

DOI: 10.32517/0234-0453-2023-38-4-68-79

ОНЛАЙН-ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ОТРАБОТКИ НАВЫКОВ ВЫПОЛНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Д. Б. Берг¹, Н. В. Папуловская¹ ✉, А. Ю. Вишнякова¹, Н. Н. Дубинин²¹ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия² Сетевая инженерно-техническая школа, Екатеринбург, Россия

✉ n.v.papulovskaia@urfu.ru

Аннотация

В статье описывается инструмент, позволяющий решить проблему недостаточного развития навыков выполнения арифметических операций школьниками. Авторы полагают, что использование компьютерных технологий в процессе обучения математике позволит построить индивидуальные учебные траектории для каждого учащегося и обеспечит совершенствование навыков выполнения арифметических операций до устойчивого состояния.

Авторы вводят новое понятие «архитектура навыков» и демонстрируют возможности построения архитектуры навыков школьного курса математики: структурирование навыков по группам и создание нового подхода к отработке математических навыков от простого к сложному, начиная с начальной школы.

В статье представлены обоснование разработки, концепция и требования к онлайн-тренажеру для отработки навыков выполнения арифметических операций. В основу концепции тренажера положены результаты проведенных авторами исследований: анализа предметной области школьного курса математики; выявления архитектуры навыков, позволяющей выстраивать индивидуальные учебные траектории; разработки методики оценки эффективности заданий по отработке отдельного навыка с помощью анализа кривых обучения. Разработано онлайн-приложение «Тренажер математических операций».

Концепция предлагаемого онлайн-тренажера по математике может быть использована в качестве основы для разработки аналогичных решений для любых предметных областей школьной программы. Тренажер также возможно использовать в условиях дистанционного обучения.

Ключевые слова: среднее образование, онлайн-тренажер, индивидуальные учебные траектории, арифметические операции, архитектура навыков, кривая обучения, облачное приложение.

Для цитирования:

Берг Д. Б., Папуловская Н. В., Вишнякова А. Ю., Дубинин Н. Н. Онлайн-тренажер для отработки навыков выполнения математических операций. Информатика и образование. 2023;38(4):68–79. DOI: 10.32517/0234-0453-2023-38-4-68-79

ONLINE SIMULATOR FOR PRACTICING THE SKILLS OF PERFORMING MATHEMATICAL OPERATIONS

D. B. Berg¹, N. V. Papulovskaya¹ ✉, A. Yu. Vishnyakova¹, N. N. Dubinin²¹ Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia² Network Engineering and Technical School, Ekaterinburg, Russia

✉ n.v.papulovskaia@urfu.ru

Abstract

The article describes a tool to solve the problem of insufficient development of schoolchildren's arithmetic operations skills. The authors believe that the use of computer technologies in the process of teaching mathematics will allow the building of individual learning trajectories for each student and ensure the development of arithmetic operations skills to a stable state.

The authors introduce a new concept of "skill architecture" and demonstrate the possibilities of building the skill architecture of a school mathematics course: structuring skills into groups and creating a new approach to practicing mathematical skills from simple to complex, starting from elementary school.

The article presents the rationale for the development, concept, and requirements for an online simulator for practicing the skills of performing mathematical operations. The concept of the simulator is based on the results of research: analysis of the subject area of the school mathematics course; identification of the architecture of skills that allows building individual learning trajectories; development of a methodology for evaluating the effectiveness of tasks for practicing a particular skill by analyzing learning curves. The online application "Mathematical Operations Simulator" has been developed. The concept of the proposed online mathematics simulator can be used as a basis for developing similar solutions for any subject area of the school curriculum. The simulator can also be used in distance learning conditions.

Keywords: secondary education, online simulator, individual learning trajectories, arithmetic operations, skill architecture, learning curve, cloud application.

For citation:

Berg D. B., Papulovskaya N. V., Vishnyakova A. Yu., Dubinin N. N. Online simulator for practicing the skills of performing mathematical operations. *Informatics and Education*. 2023;38(4):68–79. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2023-38-4-68-79

1. Введение

Формирование того или иного навыка происходит при многократном повторении некоторого действия/операции*. Очевидно, что разным людям требуется разное время на отработку устойчивого навыка. Многие ученые пытались стандартизировать время, необходимое для формирования навыка, например, «правилом 10 000 часов» [1]. Однако последующие исследования опровергли эти гипотезы**. Современные исследователи отмечают, что нельзя считать эффективными такие методы формирования навыков выполнения математических (в том числе арифметических) операций школьниками, которые не учитывают индивидуальные способности ребенка. С. А. Лебедев особенно подчеркивает важность приобретения навыков выполнения математических операций, поскольку математика является универсальным языком и средством научной коммуникации [2]. Пробелы в знаниях математики негативно сказываются на изучении других дисциплин не только в средней школе, но и на следующих ступенях получения образования. В настоящее время проблемы с уверенным выполнением математических операций диагностируются на всех этапах проверки знаний учащихся: в контрольных работах текущей и промежуточной аттестации, в годовых контрольных работах, в итоговых районных контрольных работах, во всероссийских проверочных работах и на Едином государственном экзамене (ЕГЭ).

Открытые данные результатов ЕГЭ по математике за 10 лет показывают, что разделение математики на базовую и профильную и упрощение заданий не влияет на рост среднего балла: максимальное значение среднего балла за всю историю ЕГЭ составило 56,5 в 2019 году, что на 11,3 балла выше его минимального значения 45,2 — в 2012 году. Это означает, что **средний уровень освоения программы по математике у выпускников составляет чуть больше половины общего объема учебного материала**.

Стоит отметить, что при выполнении домашних заданий по математике в традиционной форме родители детей нового поколения все больше сталкиваются с проблемой усидчивости: работать с классическими учебниками и тетрадями детям непривычно. Они предпочитают выполнять задания на компьютере,

то есть для современных детей компьютерная программа имеет более дружелюбный и понятный интерфейс. Кроме того, на бумаге можно разместить лишь ограниченное количество примеров и тем более невозможно организовать автоматический контроль и сбор статистики, что создает трудности и в работе учителя.

В 2020–2021 годах во время пандемии образовательные организации столкнулись с необходимостью перехода на дистанционный формат обучения [3–5]. Новые для российской системы школьного образования онлайн-технологии были наложены на старые методы обучения, что вызвало немало проблем. Учителя, не адаптировавшиеся к цифровизации, перешли в сектор дополнительного образования. Школы стали испытывать дефицит кадров, а оставшиеся в штате педагоги вынуждены работать с повышенной нагрузкой, что также не может не сказываться на качестве обучения. В преподавании математики больше всего страдает отработка навыков выполнения операций, о важности которой было сказано выше. На уроке отработке выделяется все меньше времени, поскольку проверка каждого практического задания требует от учителя дополнительных затрат.

Развитие онлайн-образования и информационных технологий определили область поиска решения описанных проблем. И в качестве варианта авторы предлагают создать **онлайн-тренажер для отработки практических навыков выполнения арифметических операций школьниками** с учетом их индивидуальных потребностей, а также оптимизации проверки выполненных упражнений учителем.

Тренажер математических операций предназначен для учащихся начальных классов. Однако школьники часто делают арифметические ошибки даже на экзаменах. Значит, тренажер будет полезен для всех учащихся средней школы с I по XI класс. Предлагаемый тренажер позволит сделать труд учителя производительным с точки зрения контроля достижения учащимися запланированных результатов обучения и создаст для детей игровую форму работы при освоении математических навыков.

Целью исследования является выявление требований к онлайн-тренажеру и разработка минимально жизнеспособного продукта (*англ.* Minimum Viable Product, MVP) для отработки навыков выполнения арифметических операций.

2. Архитектура навыков

Для выявления требований к тренажеру математических операций были изучены типичные ошибки, совершаемые школьниками во время прохождения различных контрольных мероприятий по матема-

* «Навык — умение, приобретенное упражнениями, созданное привычкой». См.: *Большой толковый словарь русского языка*. Под. ред. С. А. Кузнецова. СПб.: Норинт; 1998. 1534 с.

** Bradley D. Why Gladwell's 10,000-hour rule is wrong. *BBC*. 14.11.2012. <https://www.bbc.com/future/story/20121114-gladwells-10000-hour-rule-myth>

тике [6, 7]. В. А. Далингер в своем исследовании выявляет следующие **типичные ошибки**:

- ассоциативный перенос методов решения уравнений на неравенства;
- неверное применение метода декомпозиции неравенства;
- потеря решений при выполнении заданий на решение уравнений и неравенств;
- неверное определение вида геометрической фигуры;
- тавтология в рассуждениях и т. д. [8].

В исследовании С. Р. Мугаллимовой [9] проведен анализ работ девятиклассников, который показал устойчивый набор из девяти проблемных компонентов при решении математических задач, среди них «умение определить порядок арифметических действий».

Причины ошибок большинство авторов находят в том, что ученики часто сужают или расширяют объем понятия, неправильно произносят или пишут, неверно выполняют какое-то действие или операцию и т. д. Большинство ошибок также связаны с формализмом в знаниях учащихся, который проявляется в отрыве формы от содержания; неумении применять теорию на практике; преобладании памяти над пониманием; в господстве трафарета, шаблона [8].

Анализ полного спектра совершаемых ошибок дал возможность создать принципиально новый подход к отработке математических навыков от простого к сложному, реализуемый в онлайн-тренажере по всему курсу математики, с начальной школы по XI класс. В его основу легло понятие **архитектуры**.

Поиск существующих определений термина «архитектура» проводился по словарям и ГОСТам*. Неудивительно, что оно оказалось наиболее востребовано в области зодчества и искусства, на втором месте — сфера информационных технологий. В качестве общей концептуальной модели определения термина «архитектура» наилучшим является представленное в ГОСТ Р ИСО/ТС 18308-2008: «**Архитектура (architecture)** — набор элементов конструкции или описательных представлений, необходимый для такого описания объекта, чтобы он мог быть создан в соответствии с требованиями (с нужным

качеством), а также обслуживаться в течение всего срока его жизненного цикла».

Анализ литературных источников показал, что термин «архитектура» имеет широкое распространение и в сферах, связанных с образованием, и чаще всего употребляется как синоним слова «*структура*», однако сама структура образовательного процесса (элементы и связи между ними) практически не изучается. В современной педагогике получили распространение такие понятия, как: «учебная архитектура» [10], «архитектура образовательного ресурса» [11], «архитектура организации процесса обучения» [12, 13] и т. п. Чтобы перевести исследование понятия «архитектура» в педагогику в практическую плоскость, необходимо каждый компонент широкого понятия «**архитектура организации образовательного процесса**» исследовать отдельно и наполнить практическим содержанием [14].

Авторский подход в исследовании этой темы начался с разработки архитектуры навыков в предметной области школьного курса математики. Под **архитектурой навыков** мы понимаем **иерархическую многоуровневую структуру логически выстроенных элементов учебной дисциплины, объединяющих группы навыков, необходимых для формирования научного мышления**. На рисунке 1 представлена архитектура навыков в предметной области школьного курса математики.

Каждая из шести групп навыков состоит из набора навыков:

- элементарных;
- комбинированных;
- составных.

Для примера на рисунке 2 представлен фрагмент декомпозиции уровня 1 «Арифметика и арифметические операции». Для того чтобы перейти к отработке навыка 2.1 «Сложение по разрядам в пределах 100», необходимо освоить навыки 1.1 «Сложение в пределах 10», 1.2 «Сложение через 10» и 1.3 «Разложение чисел на слагаемые».

Представленная **архитектура позволяет выстраивать индивидуальные учебные траектории в соответствии со смысловыми и логическими взаимосвязями между разделами школьного курса математики, его темами, отдельными понятиями так, чтобы на каждом последующем этапе траектории происходило непрерывное приращение навыков учеников**.

Индивидуализация траекторий обучения обеспечивается реализацией в онлайн-тренажере методики оценки эффективности занятий по отработке отдельного навыка, которая визуализируется через кривую обучения. **Кривая обучения** (англ. learning curve) — это графическая зависимость успешности выполнения учебного задания от типа и количества обучаемого материала. Анализ кривых обучения позволяет сформировать представление о результативности метода обучения.

* Кочергин В. И. Англо-русский толковый научно-технический словарь по системному анализу, программированию, электронике и электроприводе. В 2 т. Т.1. Томск: ОАО НПП «Полус»; 2008. 653 с.; Информатика, образование, дидактика, история, методы и технологии обучения. Словарь ключевых понятий и определений. Сетевое учебное издание. Сост. Е. В. Ширшов. Москва: Издательский Дом «Академия Естествознания»; 2017. 138 с. EDN: ZADDOJ. DOI: 10.17513/np272; ГОСТ Р ИСО/ТС 18308-2008. Информатизация здоровья. Требования к архитектуре электронного учета здоровья. <https://docs.cntd.ru/document/1200067414>; ГОСТ Р ИСО/МЭК 27033 1-2011. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Безопасность сетей. Часть 1. Обзор и концепции. <https://docs.cntd.ru/document/1200089172>



Рис. 1. Архитектура навыков в предметной области школьного курса математики

Fig. 1. The architecture of skills in the subject area of a school mathematics course

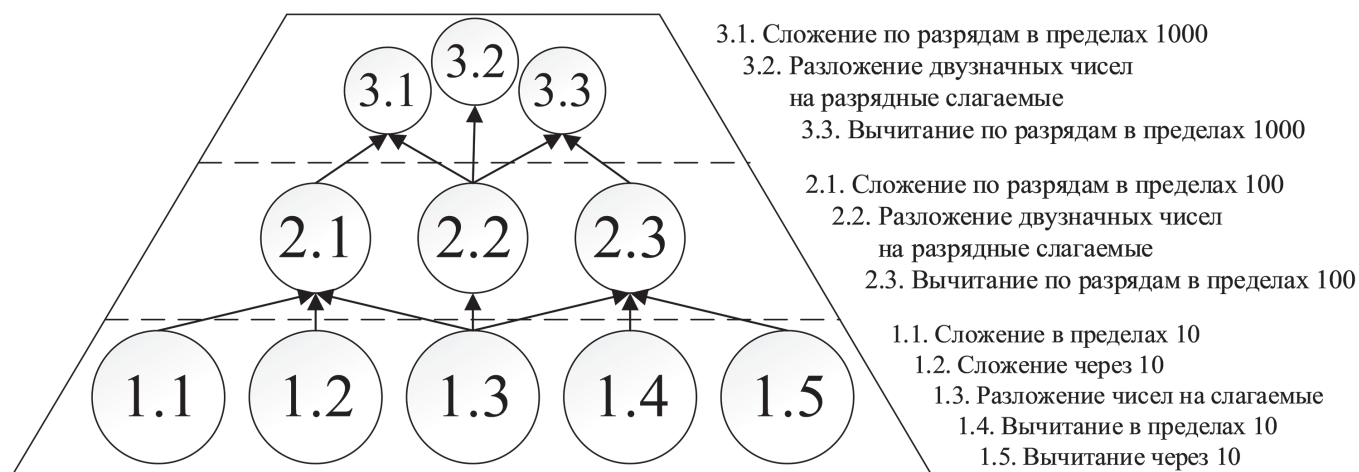


Рис. 2. Фрагмент декомпозиции архитектуры навыков в предметной области школьного курса математики на уровне арифметики и арифметических операций

Fig. 2. A fragment of decomposition of skill architecture in the subject area of school mathematics course at the level of arithmetic and arithmetic operations

3. Требования к приложению «Тренажер математических операций»

Тренажер математических операций должен обеспечить возможность отработки всех уровней архитектуры навыков в предметной области школьного курса математики, представленных на рисунке 2. Тренажер будет реализован в виде адаптивного веб-приложения, поскольку должен передавать пользователям актуальные данные и быть доступен на любом современном устройстве, имеющем выход в интернет. Тренажер должен иметь многофункциональную и настраиваемую панель админи-

стратора, с помощью которой можно отслеживать активность пользователей, управлять контентом веб-приложения и взаимодействовать с базой данных. Он должен также обладать удобным и понятным интерфейсом, нейтральным и спокойным дизайном, чтобы ученикам и преподавателям легче было сконцентрироваться на процессе обучения. Тренажер должен иметь внутренний инструмент для анализа данных, а также позволять выстраивать разные режимы обучения в соответствии с общими требованиями к регулярности занятий и соблюдению норм труда и отдыха. Он должен обеспечивать возможность мониторинга учебных достижений учащихся.

Качественные параметры тренажера следующие:

- наличие отдельного генератора заданий на каждый навык;
- формирование индивидуальной траектории отработки навыков;
- количественная оценка уровня освоения навыка и устойчивости полученного результата;
- возможность формирования групп навыков:
 - решения уравнений (арифметические и алгебраические навыки);
 - анализа текстов (перевод с естественного языка на язык математических символов);
 - составления математической модели (анализ условия задачи при помощи таблицы);
 - составления уравнения (по таблице);
 - решения задач.

Количественные параметры тренажера следующие:

- общее количество отрабатываемых навыков выполнения арифметических операций не менее 100;
- количество предлагаемых для отработки заданий в 100–1000 раз больше, чем на бумажных носителях.

4. Сценарий работы приложения «Тренажер математических операций»

Сценарий работы тренажера подразумевает следующее: после *входной диагностики* текущего уровня владения математическими навыками учащегося происходит формирование его *индивидуальной учебной траектории*. Блок-схема процесса прохождения представлена на рисунке 3.

Если выполнение заданного количества заданий происходит без ошибок и за определенное время, то *навык считается отработанным*. Задания для отработки каждого навыка генерируются по определенному алгоритму, что исключает их повторение и делает их возможное количество очень большим.

Переход к отработке следующего навыка допускается только после полной отработки предыдущего. Выбор следующего для отработки навыка предлагается системой согласно авторской методике в целях предоставления пользователю приложения оптимальной (индивидуальной) учебной траектории.

При наличии ошибок в отработке более сложных навыков приложение может предложить *повторение/диагностику более простых навыков*, составляющих данный сложный навык, в целях локализации причины допускаемых ошибок и их точечной проработки.

В случае неуверенных действий пользователя при выполнении отдельного задания, при отклонении от рекомендованного режима тренировок, а также в случае других неточностей система предлагает подсказку в виде всплывающего окна.

Информация о всех завершенных действиях пользователя (очередная тренировка, очередной этап учебной траектории и т. п.) и достигнутые им резуль-

таты автоматически отправляются куратору, роль которого может выполнять родитель или педагог.

5. Анализ конкурентных решений

Сравнительный анализ конкурентных решений для отработки математических навыков проводился среди **девяти математических приложений**:

- «ЕГЭ Математика»;
- «Ментальная арифметика»;
- «МатематУМ: Задачи в уме»;
- «Algebra Tutoring Course»;
- «Incredible Math»;
- «Learn math, Math games»;
- «Math & Science Tutor — Algebra, Calculus, Physics»;
- «Math Tests — mathematics practice questions»;
- «Math Workout».

Сравнительный анализ проводился по следующим **критериям**:

1. Изучаемый предмет.
2. Цель обучения.
3. Методика обучения.
4. Обещанные результаты.
5. Тип приложения: мобильное, десктопное, веб-приложение.
6. Системная архитектура: локальная или клиент-серверная.
7. Языки пользовательского интерфейса.
8. Геймификация.
9. Дизайн приложения: соответствие контексту, привлекательность.
10. Платный/бесплатный продукт.
11. Наличие платного контента.
12. Год появления публичной версии.
13. Страна производства.
14. Рынок распространения.
15. Количество скачиваний.
16. Рейтинг пользователей (по данным Google Play и App Store).

Близкими по цели обучения к проектируемому онлайн-тренажеру являются следующие приложения:

- «МатематУМ: Задачи в уме»;
- «Algebra Tutoring Course»;
- «Math Tests — mathematics practice questions»;
- «Math & Science Tutor — Algebra, Calculus, Physics»;
- «Incredible Math»;
- «ЕГЭ Математика».

Сравнительный анализ этих приложений и авторского тренажера математических операций по 12 наиболее значимым критериям представлен в таблице.

Из приложений, которые были проанализированы, только «МатематУМ: Задачи в уме» и «Incredible Math» имеют геймификацию (участники соревнуются друг с другом в наборе очков). **Анализ конкурентных решений подтвердил спрос на математические тренажеры, а также потенциальную конкурентоспособность авторского приложения.**

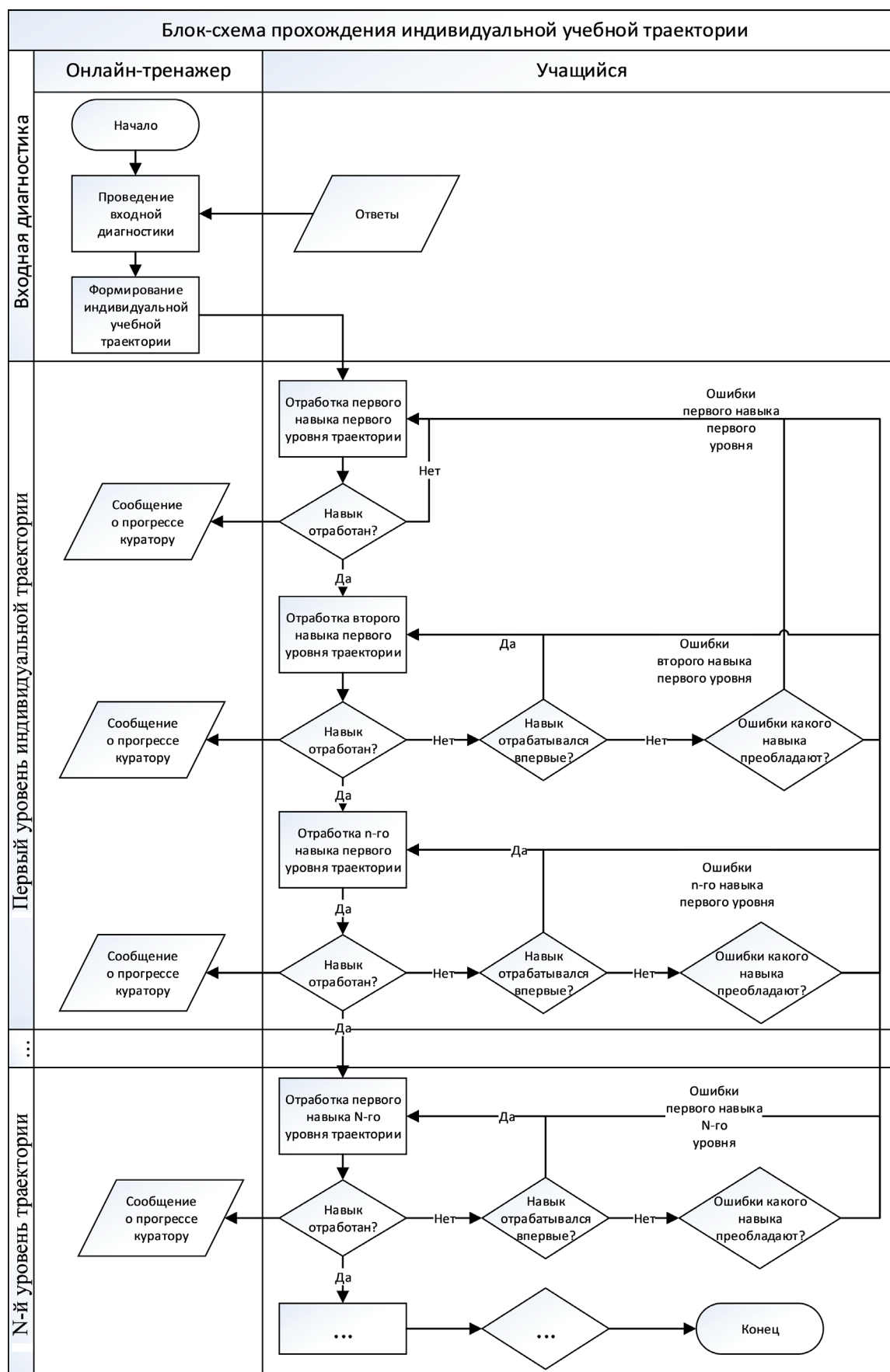


Рис. 3. Блок-схема прохождения индивидуальной учебной траектории
 Fig. 3. Flowchart of the process of passing an individual educational trajectory

Сравнительный анализ конкурентных решений для отработки математических навыков
Comparative analysis of competitive solutions to practice mathematical skills

№ п/п	Критерии сравнения	Математические приложения (по году выхода)						Собственная разработка
		«Математ.УМ: Задачи в уме»	«Algebra Tutoring Course»	«Math Tests — mathematics practice questions»	«Math & Science Tutor — Algebra, Calculus, Physics»	«Incredible Math»	«ЕГЭ Математика»	
1	Изучаемый предмет	Математика	Алгебра	Математика	Базовая математика, алгебра, физика, химия, инженерия, статистика	Математика	Математика	Математика
2	Цель обучения	Повышение продуктивности мозга, улучшение внимания, реакции и скорости мышления	Изучение алгебры и совершенствование этих знаний	Совершенствование знаний по математике	Изучение математики, улучшение знаний	Помощь в изучении математики, совершенствование знаний и подготовка к экзаменам	Подготовка к ЕГЭ по математике	Отработка навыка решения математических задач в курсе I–XI классов
3	Методика обучения	Разные режимы тренировок, каждый из которых состоит из множества простых математических задач	Теория (онлайн-видеоуроки) и практические задания	Теория, тесты. Результаты испытаний. Можно просмотреть ошибки и прогресс	Теория, практические задания и тесты	Теория для задач разного уровня сложности. Практика в виде ответов на вопросы. Информация о точности и скорости ответов на вопросы	Теория, практические задания и тесты, сборники терминов, аксиом и теорем, основные таблицы по математике, разборы задач, онлайн-чат	Практические задания и тесты, подбираемые индивидуально по результатам диагностики
4	Обещанные результаты	«Простой способ повышения продуктивности мозга, улучшения внимания, реакции и скорости мышления»*	«Пользователь шаг за шагом повысит уровень своих навыков от базового до продвинутого»**	«Упражнения идеальны для лучшего владения математикой и подходят для детей и взрослых»***	«Пользователь будет набирать больше баллов на экзаменах и викторинах»****	«Получать более высокие оценки и быть лучше своих сверстников»*****	«Приложение идеально подходит для подготовки к ЕГЭ по математике. Приложение содержит всю необходимую информацию для успешной сдачи экзамена!»*****	Сокращение времени выполнения заданий в 2-3 раза. Выполнение заданий, которые до этого не удавалось решить. Повышение среднего балла ЕГЭ
5	Тип приложения	Мобильное	Мобильное, десктопное	Мобильное, десктопное	Мобильное, десктопное	Мобильное, десктопное	Мобильное, десктопное	Мобильное, десктопное
6	Языки пользовательского интерфейса	Русский	Русский, английский, итальянский, немецкий, французский, китайский, японский	Английский, немецкий, испанский, французский, португальский, польский, японский	Английский	Английский	Русский	Русский

7	Геймификация	Личный счет: решить как можно больше задач за ограниченное время	Нет	Нет	Нет	Набор очков, повышение уровня, соревнования с друзьями в таблице лидеров	Нет	Индикация расчётного времени до окончания отработки навыка
8	Год появления публичной версии	2013	2015	2017	2019	2020	2021	2023
9	Страна производства	Россия	Международная корпорация	Чехия	США	Россия	Россия	Россия
10	Рынок распространения	Весь мир	Весь мир	Весь мир	Весь мир	Весь мир	Россия	Россия
11	Количество скачиваний (раз)	Информация недоступна	>50 000	>1 000 000	>100 000	>10 000	>50 000	—
12	Рейтинг пользователей (по данным Google Play и App Store)	4,9	4,3	4,5	4,6	4,4	4,0	—

* Скачать «МатематУМ: Задачи в уме» для ПК. <https://pcmac.download.ru/app/554437914/математум-задачи-в-уме>
 ** About «Algebra Tutoring Course». <https://m.apkpure.com/algebra-tutoring-course/com.scimug.algebratutoringcourse>
 *** «Math Tests — Mathematics practice questions» APK. <https://www.apkspk.com/math-tests-mathematics-practice-questions/>
 **** «Math & Science Tutor — Algebra, Calculus, Physics». <https://ru.magicmodapk.com/math-science-tutor-algebra-mod/com.mathtutordvd.mathtutor.mathtutor/>
 ***** «Incredible Math». <https://apkamp.com/ru/com.marcsoftware.incrediblemath>
 ***** «ЕГЭ Математика». https://apps.rustore.ru/app/matematika.math.ege?utm_source=yandex_seo

6. Проектирование архитектуры и разработка приложения «Тренажер математических операций»

Тренажер математических операций для школьников представляет собой **облачное решение, состоящее из следующих элементов**:

- генератор заданий (на каждый отрабатываемый навык);
- база данных (содержит информацию о пользователях и пройденной ими учебной траектории);
- архив видеофрагментов с примерами и пояснениями по каждому навыку;
- диагностический блок;
- аналитический блок (формирует индивидуальную учебную траекторию, контролирует прохождение каждого ее участка);
- блок визуализации (BI-система (*англ.* Business Intelligence) — набор инструментов и программ для бизнеса, которые собирают данные из разных источников, обрабатывают их и представляют в наглядном виде; в данном случае визуализирует индивидуальную учебную траекторию и накопленные достижения в пространстве математических навыков);
- блок модератора-подсказчика (генерирует подсказки по выполнению заданий и соблюдению технологии тренировок на основании мониторинга действий пользователя);
- блок CRM (*англ.* Customer Relationship Management, «система управления взаимоотношениями с клиентами»; в данном случае коммуникация ученика и куратора — родителя или педагога);
- блок приема заявок и навигации по партнерам сервиса с учетом территориальной локализации (для трех групп — родителей и самих школьников, репетиторов, школ/учебных центров) (рис. 4).

Разработка MVP тренажера для первого уровня архитектуры (см. рис. 2) осуществлялась по гибкой **методологии Scrum** и включила в себя следующий стек технологий и инструментов:

- Django — инструмент для разработки сервера;
- MySQL — СУБД для хранения данных;
- jQuery, Highcharts JS, Bootstrap 4 — основной комплекс инструментов для разработки интерфейса.

Визуализированный фрагмент базы данных можно увидеть на рисунке 5.

Веб-интерфейс прототипа состоит из четырех областей:

- логотип;
- меню сайта для быстрой навигации;
- заголовок страницы, на которой находится пользователь;
- блок контента, в котором находится основная информативная часть страницы.

Все **статические элементы страницы** были расположены с помощью шаблонизатора Django, который предоставляет возможность взаимодействовать с данными непосредственно внутри HTML-кода. Во время построения верхнего меню проверяется, вошел ли пользователь в систему и является ли он администратором. От этого зависят возможности его доступа к панели администратора. Также было реализовано адаптивное навигационное меню, скрывающееся в кнопку при работе на дисплеях мобильных устройств.

Разметка страниц организована с помощью технологии Flexbox.

Все **запросы к представлениям**, описанные в алгоритме прохождения тестирования, выполнены по технологии AJAX. В результате получается динамически обновляемая веб-страница, не требующая перезагрузки после каждого ответа на вопрос. Пример такой страницы можно увидеть на рисунке 6.

Для того чтобы на странице контроля расположить информацию наиболее лаконично и вместе

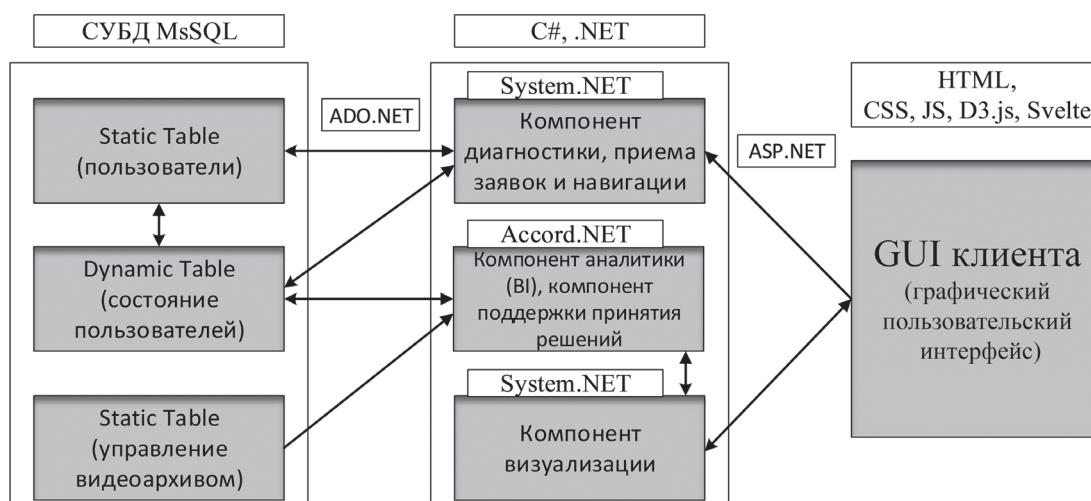


Рис. 4. Модель информационных потоков математического тренажера

Fig. 4. Model of information flows of a mathematical simulator

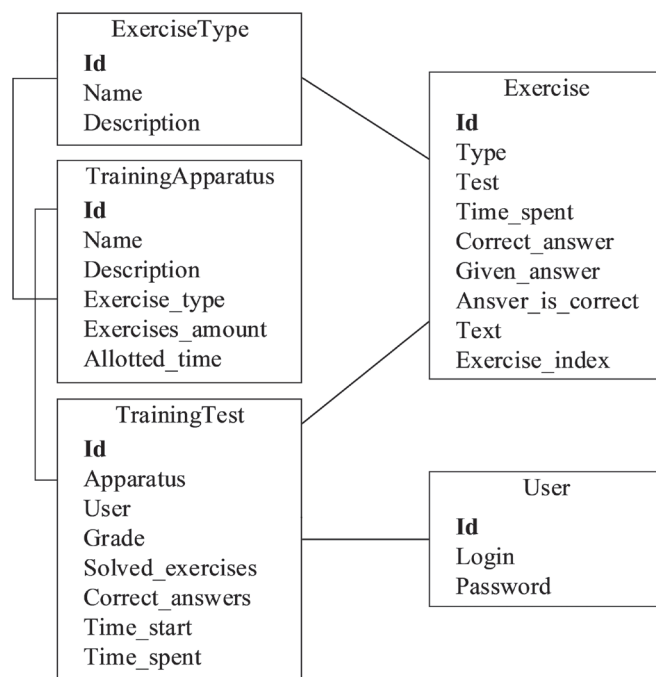


Рис. 5. Фрагмент базы данных MVP тренажера

Fig. 5. Fragment of the MVP simulator database

с этим исключить возможность случайного запуска контрольного тестирования, было принято решение сделать всплывающее окно, которое вызывается при клике на выбранную тему и содержит в себе пояснения к тесту, и кнопку, подтверждающую готовность пользователя начать тест. Данная функция реализована с помощью библиотеки SweetAlert2 для языка программирования JavaScript. С помощью сторонних библиотек на основе данных, собираемых по мере отработки заданий, реализовано построение графиков на странице статистики.

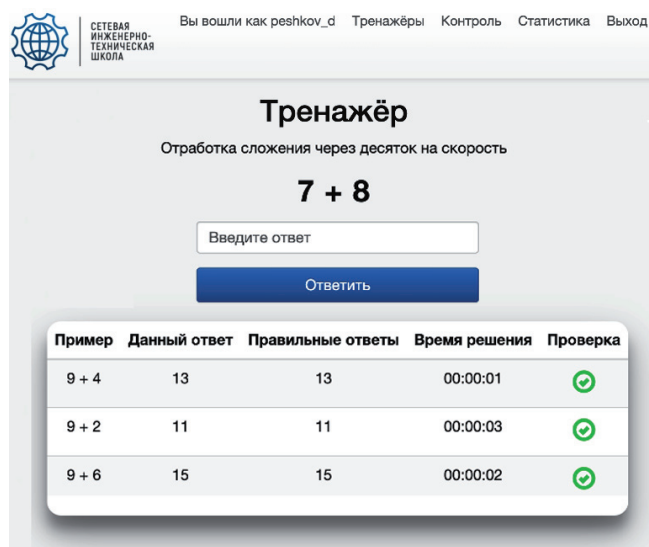


Рис. 6. Страница, получающая данные по технологии AJAX

Fig. 6. Page receiving data using AJAX technology

Описанный тренажер рассматривается как первый шаг в разработке итогового решения, покрывающего всю архитектуру навыков. Функционал основан на универсальной технологии решения задач методом табличного анализа (описан в [15]).

Как было замечено выше, результативность занятий определяется на основании кривой обучения, которая отражает зависимость времени, затраченного на правильное выполнение заданий школьниками, от числа подходов. В эксперименте участвовала группа школьников, каждый из которых выполнял набор из 10 разных заданий одного типа. На рисунке 7 представлены графики отработки навыка счета для трех заданий: второго, шестого и девятого. На графике

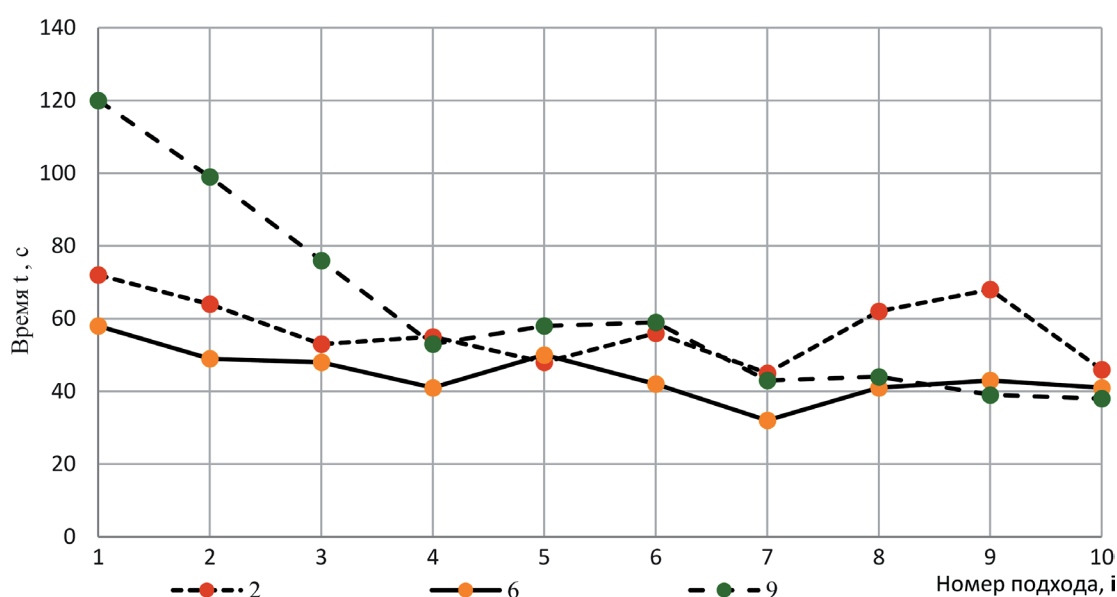


Рис. 7. График зависимости времени, затраченного на правильное выполнение заданий, от номера подхода

Fig. 7. Graph of the time spent on the correct execution of tasks, depending on the approach number

выполнения 9-го задания видно, что с увеличением количества подходов время, затраченное школьником на верное выполнение этого задания, сократилось в три раза. График выполнения 2-го задания показывает, что навык учеником еще не отработан, так как присутствует существенный разброс значений: время на верное выполнение на первом и девятом подходах практически не отличается. На графике выполнения 6-го задания отражено сокращение времени, затраченного школьником на верное выполнение задания, в полтора раза.

7. Выводы

В современной школьной программе отсутствует индивидуализация обучения и отработке математических, в том числе арифметических, навыков уделяется недостаточное количество времени. Именно поэтому учащиеся демонстрируют низкий уровень освоения математических навыков на всех этапах учебной диагностики. Выявление архитектуры навыков, которые необходимо формировать в школьном курсе математики, позволило разработать тренажер математических операций. Тренажер позволяет выстраивать индивидуальные учебные траектории. При соблюдении описанной архитектуры навыков гарантируется получение следующих результатов:

- сокращение времени на выполнение заданий в 2-3 раза;
- способность выполнять задания, которые до этого учащийся не мог решить.

Такой результат приведет к повышению среднего балла ЕГЭ на 15–20 баллов (по 100-балльной шкале). Универсальная авторская технология отработки математических навыков различных типов будет способствовать повышению качества усвоения знаний по математике.

Компьютерная программа имеет ряд преимуществ перед рабочими тетрадями, а именно:

- возможность исправления ошибок;
- доступность с любых устройств;
- отсутствие ограничений в количестве записей и т. д.

Применение онлайн-тренажера для отработки навыков выполнения математических операций позволит совершать все действия в интерактивном режиме, собирать данные о скорости наработки отдельных математических навыков школьниками и проводить их оценку с использованием кривой обучения. Концепция онлайн-тренажера может быть использована в качестве основы для разработки аналогичных решений в других предметных областях школьной программы.

Список источников / References

1. Gladwell M. Outliers: The Story of Success. New York, Little, Brown and Company; 2008. 321 p.
2. Лебедев С. А. Математика и технические науки — основа единства системы научного знания. *Журнал есте-*

ственнонаучных исследований. 2018;3(3):22–48. EDN: VMVISO

[Lebedev S. A. Mathematics and technical sciences as a basic unity of the scientific knowledge system. *Journal of Natural Sciences Research*. 2018;3(3):22–48. (In Russian.) EDN: VMVISO]

3. Чигинцева А. А., Коняева Е. А. Актуальные проблемы дистанционного обучения. *Скиф. Вопросы студенческой науки*. 2018;(3(19)):10–21. EDN: UQGIAO

[Chigintseva A. A., Konyaeva E. A. The current problems in distance learning. *Skiff. Questions of Student Science*. 2018;(3(19)):10–21. (In Russian.) EDN: UQGIAO]

4. Барышева И. В., Малкина Е. В., Козлов О. А. Влияние самоизоляции на уровень знаний по программированию выпускников школ. *Инновационные подходы в высшем образовании в сфере компьютерных наук. Материалы III Международной научно-практической конференции*. Науч. ред. Н. В. Папуловская. Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина; 2022:5–9. EDN: DSSPLV

[Barysheva I. V., Malkina E. V., Kozlov O. A. The influence of self-isolation on the level of programming knowledge of school graduates. *Innovative Approaches in Computer Science within Higher Education — InnoCSE-2021. Proc. III Int. Scientific and Practical Conf. Ed. by N. V. Papulovskaya*. Ekaterinburg, UrFU; 2022:5–9. (In Russian.) EDN: DSSPLV]

5. Шангина Е. И., Шайхутдинова К. Р. Модель адаптации обучения студентов вузов к дистанционной форме обучения во время пандемии. *Инновационные подходы в высшем образовании в сфере компьютерных наук. Материалы III Международной научно-практической конференции*. Науч. ред. Н. В. Папуловская. Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина; 2022:10–13. EDN: IVCIEX

[Shangina E. I., Shaikhutdinova K. R. A model for adapting university students to distance learning during the pandemic. *Innovative Approaches in Computer Science within Higher Education — InnoCSE-2021. Proc. III Int. Scientific and Practical Conf. Ed. by N. V. Papulovskaya*. Ekaterinburg, UrFU; 2022:10–13. (In Russian.) EDN: IVCIEX]

6. Джамалидинова М. Е. Интерпретация результатов Всероссийской проверочной работы по математике как средство определения задач по совершенствованию методов подготовки. *Педагогическая наука и образование в диалоге со временем. Материалы VI Международной научно-практической конференции, посвященной памяти В. А. Пятина*. Астрахань: Астраханский государственный университет; 2021:222–224. EDN: YOROKV

[Dzhamalidinova M. E. Interpretation of the results of the All-Russian Verification Work in Mathematics as a means of determining tasks for improving preparation methods. *Pedagogical Science and Education in Dialogue with Time. Proc. VI Int. Scientific and Practical Conf. Dedicated to the Memory of V. A. Pyatin*. Astrakhan, Astrakhan State University; 2021:222–224. (In Russian.) EDN: YOROKV]

7. Майкова Н. С. Виды ошибок учащихся при обучении решению геометрических задач, их причины и способы предупреждения. *Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена*. 2008;(73-2):113–118. EDN: MVQFPP

[Maikova N. S. Types of student errors when learning geometrical problems, causes of errors and ways of prevention thereof. *Izvestia: Herzen University Journal of Humanities & Science*. 2008;(73-2):113–118. (In Russian.) EDN: MVQFPP]

8. Далингер В. А. Типичные ошибки учащихся по математике и их причины. *Современные наукоемкие технологии*. 2014;(12-1):94–97. EDN: TBWIDB

[Dalinger V. A. Typical mistakes of students in mathematics and their causes. *Modern High Technologies*. 2014;(12-1):94–97. (In Russian.) EDN: TBWIDB]

9. Мугаллимова С. Р. О типичных ошибках обучающихся по математике. *Актуальные проблемы математического образования. Материалы межвузовской конференции*. Surgut: Четыре Цвета; 2015;28–33. EDN: IVLLVC. Режим доступа: https://stud.surgpu.ru/media/medialibrary/2015/03/Статья_Мугаллимова.pdf

[Mugallimova S. R. About typical mistakes of students in mathematics. *Actual Problems of Mathematical Education. Proc. of the Interuniversity Conf.* Surgut, Chetyre Tsveta; 2015;28–33. (In Russian.) EDN: IVLLVC. Available at: https://stud.surgpu.ru/media/medialibrary/2015/03/Статья_Мугаллимова.pdf]

10. Уваров А. Ю. Два кризиса образования, учебная архитектура и Интернет. *Педагогический университетский вестник Алтай*. 2002;(2):260–266. EDN: SBIIQD

[Uvarov A. Yu. Two crises of education, educational architecture and the Internet. *Pedagogical University Bulletin of Altai*. 2002;(2):260–266. (In Russian.) EDN: SBIIQD]

11. Водяхо А. И., Пузанков Д. В., Грицкая Т. С., Сомов С. В. Архитектурный подход к созданию и сопровождению образовательных ресурсов. *Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ*. 2014;(3):23–28. EDN: RZOOEF

[Vodyaho A. I., Puzankov D. V., Gritskaya T. S., Somov S. V. Architectural approach to educational resources creation and support. *Proceedings of Saint Petersburg Electrotechnical University Journal*. 2014;(3):23–28. (In Russian.) EDN: RZOOEF]

12. Дроботенко Ю. Б. Развитие идеи архитектурного подхода в педагогике в условиях информационного общества. *Научные проблемы гуманитарных исследований*. 2011;(10):128–137. EDN: LXSPYD

[Drobotenko Y. B. Architectural ideas development within the framework of pedagogical science in the information society context. *Scientific Problems of Humanitarian Research*. 2011;(10):128–137. (In Russian.) EDN: LXSPYD]

13. Маленкова Л. О. Теоретическое обоснование архитектуры организации школьного образовательного процесса в современном информационном обществе. *Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена*. 2012;(145):142–150. EDN: OZPUSH

[Malenkova L. O. The theoretical substantiation of school architecture of the educational process in the modern information society. *Izvestia: Herzen University Journal of Humanities & Science*. 2012;(145):142–150. (In Russian.) EDN: OZPUSH]

14. Вишнякова А. Ю., Дубинин Н. Н., Берг Д. Б. Разработка концепции архитектуры школьного образования. *Российские регионы в фокусе перемен. Сборник докладов XV Международной конференции*. Екатеринбург: ООО «Издательство УМЦ УПИ»; 2021;1:162–165. EDN: BVIDVI

[Vishnyakova A. Yu., Dubinin N. N., Berg D. B. Development of the school education architecture concept. *Russian Regions in the Focus of Change. Proc. XV Int. Conf.* Ekaterinburg, Publishing House UMC UPI, LLC; 2021;1:162–165. (In Russian.) EDN: BVIDVI]

15. Дубинин Н. Н., Назарова Ю. Ю. Технология решения задач методом табличного анализа. *Современные проблемы науки и образования*. 2018;(4):127. EDN: YMGZPF. DOI: 10.17513/spno.27974

[Dubinin N. N., Nazarova Yu. Yu. Technology of tasks solving by method of tabular analysis. *Modern Problems of Science and Education*. 2018;(4):127. (In Russian.) EDN: YMGZPF. DOI: 10.17513/spno.27974]

Информация об авторах

Берг Дмитрий Борисович, доктор физ.-мат. наук, профессор, профессор базовой кафедры «Аналитика больших данных и методы видеоанализа», Институт радиоэлектроники и информационных технологий-РТФ, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-7703-9750>; *e-mail*: d.b.berg@urfu.ru

Папуловская Наталья Владимировна, канд. пед. наук, доцент кафедры информационных технологий и систем управления, Институт радиоэлектроники и информационных технологий-РТФ, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-7407-1491>; *e-mail*: n.v.papulovskaia@urfu.ru

Вишнякова Алина Юрьевна, старший преподаватель кафедры анализа систем и принятия решений, Школа экономики и менеджмента, Институт экономики и управления, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-1649-4167>; *e-mail*: alina.vishniakova@urfu.ru

Дубинин Николай Николаевич, руководитель образовательных программ, Сетевая инженерно-техническая школа, Екатеринбург, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-2842-8442>; *e-mail*: dubininnn@gmail.com

Information about the authors

Dmitry B. Berg, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Professor, Professor at the Basic Department “Big Data Analytics and Video Analysis Methods”, Engineering School of Information Technologies, Telecommunications and Control Systems (IRIT-RTF), Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-7703-9750>; *e-mail*: d.b.berg@urfu.ru

Nataliya V. Papulovskaya, Candidate of Sciences (Education), Associate Professor at the Department of Information Technologies and Control Systems, Engineering School of Information Technologies, Telecommunications and Control Systems (IRIT-RTF), Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-7407-1491>; *e-mail*: n.v.papulovskaia@urfu.ru

Alina Yu. Vishnyakova, Senior Lecturer at the Department of Systems Analysis and Decision-Making, School of Economics and Management, Graduate School of Economics and Management, Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-1649-4167>; *e-mail*: alina.vishniakova@urfu.ru

Nikolay N. Dubinin, Head of Educational Programs, Network Engineering and Technical School, Ekaterinburg, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-2842-8442>; *e-mail*: dubininnn@gmail.com

Поступила в редакцию / Received: 13.12.22.

Поступила после рецензирования / Revised: 13.03.23.

Принята к печати / Accepted: 14.03.23.