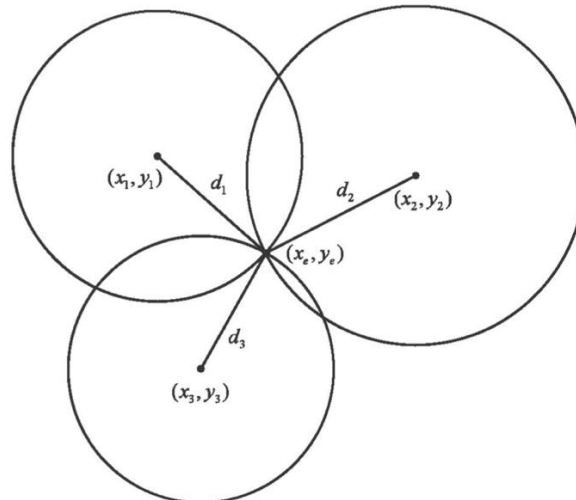


Рис. 2: Метод трилатерации

Координаты маячка могут быть найдены путем решения следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} (x_e - x_1)^2 + (y_e - y_1)^2 = d_1^2, \\ (x_e - x_2)^2 + (y_e - y_2)^2 = d_2^2, \\ (x_e - x_3)^2 + (y_e - y_3)^2 = d_3^2. \end{cases}$$

Идея метода триангуляции

При триангуляции определяется направление от опорных узлов до целевого, и положение целевого узла будет на пересечении лучей, проведенных от опорных узлов в направлении целевого.

Определение местоположения маячка происходит путем измерения углов пришедших сигналов от базовых станций к маячку [11]. Для локализации целевого узла достаточно двух узлов опорных точек.

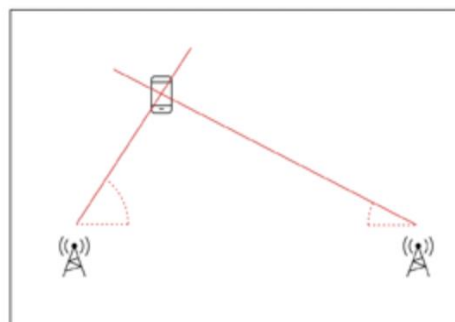


Рис. 3: Идея метода триангуляции

РЕЗУЛЬТАТЫ

После изучения различных параметров технологий и методов, которые могут быть использованы для определения местоположения внутри помещений, был разработан и протестирован следующий прототип системы:

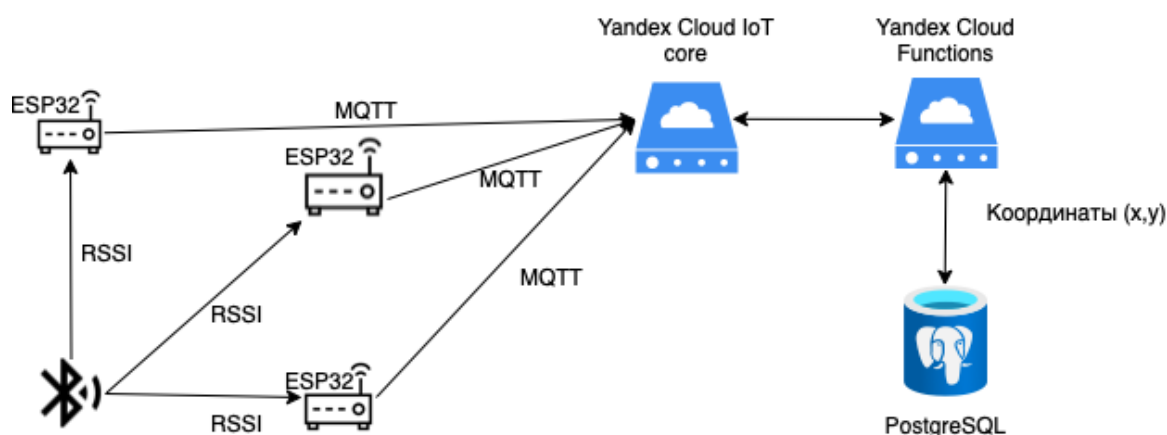


Рис. 4. Схема прототипа IPS системы

Работа системы выполняется в несколько этапов:

1. В качестве отслеживаемых устройств используются BLE iBeacon маячки, которые транслируют с интервалом от долей секунды до нескольких секунд пакеты объявления.

2. Базовые станции на базе микроконтроллера ESP32, которые расставлены по трем углам помещения, сканируют Bluetooth-эфир.

3. Зафиксированные значения RSSI iBeacon маячков передаются MQTT-брокеру. В качестве прототипа был использован Yandex Cloud IoT core [30].

4. Сервер, в качестве которого выступает Yandex Cloud Functions [31], подписан на MQTT-топик брокера и при получении трех значений RSSI от базовых станций рассчитывает координаты методом трилатерации.

5. Рассчитанные координаты записываются в БД – PostgreSQL в виде мас-адреса iBeacon-маячка, x и y координат, времени фиксации координат:

#	id	beacon_mac	x	y	time
0	945	"c1:80:fe:59:19:68"	120.00	90.00	"2022-03-27T16:05:27.409"
1	946	"f1:22:1e:1e:23:61"	144.00	43.00	"2022-03-27T16:06:24.344"
2	947	"f1:22:1e:1e:23:61"	152.00	53.00	"2022-03-27T16:07:39.455"
3	948	"c1:80:fe:59:19:68"	120.00	90.00	"2022-03-27T16:08:20.179"

Рис. 5: Результат работы системы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенное исследование показало, что на практике для решения задачи определения местоположения внутри помещений могут применяться различные технологий беспроводной связи, каждая из которых имеет свои сильные и слабые стороны. Кроме того, были выделены две основные категории методов локализации, которые можно применять в связке с этими технологиями связи: range-based и range-free.

Результатом исследования является разработка прототипа системы определения местоположения внутри помещения на основе метода трилатерации, которая записывает всю историю перемещений людей с маячками в базу данных. При разработке системы была проведена работа с iBeacon-маячками, микроконтроллерами ESP32 и платформой Yandex Cloud.

В дальнейшем планируется разработка модуля нахождения сближения маячков по истории перемещений в БД, для определения потенциально контактных лиц с зараженным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tsai H.-C., Chiu C.-J., Tseng P.-H., Feng K.-T. Refined Autoencoder-Based CSI Hidden Feature Extraction for Indoor Spot Localization // IEEE Vehicular Technology Conference, VTC-Fall. 2018. P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/VTCFall.2018.8690917>
2. Kawdungta R., Kawdungta S., Torrungrueng D., Phongcharoenpanich C. Switched Beam Multi-Element Circular Array Antenna Schemes for 2D Single-Anchor Indoor Positioning Applications // IEEE Access. 2021. V. 9. P. 58882–58892. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3072951>
3. Indoor Location Market global forecast to 2026. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/indoor-location-market-989.html>, last accessed 2021/10/15
4. Spachos P., Plataniotis K. BLE Beacons for Indoor Positioning at an Interactive IoT-Based Smart Museum // IEEE Systems J. 2020. P. 3483–3493. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2020.2969088>
5. Dong Y., Shan F., Dou G., Cui Y. The Research and Application of Indoor Location Algorithm Based on Wireless Sensor Network // IEEE 3rd International Conference Communication Software and Networks. 2011. P. 719–722.

<https://doi.org/10.1109/ICCSN.2011.6014369>

6. *Bharadwaj R., Parini C., Alomainy A.* Experimental Investigation of 3-D Human Body Localization Using Wearable Ultra-Wideband Antennas // IEEE Trans. Antennas Propagation. 2015. P. 5035–5044. <https://doi.org/10.1109/TAP.2015.2478455>

7. *Chen R.A.* Novel Method for Indoor Location Identification. // 2nd International Symposium on Aware Computing. 2010. P. 257–262.

<https://doi.org/10.1109/ISAC.2010.5670486>

8. Методы локального позиционирования.

URL: <https://habr.com/ru/company/realtrac/blog/301706/>, last accessed 2021/11/02.

9. *Yassin A., Nasser Y., Awad M., Al-dubai A.* Simultaneous Context Inference and Mapping using mm-Wave for Indoor Scenarios // IEEE International Conference on Communications (ICC). 2017. <https://doi.org/10.1109/ICC.2017.7996976>

10. *Zafar F., Gkelias A., Leung K.K.* A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies // IEEE Communications Surveys Tutorials. 2019. P. 2568–2599.

<https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2911558>

11. *Laoudias C., Moreira A., Kim S., Lee S., Wirola L., Fischione C.* A Survey of Enabling Technologies for Network Localization, Tracking, and Navigation // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2018. P. 3607–3644.

<https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2855063>

12. *Wang X., Gao L., Mao S., Pandey S.* CSI-based Fingerprinting for Indoor Localization: A Deep Learning Approach // IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2016. P. 763–776. <https://doi.org/10.1109/TVT.2016.2545523>

13. *Hsieh H.-Y., Prakosa S.W.* Towards the Implementation of Recurrent Neural Network Schemes for WiFi Fingerprint-Based Indoor Positioning // IEEE Vehicular Technology Conference. 2018. <https://doi.org/10.1109/VTCFall.2018.8690989>

14. *Ding N., Wagner D., Chen X., Pathak A., Hu Y.C., Rice A.* Characterizing and modeling the impact of wireless signal strength on smartphone battery drain // ACM Sigmetrics Perform. 2013. P. 29–40. <https://doi.org/10.1145/2494232.2466586>

15. *Cidronali A., Maddio S., Giorgetti G., Manes G.* Analysis and Performance of a Smart Antenna for 2.45-GHz Single-Anchor Indoor Positioning // IEEE Transactions on Microwave Theory and Tech. 2010. P. 21–31.

<https://doi.org/10.1109/TMTT.2009.2035947>

16. *Rusli M.E., Ali M., Jamil N., Din M.M.* An Improved Indoor Positioning Algorithm Based on RSSI-Trilateration Technique for Internet of Things (IOT) // International Conference on Computer and Communication Engineering. 2016. P. 72–77. <https://doi.org/10.1109/ICCCE.2016.28>
17. *Ren J., Wang Y., Niu C., Song W., Huang S.* A Novel Clustering Algorithm for Wi-Fi Indoor Positioning // IEEE Access. 2019. P. 122428–122434. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2937464>
18. *Shi S., Sigg S., Chen L., Ji Y.* Accurate Location Tracking from CSI-Based Passive Device-Free Probabilistic Fingerprinting // IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2018. P. 5217–5230. <https://doi.org/10.1109/TVT.2018.2810307>
19. *Yu N., Zhan X., Zhao S., Wu Y., Feng R.* A Precise Dead Reckoning Algorithm Based on Bluetooth and Multiple Sensors // IEEE Internet Things Journal. 2018. P. 336–351. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2784386>
20. *Sadowski S., Spachos P.* RSSI-Based Indoor Localization with the IoT // IEEE Access. 2018. P. 30149–30161. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2843325>
21. *Dong Y., Shan F., Dou G., Cui Y.* The Research and Application of Indoor Location Algorithm Based on Wireless Sensor Network // IEEE 3rd International Conference Communication Software and Networks. 2011. P. 719–722.
22. *Lo L., Li C.* Passive UHF-RFID Localization Based on the Similarity Measurement of Virtual Reference Tags // IEEE Trans. Instrum. Meas. 2018. P. 2926–2933. <https://doi.org/10.1109/TIM.2018.2869408>
23. *Cha J.H., Kim Y.J.* A Dual-Band Low-Power-Consumption Active RFID Tag Based on a Meander FPCB Antenna for Subway Vehicle Management // J Electromagn. Eng. Sci. 2021. P. 71–77. <https://doi.org/10.26866/jees.2021.21.1.71>
24. *Škiljo M., Šolić P., Blažević Z., Perković T.* Analysis of Passive RFID Applicability in a Retail Store: What Can We Expect? // Sensors. 2020. <https://doi.org/10.3390/s20072038>
25. *Li J.-Q., Feng G., Wei W., Luo C., Cheng L., Wang H., Song H., Ming Z.* PSO-Track: A RFID-Based System for Random Moving Objects Tracking in Unconstrained Indoor Environment // IEEE Internet Things J. 2018. P. 4632–4641. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2795893>

26. *Hanssens B., Plets D., Tanghe E., Oestges C., Gaillot D.P., Lienard M., Li T., Steendam H., Martens L., Joseph W.* An Indoor Variance-Based Localization Technique Utilizing the UWB Estimation of Geometrical Propagation Parameters // *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. 2018. P. 2522–2533.

<https://doi.org/10.1109/TAP.2018.2810340>

27. *Nemer I., Sheltami T., Shakshuki E.* Performance evaluation of range-free localization algorithms for wireless sensor networks // *Personal and Ubiquitous Computing* 25. 2021. P. 177–203. <https://doi.org/10.1007/s00779-020-01370-x>

28. *Betti Sorbelli F., Pinotti C.M., Silvestri S., K. S.* Measurement Errors in Range-based Localization Algorithms for UAVs: Analysis and Experimentation // *IEEE Transactions on Mobile Computing*. 2020. P. 1291–1304.

<https://doi.org/10.1109/TMC.2020.3020584>

29. *Pakanon N., Chamchoy M., Supanakoon P.* Study on Accuracy of Trilateration Method for Indoor Positioning with BLE Beacons // *6th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST)*. 2020.

<https://doi.org/10.1109/ICEAST50382.2020.9165464>

30. Yandex IoT Core. URL: <https://cloud.yandex.ru/services/iot-core> last accessed 2022/02/19.

31. Yandex Cloud Functions. URL: <https://cloud.yandex.ru/services/functions> last accessed 2022/02/25.

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR COLLECTING DATA ON THE MOVEMENT OF PEOPLE INDOORS

Ch. I. Fatikhov¹ [0000-0002-2548-190X], K. A. Grigoryan² [0000-0001-6470-1832]

^{1,2}Kazan (Volga Region) Federal University, 35 Kremlevskaya str., Kazan,
420008

¹mrchingiz98@gmail.com, ²karigri@yandex.ru

Abstract

The COVID-19 pandemic makes the problem of monitoring and analyzing the movement of people indoors more urgent in order to timely identify those who have been in contact with the sick and prevent further spread of the infection.

The article proposes one of the ways to solve this problem - the development of a system for determining and saving the history of the location of people inside the premises. The article also discusses methods, parameters and technologies that can be used to solve the problem of indoor localization.

Keywords: *location, localization, indoor positioning system, indoor location, IPS.*

REFERENCES

1. Tsai H.-C., Chiu C.-J., Tseng P.-H., Feng K.-T. Refined Autoencoder-Based CSI Hidden Feature Extraction for Indoor Spot Localization // IEEE Vehicular Technology Conference, VTC-Fall. 2018. P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/VTCFall.2018.8690917>
2. Kawdungta R., Kawdungta S., Torrungrueng D., Phongcharoenpanich C. Switched Beam Multi-Element Circular Array Antenna Schemes for 2D Single-Anchor Indoor Positioning Applications // IEEE Access. 2021. V. 9. P. 58882–58892. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3072951>
3. Indoor Location Market global forecast to 2026. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/indoor-location-market-989.html>, last accessed 2021/10/15
4. Spachos P., Plataniotis K. BLE Beacons for Indoor Positioning at an Interactive IoT-Based Smart Museum // IEEE Systems J. 2020. P. 3483–3493. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2020.2969088>

5. Dong Y., Shan F., Dou G., Cui Y. The Research and Application of Indoor Location Algorithm Based on Wireless Sensor Network // IEEE 3rd International Conference Communication Software and Networks. 2011. P. 719–722.
<https://doi.org/10.1109/ICCSN.2011.6014369>
6. Bharadwaj R., Parini C., Alomainy A. Experimental Investigation of 3-D Human Body Localization Using Wearable Ultra-Wideband Antennas // IEEE Trans. Antennas Propagation. 2015. P. 5035–5044. <https://doi.org/10.1109/TAP.2015.2478455>
7. Chen R.A. Novel Method for Indoor Location Identification. // 2nd International Symposium on Aware Computing. 2010. P. 257–262.
<https://doi.org/10.1109/ISAC.2010.5670486>
8. Metody lokal'nogo pozicionirovaniya.
URL: <https://habr.com/ru/company/realtrac/blog/301706/>, last accessed 2021/11/02.
9. Yassin A., Nasser Y., Awad M., Al-dubai A. Simultaneous Context Inference and Mapping using mm-Wave for Indoor Scenarios // IEEE International Conference on Communications (ICC). 2017. <https://doi.org/10.1109/ICC.2017.7996976>
10. Zafar F., Gkelias A., Leung K.K. A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies // IEEE Communications Surveys Tutorials. 2019. P. 2568–2599.
<https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2911558>
11. Laoudias C., Moreira A., Kim S., Lee S., Wirola L., Fischione C. A Survey of Enabling Technologies for Network Localization, Tracking, and Navigation // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2018. P. 3607–3644.
<https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2855063>
12. Wang X., Gao L., Mao S., Pandey S. CSI-based Fingerprinting for Indoor Localization: A Deep Learning Approach // IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2016. P. 763–776. <https://doi.org/10.1109/TVT.2016.2545523>
13. Hsieh H.-Y., Prakosa S.W. Towards the Implementation of Recurrent Neural Network Schemes for WiFi Fingerprint-Based Indoor Positioning // IEEE Vehicular Technology Conference. 2018. <https://doi.org/10.1109/VTCFall.2018.8690989>
14. Ding N., Wagner D., Chen X., Pathak A., Hu Y.C., Rice A. Characterizing and modeling the impact of wireless signal strength on smartphone battery drain // ACM Sigmetrics Perform. 2013. P. 29–40. <https://doi.org/10.1145/2494232.2466586>

15. *Cidronali A., Maddio S., Giorgetti G., Manes G.* Analysis and Performance of a Smart Antenna for 2.45-GHz Single-Anchor Indoor Positioning // IEEE Transactions on Microwave Theory and Tech. 2010. P. 21–31.
<https://doi.org/10.1109/TMTT.2009.2035947>
16. *Rusli M.E., Ali M., Jamil N., Din M.M.* An Improved Indoor Positioning Algorithm Based on RSSI-Trilateration Technique for Internet of Things (IOT) // International Conference on Computer and Communication Engineering. 2016. P. 72–77.
<https://doi.org/10.1109/ICCCE.2016.28>
17. *Ren J., Wang Y., Niu C., Song W., Huang S.* A Novel Clustering Algorithm for Wi-Fi Indoor Positioning // IEEE Access. 2019. P. 122428–122434.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2937464>
18. *Shi S., Sigg S., Chen L., Ji Y.* Accurate Location Tracking from CSI-Based Passive Device-Free Probabilistic Fingerprinting // IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2018. P. 5217–5230. <https://doi.org/10.1109/TVT.2018.2810307>
19. *Yu N., Zhan X., Zhao S., Wu Y., Feng R.* A Precise Dead Reckoning Algorithm Based on Bluetooth and Multiple Sensors // IEEE Internet Things Journal. 2018. P. 336–351. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2784386>
20. *Sadowski S., Spachos P.* RSSI-Based Indoor Localization with the IoT // IEEE Access. 2018. P. 30149–30161. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2843325>
21. *Dong Y., Shan F., Dou G., Cui Y.* The Research and Application of Indoor Location Algorithm Based on Wireless Sensor Network // IEEE 3rd International Conference Communication Software and Networks. 2011. P. 719–722.
22. *Lo L., Li C.* Passive UHF-RFID Localization Based on the Similarity Measurement of Virtual Reference Tags // IEEE Trans. Instrum. Meas. 2018. P. 2926–2933. <https://doi.org/10.1109/TIM.2018.2869408>
23. *Cha J.H., Kim Y.J.* A Dual-Band Low-Power-Consumption Active RFID Tag Based on a Meander FPCB Antenna for Subway Vehicle Management // J Electromagn. Eng. Sci. 2021. P. 71–77. <https://doi.org/10.26866/jees.2021.21.1.71>
24. *Škiljo M., Šolić P., Blažević Z., Perković T.* Analysis of Passive RFID Applicability in a Retail Store: What Can We Expect? // Sensors. 2020.
<https://doi.org/10.3390/s20072038>

25. Li J.-Q., Feng G., Wei W., Luo C., Cheng L., Wang H., Song H., Ming Z. PSO-Track: A RFID-Based System for Random Moving Objects Tracking in Unconstrained Indoor Environment // IEEE Internet Things J. 2018. P. 4632–4641.

<https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2795893>

26. Hanssens B., Plets D., Tanghe E., Oestges C., Gaillot D.P., Lienard M., Li T., Steendam H., Martens L., Joseph W. An Indoor Variance-Based Localization Technique Utilizing the UWB Estimation of Geometrical Propagation Parameters // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 2018. P. 2522–2533.

<https://doi.org/10.1109/TAP.2018.2810340>

27. Nemer I., Sheltami T., Shakshuki E. Performance evaluation of range-free localization algorithms for wireless sensor networks // Personal and Ubiquitous Computing 25. 2021. P. 177–203. <https://doi.org/10.1007/s00779-020-01370-x>

28. Betti Sorbelli F., Pinotti C.M., Silvestri S., K. S. Measurement Errors in Range-based Localization Algorithms for UAVs: Analysis and Experimentation // IEEE Transactions on Mobile Computing. 2020. P. 1291–1304.

<https://doi.org/10.1109/TMC.2020.3020584>

29. Pakanon N., Chamchoy M., Supanakoon P. Study on Accuracy of Trilateration Method for Indoor Positioning with BLE Beacons // 6th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST). 2020.

<https://doi.org/10.1109/ICEAST50382.2020.9165464>

30. Yandex IoT Core. URL: <https://cloud.yandex.ru/services/iot-core> last accessed 2022/02/19.

31. Yandex Cloud Functions. URL: <https://cloud.yandex.ru/services/functions> last accessed 2022/02/25.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



ФАТИХОВ Чингиз Ирекович – магистрант, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань.

Chingiz Irekovich FATIKHOV – Master’s student, Kazan (Volga region) Federal University, Kazan.

email: mrchingiz98@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2548-190X



ГРИГОРЯН Карен Альбертович – кандидат экономических наук, доцент, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань.

Karen Albertovich GRIGORIAN – Candidate of Economics, Associate Professor, Kazan (Volga region) Federal University, Kazan.

email: karigri@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-6470-1832

Материал поступил в редакцию 27 февраля 2022 года