



Реализация индивидуальных траекторий обучения с использованием цифровой образовательной платформы «Либерия»

Е. В. ФРОЛОВА, Г. Н. ПИШИКИНА, И. В. БАРЫШЕВА

АННОТАЦИЯ

Введение. Современная система образования сталкивается с необходимостью учитывать индивидуальные особенности каждого обучающегося для достижения наиболее эффективных результатов обучения. Традиционные методики в образовании часто предполагают одинаковый набор учебных материалов и методов преподавания для всех учащихся, что не всегда соответствует реальным потребностям и возможностям отдельных учеников. Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки механизмов построения и внедрения индивидуальных образовательных траекторий в условиях единого образовательного пространства с использованием новейших достижений нейронауки и информационных технологий.

Цель исследования – научное обоснование целесообразности реализации индивидуальных траекторий обучения с использованием технологий искусственного интеллекта (ИИ) и нейротехнологий на создаваемых цифровых образовательных платформах.

Материалы и методы. В процессе исследования используются международные и российские документы, регламентирующие вопросы развития образования, использования ИИ и нейротехнологий, научные публикации по персонализации обучения в условиях единого образовательного пространства. При разработке платформы применялись методы сравнительного анализа некоторых цифровых образовательных платформ, математических моделей, технологий ИИ и геймификации, нейротехнологий, как изучаемых в ряде научных статей, так и применяемых в настоящее время в процессе обучения.

Результаты. Создана цифровая образовательная платформа «Либерия», функционал которой использует технологии искусственного интеллекта и позволяет учитывать когнитивные особенности учащихся при формировании индивидуальных образовательных траекторий для освоения предметов естественнонаучного и технологического циклов. Реализуемый на платформе подход создает условия, в которых каждый школьник может раскрыть свой потенциал и достичь максимальных результатов обучения.

Заключение. Результаты исследования показывают эффективность применения технологий ИИ для построения индивидуальных образовательных траекторий на цифровой платформе и намечают направления дальнейших исследований. В частности, перспективным является представление образовательного контента, усложняющегося по мере его изучения обучающимся с целью формирования у него логического мышления, тогда как сейчас на платформах контент представляется весьма кратким для лучшего восприятия, но при этом формирующий клиповое мышление.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

индивидуальная траектория обучения, цифровая образовательная платформа, математическое моделирование, искусственный интеллект

Для цитирования: Фролова Е. В., Пишикина Г. Н., Барышева И. В. Реализация индивидуальных траекторий обучения с использованием цифровой образовательной платформы «Либерия» // Перспективы науки и образования. 2025. № 4. С. 114–134. <https://doi.org/10.32744/pse.2025.4.8>

Поступила: 21.02.2024 | Одобрена: 23.04.2025 | Опубликовано: 31.08.2025



Лицензия «С указанием авторства — С сохранением условий». Позволяет перерабатывать, исправлять и развивать произведения при условии указания авторства и лицензирования производных работ на аналогичных условиях.



Realization of individual learning trajectories using the digital educational platform «Liberia»

E. V. FROLOVA, G. N. PISHIKINA, I. V. BARYSHEVA

ABSTRACT

Introduction. The modern education system is faced with the need to take into account the individual characteristics of each student in order to achieve the most effective learning outcomes. Traditional methods in education often involve the same set of educational materials and teaching methods for all students, which does not always correspond to the real needs and capabilities of individual students. The relevance of the work is due to the need to develop mechanisms for constructing and implementing individual educational trajectories in a single educational space using the latest achievements in neuroscience and information technology.

The purpose of the study is to scientifically substantiate the feasibility of implementing individual learning trajectories using artificial intelligence (AI) and neurotechnologies on the created digital educational platforms.

Materials and methods. The study uses international and Russian documents regulating the development of education, the use of AI and neurotechnologies, scientific publications on the personalization of learning in a single educational space. When developing the platform, methods of comparative analysis of some digital educational platforms, mathematical models, AI and gamification technologies, neurotechnologies were used, both studied in a number of scientific articles and currently used in the learning process.

Results. A digital educational platform "Liberia" has been created, the functionality of which uses artificial intelligence technologies and allows taking into account the cognitive characteristics of students when forming individual educational trajectories for mastering subjects of the natural sciences and technology cycles. The approach implemented on the platform creates conditions in which each student can reveal their potential and achieve maximum learning results.

Conclusion. The results of the study show the effectiveness of using AI technologies to build individual educational trajectories on a digital platform and outline areas for further research. In particular, it is promising to present educational content that becomes more complex as it is studied by students in order to develop logical thinking, whereas now on platforms the content is presented very briefly for better perception, but at the same time forming clip thinking.

KEYWORDS

individual learning trajectory, digital educational platform, mathematical modeling, artificial intelligence

For Citation: Frolova, E. V., Pishikina, G. N., & Barysheva, I. V. (2025). Realization of individual learning trajectories using the digital educational platform «Liberia». *Perspektivy nauki i obrazovaniya = Perspectives of Science and Education*, (4), 114–134. <https://doi.org/10.32744/pse.2025.4.8>

Received: 21 February 2025 | Approved: 23 April 2025 | Published: 31 August 2025



This is an open access article distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike International License (CC-BY-SA 4.0) that allows others to share the work with an acknowledgement of the work's authorship and initial publication in this journal

ВВЕДЕНИЕ

Современная образовательная система ориентирована на оперативное реагирование на изменяющиеся потребности личности и общества. Образование играет ключевую роль в формировании личности и подготовке к жизни в современном обществе. Традиционная модель обучения, основанная на унифицированных программах и методиках, часто не учитывает индивидуальные потребности и способности каждого ученика. В последние десятилетия наблюдается тенденция к переходу от массового образования к персонализированной системе обучения, которая стремится обеспечить каждому школьнику максимально комфортные и эффективные условия для освоения знаний. Современный мир требует от людей высокой степени адаптивности, креативности и умения работать в команде. Традиционное образование, которое фокусируется на передаче стандартизированных знаний, зачастую не способно подготовить выпускников к вызовам будущего. Персонализированный подход, напротив, направлен на развитие уникальных талантов и интересов каждого ученика, что способствует формированию более компетентных и уверенных в себе личностей. В условиях цифровизации и распространения онлайн образования персонализация обучения приобретает особое значение. Современные технологии позволяют собирать и анализировать большие объемы данных об обучающихся, что открывает новые возможности для создания индивидуальных учебных планов и адаптации содержания курса к конкретным потребностям каждого школьника. Очевидно, что технологии ИИ и нейрообразования необходимо встраивать в цифровые образовательные платформы, поэтому разработка соответствующих механизмов чрезвычайно актуальна, особенно в настоящее время, когда по всей стране создается единое образовательное пространство.

Стоит отметить, что вопросы повышения качества образования, в том числе и с использованием современных технологий, остро стоят и в мировом образовательном сообществе. Так, ЮНЕСКО посредством Рамочной программы действий «Образование 2030» координирует реализацию четвертой из Целей устойчивого развития, принятых на Саммите ООН в 2015 году, относящейся к образованию. Программа направлена на обеспечение всеохватывающего и справедливого качественного образования и поощрение возможности обучения на протяжении всей жизни для всех. В книгах, опубликованных Организацией Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры: «Руководящие принципы для разработки политики и генеральных планов по ИКТ в образовании» (2023, оригинал «Guidelines for ICT in education policies and masterplans», 2022) и «Технологии искусственного интеллекта в образовании» (2022, оригинал «AI and education: guidance for policy-makers», 2021), даны общие принципы использования ИКТ и искусственного интеллекта в образовании.

В Указе Президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» от 07.05.2024 №309 обозначены цели, непосредственно связанные с образованием: реализация потенциала каждого человека, развитие его талантов, воспитание патриотичной и социально ответственной личности и цифровая трансформация государственного и муниципального управления, экономики и социальной сферы. Реализация поставленных целей невозможна без внедрения в образовательный процесс современных и инновационных технологий. В настоящее время одним из самых мощных инструментов для реализации этих целей являются цифровые образовательные платформы, которые позволяют как аккумулировать все наилучшие практики и методические разработки, так и использовать самые современные технологии, в том числе дистанционное обучение, использование ИИ и другие.

Рассмотрим проблемы, без решения которых невозможно достижение целей, поставленных перед образовательным сообществом. Первая из таких проблем – организация дистанционного обучения, способного обеспечить равенство в получении качественного образования. Необходимость быстрого внедрения дистанционного обучения в период пандемии COVID-19 сильно сказалась на встраивании новых информационных технологий в процесс обучения, причем это происходило во всех предметах учебного плана. Так в статье I. N. Akkan и S. Eminoglu Kucuktepe приведено сравнение практик дистанционного образования во время карантина в четырех странах ОЭСР, таких как Бельгия, Япония, Испания и Турция, и даны рекомендации, ориентированные на будущее [1]. Потребность в элементах цифровой поддержки обучения в начальных школах немецкого национального меньшинства в Венгрии рассматривается в работе E. Markus и др. [2]. Здесь также описываются проблемы, с которыми столкнулись учителя при

переходе на онлайн-обучение в период дистанционного обучения. Создание условий для развития нового цифрового вида образовательных услуг в школах имеет важное значение при интеграции передовых технологий в образовательный процесс [3]. Описание открытых онлайн-ресурсов и веб-платформ для разработки лексических заданий и упражнений, а также результаты исследования, посвященного использованию онлайн-платформ для расширения словарного запаса учащихся представлены в работе [4].

В настоящее время появилось много онлайн-инструментов, а также онлайн-платформ, призванных обеспечить непрерывность образовательного процесса, что в свою очередь потребовало от учителей более высокого уровня компетентности в сфере информационных технологий, что подтверждают результаты опроса учителей [5]. Безусловно, развитие информационных технологий связано с искусственным интеллектом, который помогает выстраивать процесс обучения оптимальным способом, создавая при этом индивидуальные траектории и возможности для адаптивного обучения, разрабатывая образовательный контент и интерактивные учебные среды, проводя анализ уровня усвоения требуемых компетенций и многое другое [6]. М. А. Almuhanна отмечает, что инструменты искусственного интеллекта должны постоянно развиваться, чтобы обеспечить всем учащимся равные возможности, независимо от их способностей [7].

Еще одной стороной учебного процесса, на которую оказало сильное влияние стремительное внедрение информационных технологий, являются непосредственно сами обучающиеся, которые также сталкиваются со множеством проблем, таких как переход на безбумажное выполнение заданий [8], необходимость развития творческого мышления [9], вовлеченность в образовательный процесс, и, соответственно, восприятие онлайн-курсов [10]. Работы К. Г. Кречетникова [11; 12] поднимают проблемы, возникающие при организации дистанционного обучения. Их учет, безусловно, поможет сделать онлайн-обучение наиболее эффективным.

Второй глобальной проблемой является проблема дидактического и методического обеспечения онлайн-обучения, а также создания цифрового контента, отвечающего поставленным целям. В настоящее время большое количество работ посвящено проблемам создания цифрового контента, разработке онлайн-курсов, образовательных онлайн-платформ. Например, М. Othman совместно с коллегами в статье [13] рассматривает разработку интерактивных игровых тестов для вводного курса программирования, основанных на принципе сегментации мультимедиа и геймификации. Н. В. Тарасовой в [14] показано, что в настоящее время все большую роль в качестве дидактических инструментов цифровой трансформации играют электронные образовательные ресурсы, а в работе [15] Э. Г. Скибицким рассматриваются вопросы дидактического обеспечения дистанционного обучения, в том числе принципы, на которых оно должно строиться. Неотъемлемым элементом онлайн-платформ становится геймификация, используемая в качестве одного из инструментов онлайн-обучения [16]. Однако все эти аспекты рассматриваются сами по себе и не объединяются в единое целое.

Интересны оценки результатов внедрения различных форм онлайн-обучения и цифровых платформ, а также совершенствование самих инструментов оценки. В статье F. Lafifa и D. Rosana [17] описывается разработка закрытого теста с несколькими вариантами ответов и результаты его экспертной проверки, позволяющие использовать тест для оценки навыков цифровой грамотности учащихся при изучении естественных наук. Группой учёных был проведен библиометрический анализ, результаты которого показывают, что наблюдается растущая тенденция к внедрению учебной аналитики и её использованию для персонализированных учебных сред. Результаты также показывают, что уровни эффективности учебной аналитики продвинулись от описания и диагностики к прогнозированию и построению перспектив. Это потенциально может улучшить области учебной аналитики и среды персонального обучения [18]. В работе [19] авторы приводят описание гибридной интеллектуальной системы обучения для поддержки исследовательской деятельности учащихся, которая была внедрена в практику преподавания математики. Эффективность системы была проверена на основе разработанных параметров научного потенциала, отражающих специфику исследовательской деятельности в области математики (личностный, деятельностный, коммуникативный, результативный), с использованием модуля гибридной интеллектуальной системы обучения.

Значительные достижения теории и практики в области использования информационных технологий в профессиональной подготовке и в системе дистанционного образования, а также возможности адаптации информационных и компьютерных технологий к обучению рассматривают-

ся в работах российских и зарубежных авторов. Так, в монографии В. А. Красильниковой рассмотрены ключевые аспекты подготовки учителя информатики в контексте компетентностного подхода и применения компьютерных технологий в обучении, проанализированы психолого-педагогические, дидактические и технологические возможности компьютерных средств обучения и средств коммуникации [20]. В исследовании [21] анализируется эффективность цифрового игрового обучения, в частности, рассматривается использование интерактивного чат-бота, предназначенного для обучения программированию через выполнение заданий-головоломок.

Третьей проблемой является встраивание искусственного интеллекта (ИИ), технологий нейрообразования и других новейших технологий в образовательный процесс. Ведь именно искусственный интеллект (ИИ) и инструменты нейрообразования создают новые возможности для совершенствования образовательных процессов и повышения их эффективности. Применение искусственного интеллекта становится необходимым явлением в учебном процессе, предоставляя широкие возможности для новых, более эффективных методов и форм обучения. О. П. Околелов предлагает новые дидактические средства, ставящие целью решение проблем современного образования в условиях применения ресурсов искусственного интеллекта, которые существенно меняют образовательные процессы и трансформируют образовательную среду [22]. «Применение искусственного интеллекта дает учащимся различного возраста, уровня успеваемости, социального положения и достатка ряд значительных преимуществ, каждое из которых может повысить качество обучения и улучшить результаты учебной деятельности» [23].

Но, безусловно, самой главной проблемой является разработка механизмов построения индивидуальных образовательных траекторий для каждого обучающегося, позволяющих сделать его обучение наиболее эффективным. Понимание индивидуальных особенностей работы мозга каждого ученика позволяет разрабатывать персонализированные стратегии обучения, учитывающие его сильные и слабые стороны. Это повышает эффективность образовательного процесса и снижает риск возникновения трудностей в учебе. На основе анализа нейроданных ИИ-системы могут автоматически генерировать персонализированные учебные планы, учитывающие индивидуальные особенности каждого ученика, доставку контента, оценку, обратную связь, поддержку учащихся и аналитику обучения [24]. Это позволяет избежать перегрузки одних учеников и недостаточной стимуляции других, создавая оптимальные условия для успешного обучения каждого школьника.

Персонализированное обучение должно основываться на принципах дифференцированного подхода, который признает уникальность каждого ученика и стремится учесть его индивидуальные особенности в процессе обучения. Для его реализации необходимо наличие следующих элементов образовательного процесса:

- диагностика потребностей и способностей – перед началом обучения проводится диагностика, которая помогает выявить уровень знаний, интересы и предпочтения каждого ученика;
- индивидуальная учебная программа – на основе результатов диагностики создается индивидуальный учебный план, который учитывает сильные и слабые стороны ученика;
- поддержка и обратная связь – преподаватель помогает ученику достигать поставленных целей;
- гибкость и адаптивность – необходимость легкой адаптации учебного процесса к изменениям в интересах и способностях ученика, обеспечение максимальной вовлеченности и мотивации.

Отметим, что в настоящее время многие авторы рассматривают цифровые образовательные платформы как инструмент, позволяющий системно решать указанные выше проблемы. Создается много образовательных платформ и в зависимости от поставленных целей их функционирования авторы используют различные математические модели. Так, например, в статье [25] рассматривается модель реализации программируемого обучения студентов с использованием геймификации для учета психотипа обучающегося с последующей оценкой результатов обучения на основе нечеткой логики. В [26] рассмотрен подход к формированию индивидуальных образовательных траекторий как композиции педагогических экспериментов в условиях автоматизации образовательного процесса и внедрения адаптивного обучения, а в [27] для построения оптимальной индивидуальной образовательной траектории обучающегося при изучении массовых открытых онлайн-курсов используются математические модели целочисленного программирования с различными целевыми функциями, зависящими от предпочтений обучающегося.

В статье [28] указывается, что школы должны постоянно адаптироваться к быстроменяющимся технологиям, использовать современные цифровые технологии в качестве инструмента для повышения эффективности процесса обучения, изучать и учитывать влияние компьютерных технологий на успеваемость учащихся и их мотивацию. Необходимость использования новейших технологий высказана также в статье [29], в которой авторы утверждают, что «развивая цифровую грамотность в процедурной и технической, когнитивной и социокультурной областях, связанных с профессиональными компетенциями, учащиеся могут эффективно внедрять и использовать новые технологии посредством профессиональной цифровой практики». Использование современных цифровых технологий напрямую связано с особенностями цифровой компетентности школьников [30]. Рядом авторов [31] поднимается также вопрос о формировании компетенций, связанных с информационной безопасностью при работе с цифровыми инструментами, в Интернете, в различных виртуальных пространствах. Все это необходимо учитывать при создании модели цифровой образовательной платформы.

В работе [32] рассмотрены дифференциальные математические модели с запаздывающей обратной связью, дифференциальные модели с управляющими воздействиями, непрерывная динамическая модель, описывающая процесс получения и усвоения знаний, с учетом использования коэффициентов усвоения, мотивации ученика, уровня требований и управляющих воздействий в системе. В [33] строится цифровая модель платформы образовательной системы, на базе которой могут быть спроектированы эффективные автоматизированные дидактические системы, использующие цифровые технологии обучения.

Однако остается открытым вопрос объединения всех полученных в исследованиях результатов на одном цифровом ресурсе. Поэтому целью настоящей работы стало научное обоснование целесообразности реализации индивидуальных траекторий обучения с использованием технологий искусственного интеллекта (ИИ) и нейротехнологий на создаваемых цифровых образовательных платформах, а также выбор математической модели цифровой платформы, позволяющей реализовать алгоритмы функционирования нейронной сети, направленные на решение поставленных задач построения персонализированных траекторий. В качестве доказательства возможности реализации указанного подхода выступает разработанная цифровая образовательная платформа «Либерея», позволяющая решать все указанные выше проблемы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Цифровая образовательная платформа, использующая для организации эффективного обучения технологии искусственного интеллекта и нейрообразования, представляет собой сложную систему, объединяющую множество компонентов и процессов, поэтому для изучения и понимания ее структуры, динамики и возможности оптимизации возникла необходимость в сравнительном анализе математических моделей, описывающих различные аспекты работы цифровой платформы.

На стадии разработки цифровой платформы, которая должна выступить в роли средообразующего инструмента для создания единого образовательного пространства в рамках естественнонаучного и технологического образования школьников 10-11 классов был проведен сравнительный анализ следующих типов математических моделей:

- сетевые модели (описывают платформу с точки зрения теории графов и сетевого анализа);
- модели машинного обучения (рекомендательные системы, адаптивное обучение, анализ данных о поведении пользователей);
- агентные модели (рассматривают платформу как поле четко подчиняющегося определенным правилам взаимодействия агентов – школьников, учителей, классов, администраторов);
- динамические модели (описывают изменение во времени ключевых параметров, учитываемых на платформе – успеваемость, усвоение материала, овладение школьниками компетенциями в соответствии с построенной траекторией обучения);

- оптимизационные модели (описывают планирование учебного процесса как для отдельно взятого школьника, так и для такого элемента как класс, а также позволяют управлять назначением заданий школьникам, распределением ресурсов платформы и т.д.);
- байесовские модели (позволяют учесть различные неопределенности и вероятности тех или иных событий, происходящих при реализации образовательного процесса на платформе, в частности, для прогнозирования успеваемости школьника на основе его предыдущих результатов, что достаточно удобно сделать с использованием искусственного интеллекта);
- игровые модели (позволяют исследовать различные сценарии образовательного процесса и принимать соответствующие решения);
- когнитивные модели (описывают процессы мышления школьников, что позволяет использовать их для понимания того, как происходит усвоение материала конкретным школьником на основе принятых им самим решений, и анализировать полученные результаты на соответствие их индивидуальным способностям школьника).

По результатам проведенного анализа в качестве возможных моделей для создания платформы, предоставляющей индивидуальные образовательные траектории, были выбраны следующие математические модели: динамические, оптимизационные, модели машинного обучения, когнитивные и байесовские модели.

Более подробно были изучены динамические модели, модели машинного обучения и байесовские модели.

В динамической модели, описывающей изменение уровня знаний школьника (K) со временем (t) предполагается, что школьник учится с постоянной скоростью α , а динамика изменения его уровня знаний описывается следующим уравнением:

$$dK/dt = \alpha \cdot K$$

где $K(t)$ – уровень знаний в момент времени t .

Решение этого уравнения дает экспоненциальный рост уровня знаний:

$$K(t) = K_0 e^{\alpha t},$$

где K_0 – начальный уровень знаний.

В динамических моделях, описываемых разностными уравнениями, уровень знаний школьника изменяется каждую неделю на величину, пропорциональную текущему уровню знаний. Тогда разностное уравнение выглядит так:

$$K_{n+1} = K_n + \beta K_n,$$

где K_n – уровень знаний на неделе n , а β – коэффициент роста.

Решение этого уравнения даст приращение «количества знания» в виде геометрической прогрессии:

$$K_n = K_0 (1 + \beta)^n.$$

Безусловно, при изучении динамических моделей необходимо также учитывать мотивацию школьника. Для этого случая наиболее подходящим вариантом является модель, описываемая системой дифференциальных уравнений, определяемой двумя переменными: уровня знаний студента (K) и мотивации (M). Предположим, что мотивация влияет на скорость обучения, а знания влияют на мотивацию. Тогда система выглядит так:

$$\begin{cases} \frac{dK}{dt} = \alpha MK, \\ \frac{dM}{dt} = \gamma K - \delta M, \end{cases}$$

где α , γ и δ – параметры модели.

Эта система описывает взаимозависимость между уровнем знаний и мотивацией.

Стоит отметить, что наиболее важную роль в разработке и функционировании цифровых образовательных платформ играют модели машинного обучения, используемые для автоматизации различных процессов, таких как персонализация контента, рекомендация курсов, оценка прогресса учащихся и т.д. В качестве расчетных моделей применялись модели линейной и полиномиальной регрессии, кластеризация, модели, использующие нейронные сети для создания индивидуальных образовательных траекторий.

Еще одним из важнейших типов математических моделей, лежащих в основе разработки цифровых платформ с использованием ИИ являются модели, построенные с помощью формулы Байеса, которая связывает априорные и апостериорные вероятности:

$$P(A|B) = (P(B|A)P(A))/P(B),$$

где $P(A|B)$ – апостериорная вероятность (вероятность гипотезы A при условии наблюдения B), $P(B|A)$ – правдоподобие (вероятность наблюдения B при условии истинности гипотезы A), $P(A)$ – априорная вероятность (предварительная вероятность гипотезы A до получения наблюдений), $P(B)$ – маргинальная вероятность (общая вероятность наблюдения B). Априорные вероятности рассчитываются на основе предыдущих данных, а правдоподобие оценивается на основе частоты встречаемости тех или иных результатов. При появлении новых данных происходит пересчет апостериорной вероятности на основе новых данных. Этот процесс можно формализовать следующим образом:

$$P(A|Data) = (P(Data|A)P(A))/(\int P(Data|\theta)P(\theta)d\theta),$$

где $P(A|Data)$ – новая апостериорная вероятность, $P(Data|A)$ – правдоподобие новых данных при условии гипотезы A , $P(A)$ – старая априорная вероятность, $\int P(Data|\theta)P(\theta)d\theta$ – маргинальная вероятность данных.

Обеспечение возможности персонализации контента, создания условий для адаптивного обучения, прогнозирования успеваемости, фильтрации и модерации контента, а также оптимизации интерфейса. Для разработки механизма построения индивидуальных образовательных траекторий также был проведен сравнительный анализ математических моделей.

Модель управления обучением. Целью в данной модели является максимизация суммарной оценки всех пройденных курсов при соблюдении ограничений по времени и ресурсам. Пусть x_{ij} обозначает, что школьник i прошел курс j , а y_j – оценка школьника после прохождения курса j . Тогда целевая функция выглядит следующим образом:

$$\max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} y_j$$

при ограничениях:

1) по времени:

$$\sum_{j=1}^m t_j x_{ij} \leq T_i \quad \forall i = 1, \dots, n,$$

где t_j – время, необходимое для прохождения курса j , а T_i – доступное время школьника i ,

2) по предварительным требованиям: $x_{ik} \geq x_{il}$, если курс l требуется знать для курса k ,

3) по оценкам: $y_j \geq p_{ij} + r_j \quad \forall j=1, \dots, m$, где p_{ij} – начальная оценка ученика i по курсу j , а r_j – минимальный прирост оценки после прохождения курса j .

Эта модель представляет собой задачу целочисленного программирования.

Модель усвоения знаний. Одним из примеров такого рода моделей является логистическая кривая, которая описывает нелинейную зависимость скорости усвоения нового материала от уже имеющихся знаний:

$$P(t)=K/(1+e^{(-r(t-t_0))}),$$

где $P(t)$ – уровень усвоенных знаний в момент времени t , K – максимальный уровень знаний, который может достичь ученик, r – константа, определяющая скорость роста, t_0 – точка перегиба, когда скорость роста максимальна.

При использовании искусственного интеллекта на платформе можно еще использовать модель Блумберга-Джонсона-Маклина, основанную на предположении, что каждый ученик обладает определенным потенциалом для усвоения знаний, и этот потенциал может быть описан нормальным распределением. Модель описывает изменение уровня знаний ученика во времени и позволяет прогнозировать его будущие успехи. Формула модели:

$$P(t)=M \cdot F(t),$$

где $P(t)$ – уровень усвоенных знаний в момент времени t , M – потенциальный максимум знаний, который может достичь ученик, $F(t)$ – функция, описывающая долю потенциала, реализованную к моменту времени t . Функцию $F(t)$ можно выразить через интеграл нормального распределения:

$$F(t)=\int_{-\infty}^t f(x)dx,$$

где $f(x)$ – плотность нормального распределения. Однако эта модель не дает желаемых наглядных результатов оценки уровня знаний, достигнутого школьником.

Модель Карпенко. Она описывает процесс усвоения знаний как функцию времени и интенсивности обучения, учитывает влияние различных факторов, таких как мотивация, внимание и концентрация ученика, что позволяет варьировать большее число параметров для формирования индивидуальной траектории. Модель определяется равенством:

$$P(t)=A \cdot (1-e^{-at}),$$

где $P(t)$ – уровень усвоенных знаний в момент времени t , A – максимально возможный уровень знаний, a – коэффициент, зависящий от интенсивности обучения и других факторов.

Наиболее удачно с байесовской моделью оценки результатов и работы искусственного интеллекта на платформе согласуется модель Герберта Саймона, которая описывает процесс усвоения знаний как последовательное решение задач различной сложности. Она учитывает, что ученик сначала решает простые задачи, а затем переходит к более сложным, в том числе и с подачи искусственного интеллекта, определяющего тематику и сложность предлагаемых задач. Достаточно просто получается и результирующее значение:

$$P(n)=\sum_{i=1}^n p_i,$$

где $P(n)$ – уровень усвоенных знаний после решения n -й задачи, p_i – вклад i -й задачи в общее знание. Именно эта модель реализуется на платформе для подведения итогов и получения школьником определенных наград при прохождении курсов.

Несомненно для реализации программного продукта необходимым был сравнительный анализ доступных на рынке технологий. Основными критериями выбора технологического стека стали: масштабируемость, производительность, безопасность, поддержка сообщества, документация, простота разработки и сопровождения. В итоге на платформе использовались следующие инструменты и механизмы:

Backend: NestJS. Язык: TypeScript. Обоснование выбора: NestJS предоставляет готовую архитектуру, основанную на принципах dependency injection, что упрощает организацию кода и его тестирование. Модульность NestJS способствует разделению приложения на логические части, упрощая разработку и поддержку. Поддержка различных транспортов (HTTP, WebSockets, gRPC) делает его универсальным инструментом для разных задач. Выбор в пользу NestJS также обусловлен его зрелостью и активным сообществом.

Prisma ORM. Язык: TypeScript. Prisma генерирует типы на основе схемы базы данных, что обеспечивает безопасность типов и улучшает опыт разработчика. Обоснование выбора: Prisma

упрощает взаимодействие с базой данных, предоставляя API для выполнения CRUD-операций. Автоматическая генерация типов снижает количество ошибок, связанных с работой с данными. Поддержка PostgreSQL и других баз данных делает его гибким и масштабируемым решением.

Socket.IO. Язык: JavaScript/TypeScript. Socket.IO предоставляет абстракцию над WebSockets, упрощая их использование. Обоснование выбора: Socket.IO обеспечивает двунаправленную связь в реальном времени между клиентом и сервером, что идеально подходит для функциональности, требующей немедленного обмена данными. Простота использования и обширная документация ускоряют разработку.

Frontend: Nuxt.js. Язык: JavaScript/TypeScript. Использует Vue.js, что упрощает разработку пользовательского интерфейса. Обоснование выбора: Nuxt.js предлагает готовые решения для рендеринга на стороне сервера (SSR) и генерации статических сайтов (SSG), что повышает производительность и SEO. Интеграция с Vue.js, удобство разработки и богатая экосистема сделали Nuxt.js оптимальным выбором.

База данных: PostgreSQL. Обоснование выбора: PostgreSQL — это надёжная и производительная реляционная база данных с открытым исходным кодом. Её поддержка сложных запросов, транзакций и расширенный функционал (например, поддержка JSONB) сделали её предпочтительной для хранения структурированных данных.

Файловое хранилище: Minio. Обоснование выбора: Minio обеспечивает совместимость с Amazon S3 API, что позволяет легко переносить данные между локальным и облачным хранилищем. Масштабируемость, открытый исходный код и простота развёртывания делают его идеальным для хранения больших объёмов файлов.

Преимущества выбранного стека: высокая скорость разработки, масштабируемость, надёжность, удобство сопровождения, соответствие современным стандартам разработки.

В результате тщательного анализа требований проекта и существующих на рынке технологий был выбран следующий технологический стек: NestJS, Prisma ORM, Socket.IO, Nuxt.js, PostgreSQL и Minio. Данный выбор обусловлен стремлением создать масштабируемое, надёжное и легко поддерживаемое приложение. NestJS обеспечивает структуру и гибкость, Prisma ORM упрощает работу с базой данных, а Nuxt.js позволяет создавать высокопроизводительные веб-приложения. PostgreSQL гарантирует надёжное хранение данных, а Minio обеспечивает эффективное хранение файлов.

Рассматривались и другие технологии, такие как Express.js и MongoDB. Однако NestJS был выбран благодаря более строгой типизации и модульной архитектуре, а PostgreSQL был предпочтительнее MongoDB из-за необходимости поддержки сложных транзакций и реляционных связей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При выполнении проекта «Создание единого образовательного пространства в рамках естественнонаучного и технологического образования школьников 10-11 классов на базе цифровой платформы с использованием технологий искусственного интеллекта и нейрообразования» проводился ряд научных исследований, результаты одного из которых представлены в данной работе. По итогам всех проведенных исследований командой проекта была создана цифровая платформа «Либерея».

Целью этой работы являлось научное обоснование целесообразности реализации индивидуальных траекторий обучения с использованием технологий искусственного интеллекта (ИИ) и нейротехнологий на создаваемых цифровых образовательных платформах. Для этого необходимо было разработать модель цифровой платформы, позволяющей реализовать алгоритмы функционирования нейронной сети, направленные на решение поставленных задач построения персонализированных траекторий и создать действующую цифровую платформу, позволяющую решить следующие проблемы:

- организовать возможность дистанционного обучения, обеспечивающего качественное образование;

- создать дидактическое и методическое обеспечения онлайн-обучения, а также цифровой контент для наполнения платформы;
- использовать в организации образовательного процесса на базе платформы технологии ИИ нейрообразования и геймификации;
- реализовать на платформе механизм построения индивидуальных образовательных траекторий для каждого обучающегося, позволяющих сделать его обучение наиболее эффективным.

Гипотеза данного проекта состояла в идее реализации индивидуальных образовательных траекторий на цифровой платформе с использованием технологий ИИ, нейрообразования и геймификации.

В задачи исследования входила разработка математической модели, выбор технологического стека, разработка механизмов построения индивидуальных образовательных траекторий с использованием технологий ИИ.

В результате сравнительного анализа различных математических моделей в основу работы ИИ на платформе «Либерея» положена байесовская модель. Она позволяет осуществлять построение индивидуальных траекторий с учетом персонализации выдаваемого контента, во-первых, с точки зрения типа восприятия школьника, а во-вторых, с учетом приоритета при условии прогнозирования будущих интересов на основе данных о предпочтениях и действиях школьника при освоении образовательной программы. Кроме того, байесовская модель позволяет реализовать адаптивный подход к обучению, в котором учебный материал подстраивается под уровень подготовки и темпы усвоения конкретного ученика, анализируя успехи и трудности пользователей и предлагая им соответствующие задания. ИИ на основе байесовской модели может осуществлять управление успеваемостью за счет прогнозирования будущей успеваемости школьников на основе их текущих показателей. Если система замечает, что ученик начинает отставать по определённому курсу, она может автоматически предложить дополнительные материалы или назначить встречу с учителем для индивидуальной консультации.

Байесовские модели оказались полезными также и разработчикам: интерфейс платформы должен быть интуитивно понятным и удобным для пользователей, поэтому, анализируя поведение пользователей и выявляя слабые места, эти модели могут помочь в оптимизации дизайна. Например, если большинство пользователей сталкиваются с трудностями при поиске нужного раздела, система может предложить изменить расположение кнопок или добавить подсказки. Это повышает удобство использования платформы.

Выбранный по результатам сравнительного анализа существующих технологий технологический стек позволил разработать и реализовать нелинейную модель сортировки заданий, которая позволяет динамически корректировать образовательную траекторию в зависимости от текущих результатов школьников.

В отличие от традиционных методов линейного планирования образовательного маршрута, которые используются в настоящее время и, зачастую, оказываются неэффективными, так как они не могут учесть разнообразие факторов, влияющих на успешность освоения материала, нелинейная сортировка заданий заключается в том, чтобы предложить учащемуся последовательность заданий, которая будет наиболее эффективной для его обучения. Это требует учета множества параметров, включая уровень сложности заданий, предыдущие успехи обучающегося, его интересы и предпочтения, а также временные ограничения.

Аспекты анализа и использования результатов LLM (Large Language Model), как одной из технологий ИИ на цифровой платформе «Либерея»:

- метрики оценки – используются для оценки эффективности сортировки (время выполнения заданий, количество ошибок, уровень удовлетворенности пользователя);
- обратная связь – позволяет уточнять модель и улучшать процесс обучения;
- адаптивность – на платформе предусмотрены механизмы, которые позволяют модели обновлять свои представления о пользователе и подстраивать план обучения;

- нелинейность – достигается за счет использования различных алгоритмов байесовских систем и машинного обучения, таких как нейронные сети или алгоритмы рекомендательных систем.

LLM обучается на большом количестве данных о пользователях, их ответах на задания и их прогрессе в обучении. На основе этих данных реализованная на платформе модель может:

- после прохождения входного тестирования определять сильные и слабые стороны пользователя, его текущий уровень знаний;
- оценивать сложность заданий (сравнивать новое задание с другими, учитывая не только явные параметры сложности, но и контекст, в котором оно задается);
- учитывать взаимосвязь между заданиями (какие задания являются логическим продолжением предыдущих, какие темы лучше изучать в комплексе);
- индивидуальный прогресс пользователя (как быстро пользователь усваивает материал, какие темы ему даются легче, а какие сложнее);
- психологические факторы (как чередование простых и сложных заданий влияет на мотивацию и эффективность обучения);
- предсказывать успешность выполнения задания (оценивать вероятность того, что пользователь справится с заданием, учитывая его предыдущие результаты и индивидуальные особенности);
- генерировать индивидуальный план обучения (составлять последовательность заданий, которая будет оптимальна для конкретного пользователя).

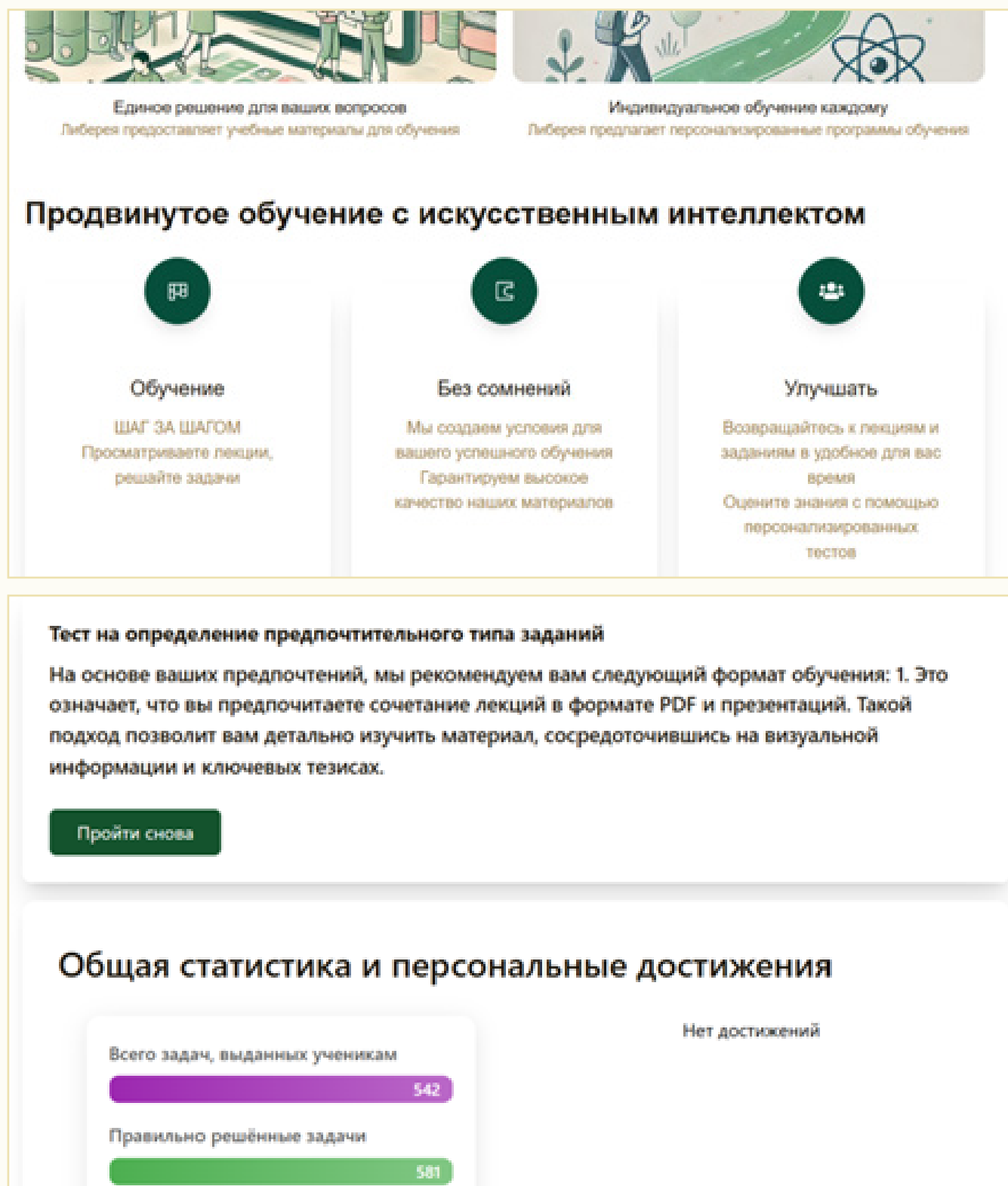
Еще одним важным преимуществом создания индивидуальных траекторий на платформе «Либерея» является учет нейропсихологических особенностей школьников, в частности преобладающего типа восприятия информации.

Восприятие информации – это когнитивный процесс, обеспечивающий отражение объектов и явлений в сознании посредством различных сенсорных систем. Процесс восприятия информации характеризуется индивидуальными различиями, влияющими на её обработку и интерпретацию. Индивидуальные различия обусловлены генетикой, опытом, культурным окружением и другими факторами. Понимание этих механизмов имеет важное значение при разработке эффективных методов обучения, коммуникации и взаимодействия с информацией. Для определения доминирующего типа восприятия (визуальный, аудиальный или кинестетический) используются тесты, результаты которых позволяют ИИ выбирать форму выдаваемых учебных материалов (видео, обычный текст, презентация, инфографика и т. д.). На платформе определение типа восприятия: визуал, аудиал или кинестетик проводится с помощью нейропсихологического тестирования и обработки результатов. Определение типа восприятия ложится в основу построения индивидуальной траектории обучения с использованием искусственного интеллекта.

В результате проведенных исследований создана цифровая образовательная платформа, функционирование которой обеспечивается с использованием технологий искусственного интеллекта. При этом использование технологий нейрообразования позволяет адаптировать образовательные материалы к индивидуальным потребностям и особенностям учащихся, а алгоритмы искусственного интеллекта анализируют когнитивные особенности каждого ученика, предоставляют оптимальные методы обучения и позволяют разработать индивидуальные траектории для каждого школьника (рисунок 1). Концепция создания платформы безусловно включает строгие меры для обеспечения этики и безопасности обучения.

Для возможности создания индивидуальных образовательных траекторий в рамках цифровой платформы «Либерея» создан банк учебных материалов по физике, математике, информатике, химии, биологии, географии и технологии, включающий 70 методических разработок, содержащих теоретический и практический материал, а также несложные для выполнения задания соответствующей предметной области; а также 105 кейс-заданий, носящих межпредметный и метапредметный практико-ориентированный характер. Разработана тематика и методика выпол-

нения 21 проектной работы, позволяющих проявить исследовательские и творческие способности, умение ориентироваться в современном мире, решать различные, в том числе практико-ориентированные и нестандартные задачи. Каждая методическая разработка содержит материалы лекции, практического (лабораторного) занятия, изложенные в трех форматах – видео, текстовый и презентационный с целью возможности предоставления выбора необходимого формата изложения для школьников с различными типами восприятия, а также тестовые задания.



The screenshot displays the Liberia digital educational platform interface. At the top, there are two banners: the left one shows students in a classroom with the text 'Единое решение для ваших вопросов' (A single solution for your questions) and 'Либерея предоставляет учебные материалы для обучения' (Liberia provides educational materials for learning); the right one shows a person walking on a path with the text 'Индивидуальное обучение каждому' (Individual learning for everyone) and 'Либерея предлагает персонализированные программы обучения' (Liberia offers personalized learning programs).

Below the banners is a section titled 'Продвинутое обучение с искусственным интеллектом' (Advanced learning with artificial intelligence). It features three columns, each with a green circular icon and a title:

- Обучение** (Learning): Represented by a book icon. Subtext: 'ШАГ ЗА ШАГОМ' (Step by step), 'Просматриваете лекции, решаете задачи' (You watch lectures, solve tasks).
- Без сомнений** (Without doubts): Represented by a document icon. Subtext: 'Мы создаем условия для вашего успешного обучения' (We create conditions for your successful learning), 'Гарантируем высокое качество наших материалов' (We guarantee high quality of our materials).
- Улучшать** (Improve): Represented by a group of people icon. Subtext: 'Возвращайтесь к лекциям и заданиям в удобное для вас время' (Return to lectures and assignments at a convenient time for you), 'Оцените знания с помощью персонализированных тестов' (Evaluate your knowledge with personalized tests).

Below this section is a box titled 'Тест на определение предпочтительного типа заданий' (Test to determine the preferred type of tasks). The text states: 'На основе ваших предпочтений, мы рекомендуем вам следующий формат обучения: 1. Это означает, что вы предпочитаете сочетание лекций в формате PDF и презентаций. Такой подход позволит вам детально изучить материал, сосредоточившись на визуальной информации и ключевых тезисах.' (Based on your preferences, we recommend you the following learning format: 1. This means that you prefer a combination of lectures in PDF format and presentations. This approach will allow you to study the material in detail, focusing on visual information and key theses.) Below the text is a green button labeled 'Пройти снова' (Take again).

At the bottom is a section titled 'Общая статистика и персональные достижения' (General statistics and personal achievements). It shows two horizontal bar charts:

- Всего задач, выданных ученикам** (Total tasks assigned to students): A purple bar with the value 542.
- Правильно решённые задачи** (Correctly solved tasks): A green bar with the value 581.

To the right of these charts, the text 'Нет достижений' (No achievements) is displayed.

Рисунок 1 Цифровая образовательная платформа «Либерея». Окно результата входного тестирования и статистики

На основании результатов проведенного исследования создана цифровая платформа, функционал которой использует технологии искусственного интеллекта и позволяет учитывать когнитивные особенности учащихся при формировании индивидуальных траекторий для освоения предметов естественнонаучного и технологического циклов. Реализуемый на платформе подход создает условия, в которых каждый школьник может раскрыть свой потенциал и достичь максимальных результатов обучения в первую очередь в интересующей его области знаний, получив при этом необходимый уровень знаний в остальных областях. Искусственный интеллект на основе используемых на платформе математических моделей осуществляет подбор соответствующих типу восприятия и предпочтениям школьника материалов, осуществляет контроль за уровнем полученных знаний, в зависимости от полученных результатов подбирает тематику и уровень сложности предлагаемых к решению задач, строит определенную последовательность изучения материала, формируя тем самым индивидуальную траекторию обучения каждого школьника.

Технологии искусственного интеллекта, реализованные на платформе позволяют разрабатывать новые психолого-педагогические и информационные методы оценки знаний и навыков, основанные на анализе больших объемов данных. Использование цифровой платформы дает возможность изучить, какие технологии и подходы действительно эффективны в контексте обучения для разных типов обучающихся, а также понять, как они воздействуют на развитие учеников, что в целом дает ценные научные и практические результаты для педагогической науки. Кроме того, цифровая платформа помогает устранить географические, социальные и экономические барьеры, предоставляя доступ к образованию для всех учеников, независимо от их местоположения и условий, что важно для реализации положения о всеобщем доступном образовании.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В настоящее время в Российской Федерации практически сформировано единое образовательное пространство, однако реализуемые подходы к обучению, по мнению авторов, являются достаточно стандартными в плане использования современных технологий. Так, использование методик, учитывающих когнитивные особенности обучающихся, реализуется по большей части в традиционной форме, без привлечения продвинутых современных технологий, искусственный интеллект используется для оценки уровня знаний и предложения повторить ту или иную тему, выстраивание индивидуальных траекторий, даже с использованием цифровых платформ, учитывает в основном возможность изменения скорости обучения, нейротехнологии в различной их интерпретации используются в ограниченном масштабе.

Использование ИИ на платформе достаточно многогранно. Как и на большинстве информационных платформ ИИ ведет анализ успехов обучающегося и предоставляет его ему и учителю. На основе полученного анализа можно выбрать и повторить западающие темы, можно вернуться и закрепить пройденный материал. На созданной платформе используется следующий подход: каждый школьник проходит нейропсихологическое тестирование на определение ведущего типа восприятия, в соответствии с которым ИИ предлагает к освоению материалы соответствующего вида. Соответственно при создании единого образовательного пространства на платформу загружаются материалы одинакового содержания, но в разной форме представления (текст, видео, презентация). Кроме того, по каждому предмету предусмотрено входное тестирование. От его результатов зависит дальнейшее выстраивание индивидуальной траектории обучения. При решении данной задачи LLM осуществляет нелинейную сортировку заданий. Для возможности работы ИИ на платформу загружаются задания трех уровней сложности по каждой из изучаемых тем. Модель позволяет учитывать множество факторов: как быстро пользователь усваивает материал; какие темы ему даются легче, а какие сложнее; какие задания являются логическим продолжением предыдущих, какие темы лучше изучать в комплексе, как чередование простых и сложных заданий влияет на мотивацию и эффективность обучения. С увеличением количества данных о пользователях ИИ будет обучаться и учитывать все больше метрик для оценки эффективности образовательного процесса конкретного обучающегося и соответственно более тонкой настройки индивидуальной траектории обучения.

Проведем сравнительный анализ основных из действующих на данный момент в образовательных пространствах цифровых платформ на предмет использования на них ИИ для построения индивидуальных образовательных траекторий.

Платформа «Моя школа» разработана Министерством просвещения РФ для обеспечения школьников доступом к качественным образовательным материалам в рамках федеральных стандартов. Платформа содержит готовые уроки, тесты и задания по основным школьным предметам, начиная с первого класса и заканчивая одиннадцатым. Система автоматически собирает данные об успехах учеников, помогая учителю выявить слабые места и своевременно скорректировать учебный план. Некоторые модули позволяют персонализировать учебный процесс в зависимости от успехов учащегося. Например, после прохождения теста система может предложить ученику повторение темы или переход к следующему этапу. Однако ни учета нейропсихологических особенностей школьников, ни построения индивидуальных образовательных траекторий с учетом сложности решаемых школьником заданий не предусмотрено.

Российская электронная школа (РЭШ) представляет собой федеральную цифровую образовательную платформу, включающую уроки, тесты, задания и контрольные работы по всем предметам школьной программы. Платформа отличается высокой степенью интерактивности и использованием мультимедийных ресурсов. На платформе реализована интеллектуальная система рекомендаций (платформа может предлагать ученикам дополнительные материалы на основе их успеваемости и предпочтений); автоматическая проверка работ (тестовые задания проверяются автоматически, что снижает нагрузку на учителей и ускоряет обратную связь для учеников). Есть базовые тесты для диагностики стиля обучения, но этот функционал ограничен и предназначен скорее для общего понимания особенностей ребенка. Основной фокус сделан на автоматизацию существующих педагогических методик.

Московская электронная школа (МЭШ) - единая образовательная платформа, разработанная правительством Москвы. Она интегрирует электронный журнал, дневник, библиотеку и цифровые уроки, обеспечивая полное управление образовательным процессом. Начал работу сервис «Цифровой учитель» по математике, который анализирует знания ребенка, определяет темы, в которых у него возникают трудности, и предлагает упражнения для восполнения пробелов. Существуют тесты, позволяющие определить уровень знания ученика по определенным темам, что помогает учителю (а не с использованием ИИ) выстроить персонализированную траекторию обучения.

«Облако знаний» – это платформа дистанционного обучения, предоставляющая доступ к видеоконтенту, тестовым заданиям и интерактивным урокам. Основное направление – подготовка к ЕГЭ и ОГЭ. Платформа анализирует успехи учеников и предоставляет рекомендации по улучшению результатов.

Цифровая платформа «Либерия» обеспечивает персонализацию учебного процесса с использованием технологий искусственного интеллекта на основе достижений учащихся. Автоматический сбор данных помогает выявлять пробелы в знаниях и корректировать уровень сложности предлагаемых заданий. Система адаптирует учебные материалы в зависимости от уровня подготовки каждого учащегося. После прохождения тестов платформа предлагает задания в зависимости от результатов. При помощи тестирования определяется доминирующий тип восприятия информации (визуальный, аудиальный или кинестетический), после чего с помощью технологий искусственного интеллекта учащимся предоставляются учебные материалы, соответствующие их предпочтительному типу восприятия (видео, аудио, текст).

Авторы полностью согласны с утверждением М. А. Imuhanna в статье [7] о необходимости постоянного развития инструментов ИИ. Так, например, «Яндекс» и МФТИ научили нейросеть оценивать развернутые ответы онлайн-этапа школьной олимпиады «Турнир Ломоносова». Причем, как отмечают разработчики, погрешности ошибок при проверке ИИ сопоставимы с погрешностями при экспертной проверке, а также не изменилось количество поданных участниками апелляций. Это означает достаточно высокий уровень разработанной нейросети, что в свою очередь влечет возможность использования этих алгоритмов на цифровых платформах не только для увеличения эффективности создаваемых образовательных траекторий, но и в том числе для формирования логического мышления у обучающихся.

Полученные в результате исследования данные полностью согласуются с высказыванием О. П. Околелова о том, что «применение искусственного интеллекта дает учащимся различного возраста, уровня успеваемости, социального положения и достатка ряд значительных преимуществ, каждое из которых может повысить качество обучения и улучшить результаты учебной деятельности» [23].

По мнению авторов, предложенный в статье М. С. Дьяченко и А. Г. Леонова [26] автоматизированный метод проб и ошибок и его оптимизированные версии для решения задачи автоматизации учебного процесса и создания индивидуальных образовательных траекторий представляет собой более сложный и в то же время менее учитывающий индивидуальные особенности обучающегося процесс, чем предложенное на платформе построение траекторий с использованием технологий ИИ, которые позволяют в режиме реального времени учитывать результаты обучения школьника. При этом авторы полностью согласны с необходимостью автоматизации проверки знаний, на которую указано в статье.

Проведенные исследования подтверждают и высказанную Д. А. Алдуниным и Г. Г. Фединым в статье [27] гипотезу о том, что более глубокий потенциал применения ИИ в электронном обучении заключается в персонализации учебного контента и его представления, учитывающей индивидуальные предпочтения и стиль обучения каждого обучающегося. Эта идея реализована на платформе «Либерея».

Как уже было сказано выше, одной из национальных целей в Указе Президента РФ является реализация потенциала каждого человека, что может быть достигнуто с помощью предложенного в работе подхода к построению индивидуальных образовательных траекторий с использованием ИИ при организации образовательного процесса с применением цифровой платформы «Либерея». Отметим, что данный подход может быть осуществлен и на другой цифровой платформе при внедрении на ней соответствующих алгоритмов работы ИИ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданная цифровая образовательная платформа позволит перейти к новым принципам организации обучения в рамках естественнонаучного и технологического блока предметов, включающим единство требований и результатов образования, его суверенности и содержательности как в предметном, так и в методическом и психолого-педагогическом плане. Организация и управление в образовании изменяются с учетом цифрового образа каждого школьника, возможности его обучения и развития в соответствии с индивидуальной траекторией. Использование технологий геймификации, искусственного интеллекта и нейрообразования объединяет современные технологии, научные методы и педагогические подходы для создания более эффективной и индивидуализированной системы образования, позволяет, с одной стороны, сделать обучение более привлекательным и приспособленным под каждого школьника, а с другой – осуществить научный подход к отбору содержания и методов его подачи с использованием новейших технологий.

Использование искусственного интеллекта позволяет разрабатывать новые психолого-педагогические и информационные методы оценки знаний и навыков, основанные на анализе больших объемов данных. Это дает более объективную и дифференцированную оценку успеваемости. С использованием цифровой платформы появляется возможность изучить, какие технологии и подходы действительно эффективны в контексте обучения для разных типов обучающихся, а также понять, как они воздействуют на развитие учеников, что в целом дает ценные научные и практические результаты для педагогической науки. Кроме того, цифровая платформа может устранить географические, социальные и экономические барьеры, предоставляя доступ к образованию для всех учеников, независимо от их местоположения и условий, что важно для реализации положения о всеобщем доступном образовании.

Результаты проведенного исследования показывают эффективность использования технологий ИИ для организации образовательного процесса с использованием цифровых платформ. Причем реализация технологий нейрообразования без использования современных цифровых технологий достаточно проблематична в плане временных затрат и использования их для

индивидуализации обучения – учитель, приходя в класс, конечно, может давать различные по уровню задания, излагать (в основном дополняя один материал другим) материал в различных формах, но это несравнимо по эффективности с индивидуализацией обучения, которую могут предоставить современные технологии ИИ и нейрообразования.

Научная новизна проекта с точки зрения педагогики и дидактики состоит в интегративном использовании новых методов, средств и технологий для создания индивидуализированной системы образования, что реализуется в интерактивности (комбинированные образовательные материалы, учитывающие когнитивные особенности обучающихся, создают новый подход к обучению, более эффективный, чем традиционные методы) и индивидуализации (персонализированный подход к обучению позволяет учитывать типы восприятия, различные стили и скорости обучения учеников, степень усвоения предложенного материала).

Эффективность использования цифровой платформы с технологиями ИИ для создания персонализированных технологий обучения была апробирована в двадцати пяти школах Липецкой области и семи регионов Российской Федерации.

Полученные результаты и быстрое развитие технологий показывают дальнейшие пути исследований: использование ИИ для проверки заданий с развернутым ответом и соответственно построение образовательных траекторий с учетом этих оценок, разработка системы усложнения предлагаемого к изучению материала с целью формирования логического мышления и соответствующих инструментов ИИ, позволяющих это реализовать на цифровой платформе, разработка соответствующего цифрового контента.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания Министерства просвещения Российской Федерации на тему «Создание единого образовательного пространства в рамках естественнонаучного и технологического образования школьников 10-11 классов на базе цифровой платформы с использованием технологий искусственного интеллекта и нейрообразования» (дополнительное соглашение № 073-03-2024-074/2 от 13.02.2024 г.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Akkan I. N., Eminoglu Kucuktepe, S. Distance Education Practices During the COVID-19 Lockdown: Comparison of Belgium, Japan, Spain, and Türkiye // *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*. 2024. № 25(4). P. 154-175. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v25i4.7623>
2. Markus E., Lehr-balló D., Svraka B. Digital learning support elements in the online teaching of german as a foreign language // *Turkish Online Journal of Distance Education*. 2024. № 25(4). P. 129-142. <https://doi.org/10.17718/tojde.1321530>
3. Moldagali B., Sultanova B., Akhtayeva N., et al. Innovative Technologies: Digitalisation of Education // *Journal of Social Studies Education Research*. 2022. № 13(4). P. 209-224. <https://jsser.org/index.php/jsser/article/view/4523>
4. Maevskaya A.Y., Borisova Y.V., Zherebkina O.S. Addressing Specific Vocabulary Challenges through Online Platforms and Internet Channels // *European Journal of Contemporary Education*. 2024. № 13(1). P. 121-131. DOI: 10.13187/ejced.2024.1.121 1711731263.pdf
5. Hernández-Sellés N., Massigoge-Galbis M. Strengthening Policies for Education, Innovation, and Digitization Through Teacher Training: Evaluating ProFuturo's Open Model in Ecuador // *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*. 2024. № 25(4). P. 1-18. DOI: 10.19173/irrodl.v25i4.7865
6. Namaziandost E., Rezai A. Special Issue: Artificial Intelligence in Open and Distributed Learning: Does It Facilitate or Hinder Teaching and Learning? // *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*. 2024. № 25(3). i-vii. DOI:10.19173/irrodl.v25i3.8070
7. Almuhanha M. A. Teachers' perspectives of integrating AI-powered technologies in K-12 education for creating customized learning materials and resources // *Education and Information Technologies*. 2024. DOI: 10.1007/s10639-024-13257-y

8. Ul Hassan H., Iqbal Z. Paperless assignments and challenges involved: voice of distance learners // Turkish Online Journal of Distance Education. 2024. № 25(4). P. 185-199. DOI: 10.17718/tojde.1304375
9. Dhitasarifa I., Wusqo I. U. The effect of steam approach digital teaching materials on increasing creative problem-solving skills // Turkish Online Journal of Distance Education. 2024. № 25(3). P. 18-27. DOI: 10.17718/tojde.1302079
10. Chen Z., Jiao J., Hu K. Formative Assessment as an Online Instruction Intervention: Student Engagement, Outcomes, and Perceptions // International Journal of Distance Education Technologies (IJDET). 2021. № 19(1). P. 50-65. DOI: 10.4018/IJDET.20210101.oa1
11. Кречетников К. Г. Методологические, психологические и валеологические проблемы дистанционного образования // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 2. С. 28. DOI 10.17513/spno.30606. EDN WEWWPI.
12. Кречетников К. Г. Техничко-технологические и организационные проблемы дистанционного образования // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 5. С. 56. DOI 10.17513/spno.30196. EDN DRZMPK.
13. Othman M., Osman A., Ahmad S. Z., Abdullah N. Integrating segmenting and gamification principles in the design of interactive gamified programming assessments for low achievers // Turkish Online Journal of Distance Education. 2024. № 25(3). P. 167-182. DOI: 10.17718/tojde.1315427
14. Тарасова Н. В., Пастухова И. П., Чигрина С. Г. Электронные образовательные ресурсы как дидактический инструмент цифровой трансформации общего образования: проблемы использования // Перспективы науки и образования. 2022. № 5 (59). С. 518-532. doi: 10.32744/pse.2022.5.31
15. Скибицкий Э. Г., Яхина Е. П. Проектирование педагогически полезного дидактического обеспечения дистанционного обучения // Инновации в образовании. 2021. № 3. С. 118-127. EDN CIYCFP.
16. Veryaeva K., Solovyeva O. The Influence of Gamification and Platform Affordances on User Engagement in Online Learning // International Journal of Distance Education Technologies (IJDET). 2021. 19(1). P. 1-17. DOI: 10.4018/IJDET.2021010101
17. Lafifa F., Rosana D. Innovations in assessing students' digital literacy skills in learning science: effective multiple choice closed-ended tests using rasch model // Turkish Online Journal of Distance Education. 2024. 25(3). P. 44-56. DOI: 10.17718/tojde.1364528
18. Mustu Yaldiz D., Kuleli S., Soydan Oktay O., Copeven N. S., et al. Learning analytics for personal learning environments: determining journal publication trends // Turkish Online Journal of Distance Education. 2024. № 25(3). P. 141-166. DOI: 10.17718/tojde.1255393
19. Dvoryatkina S. N., Zhuk L. V. Intellectual Support of the Students' Research Activities in Mathematics: Experimental Verification of Effectiveness a Hybrid Learning System // European Journal of Contemporary Education. 2023. № 12(4). P. 1212-1222. DOI: 10.13187/ejced.2023.4.1212. 1703787407.pdf
20. Красильникова В. А. Использование информационных и коммуникационных технологий в образовании. 2-е издание, переработанное и дополненное. Оренбург: Издательско-полиграфический комплекс «Университет», 2012. 330 с.
21. Варнавский А.Н. Сравнение показателей восприятия игрового чат-бота с заданиями-головоломками для обучения программированию с показателями восприятия других образовательных инструментов // Информатика и образование. 2024. Т. 39, № 4. С. 41-50. DOI: 10.32517/0234-0453-2024-39-4-41-50.
22. Околелов О.П. Искусственный интеллект в образовании. Москва-Берлин: ООО «Директмедиа Паблишинг», 2020. 82 с.
23. Дагген С. Искусственный интеллект в образовании: изменение темпов обучения. Аналитическая записка ИИТО ЮНЕСКО. 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/qPuwa> (дата обращения: 10.11.2024).
24. Chen X., Xie H., Zou D., Hwang G.-J. Application and theory gaps during the rise of artificial intelligence in education // Computers and Education: Artificial Intelligence. 2020. № 1, 100002. DOI: 10.1016/j.saeai.2020.100002
25. Сахарова Л. В., Арапова Е. А., Артамонова А. Г. Математические модели и алгоритмы интеллектуальной платформы нового типа для реализации индивидуальной траектории обучения с учетом психотипа обучающегося // Информатизация в цифровой экономике. 2023. Том 4. № 2. С. 77-104. DOI: 10.18334/ide.4.2.116812
26. Дьяченко М. С., Леонов А. Г. Решение задачи автоматизации учебного процесса с помощью экспериментального поиска индивидуальной образовательной траектории // Информатика и образование. 2024. Т. 39, № 4. С. 14-26. DOI: 10.32517/0234-0453-2024-39-4-14-26
27. Алдуни Д. А., Федин Г. Г. Математическая модель для построения оптимальной индивидуальной образовательной траектории обучающегося при изучении массовых открытых онлайн-курсов // Информационные технологии. 2019. Т. 25. № 4. С. 250-256.
28. Simões S., Oliveira T., Nunes C. Influence of Computers in Students' Academic Achievement. DOI: 10.2139/ssrn.3924230

29. Smith E. E., Kahlke R., Judd T. Not just digital natives: Integrating technologies in professional education contexts // *Australasian Journal of Educational Technology*. 2020. № 36(3). P. 1–14. DOI: 10.14742/ajet.5689
30. Filinova V. S. Competitive advantages of the HR-service center of an educational organization in the context of digital transformation // *Economic Consultant*. 2024. № 3. <https://doi.org/10.46224/ecoc.2024.3.6>
31. Luić L., Švelec-Juričić D., Mišević P. The Impact of Knowledge of the Issue of Identification and Authentication on the Information Security of Adolescents in the Virtual Space // *WSEAS Transactions on Systems and Control*. 2021. 16. P. 527-533. DOI: 10.37394/23203.2021.16.49
32. Дружинина О. В., Масина О. Н., Петров А. А. Построение дифференциальных математических моделей, используемых при разработке гибридной интеллектуальной обучающей среды, с учетом запаздывания и управляющих воздействий // Научно-методический журнал «CONTINUUM. Математика. Информатика. Образование». Елец. 2021. № 1 (21). С. 69–80. URL: <https://continuum-journal.ru/media/docs/articles/2021/1/09.pdf> (дата обращения: 23.12.2024)
33. Нуриев Н.К., Старыгина С.Д., Хайруллина Э.Р. Цифровая модель платформы образовательной системы быстрого развития // *Современные наукоемкие технологии*. 2020. № 12-1. С. 196-203. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38433> (дата обращения: 23.12.2024).
34. Filinova V. S. Competitive advantages of the HR-service center of an educational organization in the context of digital transformation. *Economic Consultant* 2024. No. 3. <https://doi.org/10.46224/ecoc.2024.3.6>

REFERENCES

1. Akkan I. N., Eminoglu Kucuktepe S. Distance Education Practices During the COVID-19 Lockdown: Comparison of Belgium, Japan, Spain, and Türkiye. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 2024, 25(4), pp. 154-175. DOI: 10.19173/irrodl.v25i4.7623
2. Markus E., Lehr-balló D., Svraka B. Digital learning support elements in the online teaching of german as a foreign language. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 2024, 25(4), pp. 129-142. Available at: <https://doi.org/10.17718/tojde.1321530> (accessed 5 December 2024).
3. Moldagali B., Sultanova B., Akhtayeva N., et al. Innovative Technologies: Digitalization of Education. *Journal of Social Studies Education Research*, 2022, 13(4), pp. 209-224.
4. Maevskaya A.Y., Borisova Y.V., Zhrebkina O.S. Addressing Specific Vocabulary Challenges through Online Platforms and Internet Channels. *European Journal of Contemporary Education*, 2024, 13(1), pp. 121-131. DOI: 10.13187/ejced.2024.1.121 1711731263.pdf
5. Hernández-Sellés N., Massigoge-Galbis M. Strengthening Policies for Education, Innovation, and Digitization Through Teacher Training: Evaluating ProFuturo's Open Model in Ecuador. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 2024, 25(4), pp. 1-18. DOI: 10.19173/irrodl.v25i4.7865
6. Namaziandost E., Rezai A. Special Issue: Artificial Intelligence in Open and Distributed Learning: Does It Facilitate or Hinder Teaching and Learning? *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 2024, 25(3), i-vii. DOI:10.19173/irrodl.v25i3.8070
7. Almuhanha M. A. Teachers' perspectives of integrating AI-powered technologies in K-12 education for creating customized learning materials and resources. *Education and Information Technologies*, 2024, DOI: 10.1007/s10639-024-13257-y
8. Ul Hassan H., Iqbal Z. Paperless assignments and challenges involved: voice of distance learners. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 2024, 25(4), pp. 185-199. Available at: <https://doi.org/10.17718/tojde.1304375> (accessed 4 December 2024).
9. Dhitarifa I., Wusqo I. U. The effect of steam approach digital teaching materials on increasing creative problem-solving skills. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 2024, 25(3), pp. 18-27. Available at: <https://doi.org/10.17718/tojde.1302079> (accessed 5 December 2024).
10. Chen Z., Jiao J., Hu K. Formative Assessment as an Online Instructional Intervention: Student Engagement, Outcomes, and Perceptions. *International Journal of Distance Education Technologies (IJDET)*, 2021, 19(1), pp. 50-65. DOI: 10.4018/IJDET.20210101.oa1
11. Krechetnikov K. G. Methodological, psychological and valeological problems of distance education. *Modern Problems of Science and Education*, 2021, no. 2, pp. 28. DOI: 10.17513/spno.30606. EDN WEWWPI.
12. Krechetnikov K. G. Techno-technological and organizational problems of distance education. *Modern problems of science and education*, 2020, no. 5, pp. 56. DOI: 10.17513/spno.30196. EDN DRZMPK.
13. Othman M., Osman A., Ahmad S. Z., Abdullah N. Integrating segmenting and gamification principles in the design of interactive gamified programming assessments for low achievers. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 2024, 25(3), pp. 167-182. Available at: <https://doi.org/10.17718/tojde.1315427> (accessed 5 December 2024).
14. Tarasova N. V., Pastukhova I. P., Chigrina S. G. Electronic educational resources as a didactic tool of digital

- transformation of general education: problems of use. G. Electronic educational resources as a didactic tool of digital transformation of general education: problems of use. *Perspectives of Science and Education*, 2022, vol. 59, no. 5, pp. 518-532. DOI: 10.32744/pse.2022.5.31
15. Skibitsky E. G., Yakhina E. P. Designing pedagogically useful didactic support for distance. *Innovations in Education*, 2021, no. 3, pp. 118-127. EDN CIYCFP.
 16. Veryaeva K., Solovyeva O. The Influence of Gamification and Platform Affordances on User Engagement in Online Learning. *International Journal of Distance Education Technologies (IJDET)*, 2021, 19(1), pp. 1-17. DOI: 10.4018/IJDET.2021010101.
 17. Lafifa F., Rosana D. Innovations in assessing students' digital literacy skills in learning science: effective multiple choice closed-ended tests using rasch model. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 2024, 25(3), pp. 44-56. Available at: <https://doi.org/10.17718/tojde.1364528> (accessed 1 December 2024).
 18. Mustu Yaldiz D., Kuleli S., Soydan Oktay O., Copgeven N. S., et al. Learning analytics for personal learning environments: determining journal publication trends. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 2024, 25(3), pp. 141-166. Available at: <https://doi.org/10.17718/tojde.1255393> (accessed 1 December 2024).
 19. Dvoryatkina S. N., Zhuk L. V. Intellectual Support of the Students' Research Activities in Mathematics: Experimental Verification of Effectiveness of a Hybrid Learning System. *European Journal of Contemporary Education*, 2023, 12(4), pp. 1212-1222. DOI: 10.13187/ejced.2023.4.1212. 1703787407.pdf
 20. Krasilnikova V. A. The use of information and communication technologies in education. 2nd edition revised and supplemented. Orenburg, Publishing and printing complex «University», 2012. 330 p. (in Russ.)
 21. Varnavsky A. N. Comparison of perception indicators of a game chatbot with puzzle tasks for teaching programming with perception indicators of other educational tools. *Informatics and Education*, 2024, vol. 39, no. 4, pp. 41-50. DOI: 10.32517/0234-0453-2024-39-4-41-50.
 22. Okolelov O. P. Artificial intelligence in education. Moscow-Berlin, Directmedia Publishing LLC, 2020. 82 p. (in Russ.)
 23. Duggen S. AI in Education: Change at the Speed of Learning. UNESCO IITE Policy Brief, 2020. Available at: <https://educacion.udd.cl/aprendizaje180/files/2020/12/UNESCO-IITE-AI-in-Education.-Change-at-the-speed-of-Learning-020.pdf> (accessed 5 December 2024).
 24. Chen X., Xie H., Zou D., Hwang G.-J. Application and theory gaps during the rise of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2020, 1(3):100002. DOI: 10.1016/j.caeai.2020.100002
 25. Sakharova L. V., Arapova E. A., Artamonova A. G. Mathematical models and algorithms of a new type of intellectual platform for the implementation of an individual learning trajectory taking into account the student's psychotype. *Informatization in the digital economy*, 2023, vol. 4, no. 2, pp. 77-104. DOI: 10.18334/ide.4.2.116812
 26. Dyachenko M. S., Leonov A. G. Solving the problem of automating the educational process using an experimental search for an individual educational trajectory. *Informatics and Education*, 2024, vol. 39, no. 4, pp. 14-26. DOI: 10.32517/0234-0453-2024-39-4-14-26
 27. Aldunin D. A., Fedin G. G. A mathematical model for constructing an optimal individual educational trajectory of a student when studying massive open online courses. *Information Technology*, 2019, vol. 25, no. 4, pp. 250-256.
 28. Simões S., Oliveira T., Nunes C. Influence of Computers in Students' Academic Achievement. DOI: 10.2139/ssrn.3924230
 29. Smith E. E., Kahlke R., Judd T. Not just digital natives: Integrating technologies in professional education contexts. *Australasian Journal of Educational Technology*, 2020, 36(3), pp. 1-14. DOI: 10.14742/ajet.5689
 30. Filinova V. S. Competitive advantages of the HR-service center of an educational organization in the context of digital transformation. *Economic Consultant*, 2024, no. 3. <https://doi.org/10.46224/ecoc.2024.3.6>
 31. Luić L., Švelec-Juričić D., Mišević P. The Impact of Knowledge of the Issue of Identification and Authentication on the Information Security of Adolescents in the Virtual Space. *WSEAS Transactions on Systems and Control*, 2021, no. 16, pp. 527-533. DOI: 10.37394/23203.2021.16.49
 32. Druzhinina O. V., Masina O. N., Petrov A. A. The construction of differential mathematical models used in the development of a hybrid intellectual learning environment, taking into account the delay and control effects. *Scientific and Methodological Journal CONTINUUM. Mathematics. Computer science. Education. Yelets*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 69-80. DOI: 10.24888/2500-1957-2021-1-69-80
 33. Nuriev N.K., Starygina S.D., Khairullina E.R. Digital model of the platform of the educational system of rapid development. *Modern high-tech technologies*, 2020, no. 12-1, pp. 196-203. Available at: <https://s.top-technologies.ru/pdf/2020/12-1/38433.pdf> (accessed 1 December 2024).
 34. Filinova, V. S. (2024). Competitive advantages of the HR-service center of an educational organization in the context of digital transformation. *Economic Consultant*, (3), <https://doi.org/10.46224/ecoc.2024.3.6>

Авторы**Фролова Елена Валерьевна**

(Россия, Липецк)

Доцент, кандидат физико-математических наук, директор
института естественных, математических и технических
наук

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Липецкий государственный педагогический университет
имени П.П. Семенова-Тян-Шанского»

E-mail: frolova_ev@lspu-lipetsk.ru

ORCID ID: 0000-0002-7261-8980

Scopus Author ID: 57211528 976

Пишикина Галина Николаевна

(Россия, Липецк)

Старший преподаватель кафедры информатики,
информационных технологий и защиты информации,
заместитель директора института естественных,
математических и технических наук по учебной работе

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Липецкий государственный педагогический университет
имени П.П. Семенова-Тян-Шанского»

E-mail: calmness_09@mail.ru

ORCID ID: 0000-0002-3767-7213

Барышева Ирина Владиславовна

(Россия, Липецк)

Доцент, кандидат физико-математических наук,
заместитель директора института естественных,
математических и технических наук по научной работе

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Липецкий государственный педагогический университет
имени П.П. Семенова-Тян-Шанского»

E-mail: barysheva_iv@lspu-lipetsk.ru

ORCID ID: 0009-0000-6644-8113

Authors**Elena V. Frolova**

(Russia, Lipetsk)

Associate Professor, Cand. (Phys.-Math.), Director of the
Institute of Natural, Mathematical and Technical Sciences
P.P. Semyonov-Tyan-Shansky Lipetsk State Pedagogical
University

E-mail: frolova_ev@lspu-lipetsk.ru

ORCID ID: 0000-0002-7261-8980

Scopus Author ID: 57211528 976

Galina N. Pishikina

(Russia, Lipetsk)

Senior Lecturer of the Department of Informatics, Information
Technologies and Information Protection, Deputy Director of
the Institute of Natural, Mathematical and Technical Sciences
for Academic Work

P.P. Semyonov-Tyan-Shansky Lipetsk State Pedagogical
University

E-mail: calmness_09@mail.ru

ORCID ID: 0000-0002-3767-7213

Irina V. Barysheva

(Russia, Lipetsk)

Associate Professor, Cand. (Phys.-Math.), Deputy Director of
the Institute of Natural, Mathematical and Technical Sciences
on scientific work

P.P. Semyonov-Tyan-Shansky Lipetsk State Pedagogical
University

E-mail: barysheva_iv@lspu-lipetsk.ru

ORCID ID: 0009-0000-6644-8113

Вклад авторов

Барышева И. В.: проведение исследования, формальный
анализ, создание черновика рукописи

Пишикина Г. Н.: концептуализация, методология,
верификация данных, визуализация

Фролова Е. В.: руководство исследованием, создание
рукописи и её редактирование

© Барышева И. В., Пишикина Г. Н., Фролова Е. В., 2025

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Author's contribution

Irina V. Barysheva: Investigation, Formal analysis,
Writing - Original Draft

Galina N. Pishikina: Conceptualization, Methodology,
Validation, Visualization

Elena V. Frolova: Supervision, Writing - Review & Editing

© Elena V. Frolova, Galina N. Pishikina,
Irina V. Barysheva, 2025

The author's declared no conflicts of interest