

Оригинальная статья

УДК 378.637:004.89

DOI: 10.57070/2304-4497-2024-2(48)-53-60

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ В ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

© 2024 г. А. Ю. Столбоушкин, Е. А. Крылова, С. А. Лактионов, В. С. Умнов

Сибирский государственный индустриальный университет (Россия, 654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Приведены условия, необходимые для функционирования искусственного интеллекта. Определены основные правила успешного ведения образовательной деятельности. Приведены группы математических методов интеллектуального анализа данных. Показана эффективность применения современных методов Data Mining, Big Data и Learning Analytics в сфере образования. Выделены основные типы исследовательских вопросов для анализа и улучшения образовательных технологий с использованием Learning Analytics. Предложен принцип накопительного измерения для оценки условия соответствия, определяющего пропускную способность алгоритмов нейросети и влияющего на успешность обучения. Выделено направление использования искусственного интеллекта при формировании адаптивной среды обучения, предназначенной для конкретного индивидуума с учетом его когнитивных особенностей. Показана возможность использования нейросети для анализа эмоционального состояния учащихся, а также настройки учебной среды в соответствии с этим состоянием. По аналогии с упрощенной блок-схемой обучения нейронной сети разработана модель адаптивного обучения на основе технологий искусственного интеллекта. При адаптивном обучении с учетом индивидуальных когнитивных способностей обучаемого система обрабатывает процесс получения знаний в виде анализа его достижений, ошибок, физического, эмоционального состояний и других параметров. В результате собранной и обобщенной информации дорабатывается программа, адаптированная под ученика, при этом происходит постоянное самообучение и усовершенствование самой системы. Обоснованы актуальность и перспективы дальнейшего внедрения нейронных сетей в образовательный процесс в целом, и в педагогическое образование в частности, позволяющие обеспечить индивидуальную траекторию обучения по каждому предмету для каждого ученика с учетом его возможностей и способностей.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, педагогическое образование, адаптивная среда обучения, синаптическая связь

Для цитирования: Столбоушкин А.Ю., Крылова Е.А., Лактионов С.А., Умнов В.С. Перспективы использования нейросетей в педагогическом образовании. *Вестник Сибирского государственного индустриального университета*. 2024;2(48):53–60. [http://doi.org/10.57070/2304-4497-2024-2\(48\)-53-60](http://doi.org/10.57070/2304-4497-2024-2(48)-53-60)

Original article

PROSPECTS FOR THE USE OF NEURAL NETWORKS IN TEACHER EDUCATION

© 2024 A. Yu. Stolboushkin, E. A. Krylova, S. A. Laktionov, V. S. Umnov

Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass, 654007, Russian Federation)

Abstract. The conditions necessary for the functioning of artificial intelligence are given. The basic rules for successfully conducting educational activities are defined. Groups of mathematical methods for data mining are presented. The effectiveness of using modern methods of Data Mining, Big Data and Learning Analytics in the

field of education is shown. The main types of research questions for analyzing and improving educational technologies using Learning Analytics are highlighted. The principle of cumulative measurement is proposed for assessing the compliance condition, which determines the throughput of neural network algorithms and affects the success of training. The direction of using artificial intelligence in the formation of an adaptive learning environment designed for a specific individual, taking into account his cognitive characteristics, is highlighted. The possibility of using a neural network to analyze the emotional state of students and adjust the learning environment in accordance with this state is shown. By analogy with the simplified block diagram of neural network training, an adaptive learning model based on artificial intelligence technologies has been developed. With adaptive learning, taking into account the individual cognitive abilities of the student, the system processes the process of acquiring knowledge in the form of an analysis of his achievements, mistakes, physical, emotional state and other parameters. As a result of the collected and summarized information, a program adapted to the student is finalized, while constant self-learning and improvement of the system itself occurs. The relevance and prospects for the further implementation of neural networks in the educational process in general and in teacher education in particular are substantiated, allowing for an individual learning trajectory in each subject for each student, taking into account his capabilities and abilities.

Keywords: artificial neural network, teacher education, adaptive learning environment, synapse communication

For citation: Stolboushkin A.Yu., Krylova E.A., Laktionov S.A., Umnov V.S. Prospects for the use of neural networks in teacher education. *Bulletin of the Siberian State Industrial University*. 2024;2(48):53–60. (In Russ.). [http://doi.org/10.57070/2304-4497-2024-2\(48\)-53-60](http://doi.org/10.57070/2304-4497-2024-2(48)-53-60)

Введение

Современный мир характеризуется внедрением цифровых технологий во все сферы человеческого общества. Не обошли эти процессы и сферу педагогического образования. Развитие научно-технического прогресса в прошлом столетии привело к научно-технической революции, чему во многом способствовало создание и совершенствование компьютерной техники.

Развитие всемирной сети интернет и формирование нейросетей осуществили сегодня огромный скачок вперед, что дало толчок появлению новых технологий и возможности их реализации. Попытки привить компьютеру способности мыслительной деятельности связывают с определением искусственного интеллекта (ИИ) [1].

Функционирование ИИ связано с обработкой большого массива данных (Big Data). Применение технологии Big Data позволяет следующее:

- работать с большими объемами информации;
- давать точные прогнозы;
- принимать более «правильные» решения на основе анализа многофакторных данных;
- мгновенно реагировать на сбои и уязвимости;
- выстраивать долгосрочные стратегии;
- обнаруживать и исправлять ошибки.

Несмотря на отмеченные достоинства технологии Big Data имеют и отрицательные стороны:

- трудности с масштабированием;
- высокие риски, связанные с возможной потерей (кражей) информации;
- необходимость высокого уровня безопасности, обеспечивающего защиту от взлома баз данных;

– высокие затраты, связанные с использованием больших вычислительных мощностей для хранения и обработки информации.

Однако для успешного функционирования ИИ необходим интеллектуальный анализ Big Data. Специалисты из Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразми [2] выделяют на сегодняшний день четыре группы математических методов интеллектуального анализа данных:

- статистические;
- кибернетические;
- оптимизационные;
- экспертные.

Под интеллектуальным анализом данных обычно подразумевают извлечение ценной информации из большого объема неструктурированных данных и обозначают термином Data Mining [3].

Методы интеллектуального анализа данных с успехом могут быть использованы и применены в системе образования. Для успешного ведения образовательной деятельности необходимо соблюдать следующие правила:

- четкая постановка целей;
- обоснованный выбор объектов, методов и средств их достижения;
- анализ промежуточных результатов педагогической деятельности;
- функционирование в диалоговом режиме, предполагающем своевременный отклик и коррекцию при осуществлении педагогической деятельности.

Таким образом, использование методов Data Mining и Big Data в сфере образования позволяет прогнозировать с высокой вероятностью весь

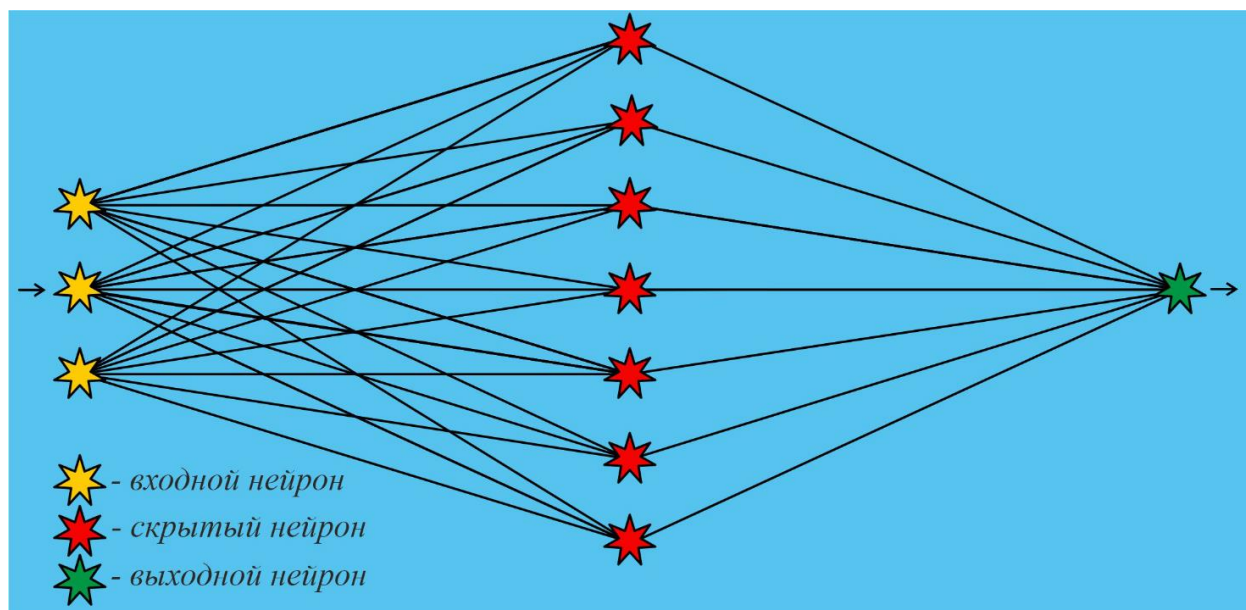


Рис. 1. Условная схема простой нейронной сети
Fig. 1. Conventional diagram of a simple neural network

процесс обучения, благодаря обработке большого потока разноплановой информации. А это, в свою очередь, дает возможность адаптировать учебный процесс под уровень обучающихся.

Цель настоящей работы заключается в оценке необходимости и перспектив использования нейросетей в педагогическом образовании.

Методы

В последнее время для оптимизации процесса обучения с использованием цифровых технологий часто используется учебная аналитика (Learning Analytics) как модель прогнозирования при сборе, обработке и анализе данных об участниках учебного процесса.

Learning Analytics как новое направление исследований включает в себя использование широкого спектра данных и методов для анализа. Для улучшения и совершенствования обучения студентов применяются статистические тесты, модели объяснения и прогнозирования, визуализация данных [4]. Для анализа и улучшения образовательных технологий можно выделить шесть типов исследовательских вопросов [5]:

- качественная оценка;
- количественные показатели использования и посещаемости;
- дифференциация между группами студентов;
- дифференциация между предложениями обучения;
- консолидация данных;
- эффективность.

Перечисленные методы исследования включают онлайн-опросы, файлы журналов, наблюдения, групповые интервью, посещаемость занятий студентами и анализ оценок экзаменов.

Таким образом, эффективная аналитика Learning Analytics базируется на Data Mining и Big Data, а также требует использования больших вычислительных мощностей.

Результаты и обсуждение

Сегодня реализация рассмотренных технологий в образовании практически не возможна без создания и применения систем искусственного интеллекта, которые представляют собой совокупность искусственных нейронных сетей.

По определению большинства интернет-ресурсов искусственная нейронная сеть (ИНС) или просто нейросеть представляет собой математическую модель, построенную по принципу организации биологических нейронных сетей, аналогично работе живых нервных клеток (нейронов). Искусственная нейронная сеть состоит из элементов, которые аналогично нейронам мозга работают по принципу «соответствовать» или «не соответствовать», реализуемому в ЭВМ на основе двоичного кода [6]. Таким образом, осуществляется выстраивание этих элементов или простых процессоров в связанные цепочки и их соединения.

Каждый простой процессор (или нейрон) имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает (рис. 1). Несмотря на их простое устройство, процессоры все вместе способны выполнять довольно сложные задачи. Соединенные в достаточно большую сеть с управляемым взаимодействием они обучаются на основе опыта, обобщают предыдущие прецеденты и применяют их в новых ситуациях, извлекают существенные данные из поступающей обширной

информации [7]. Нейросеть – это самообучающаяся программа, которая создает правила и алгоритмы в процессе обработки исходных данных.

Особенность нейросети заключается в том, что алгоритмы в ней связаны между собой сигналами, могут передавать или не передавать друг другу сигналы. Именно от силы этих сигналов зависит успешность обучения. Сила сигнала возрастает в зависимости от частоты совпадения условия «соответствовать» и обычно учитывается по принципу «накопительного измерения», часто используемого в научных исследованиях при выделении слабых полезных сигналов из общего шумового потока [8].

Для более быстрого решения задач нейроны (простые процессоры) располагаются на разных слоях.

На входной слой (рис. 1, желтые нейроны) поступают исходные данные. На этом слое загружаемая информация разделяется на отдельные составные части или элементы (например, визуальное изображение раскладывается на пиксели), каждая из которых поступает на отдельный нейрон.

Далее идет ряд скрытых слоев (рис. 1, красные нейроны). Именно в них происходит обработка данных, направленная на распознавание, группировку элементов и другое. При этом, чем больше красных слоев, тем умнее нейросеть.

На выходном слое (рис. 1, зеленые нейроны) нейросеть, собрав воедино всю обработанную информацию, выдает конечный результат согласно поставленной задаче.

В современном мире глобальной цифровизации «всего без исключения», нейронные сети очень быстро эволюционируют. Сегодня их развитие происходит практически в геометрической прогрессии. Во-первых, за счет непрерывного роста стартового уровня самообучающихся программ, лежащих в основе ИНС, в процессе работы с Big Data. Во-вторых, за счет постоянного совершенствования «железа» (прежде всего, увеличения быстродействия его вычислительных мощностей), обеспечивающего функционирование ИНС.

Образование в целом (и педагогическое образование в частности) является одним из перспективных направлений практического применения искусственных нейронных сетей. Ожидаемый объем рынка искусственного интеллекта в образовании в 2025 г. может превысить 3 млрд. долларов [2].

Искусственные нейронные сети за счет точных вычислений своих самообучающихся программ позволяет представить в явной форме и проанализировать образовательные, психологические и социальные знания гуманитарных дис-

циплин для разработки соответствующих моделей обучения.

Одним из направлений искусственного интеллекта является возможность формирования адаптивных сред обучения, позволяющих на основе анализа определить индивидуальную траекторию обучаемого с учетом его когнитивных особенностей.

Каждый человек представляет собой микрокосмос или вселенную в миниатюре, его внутренний мир глубоко индивидуален и его личностные качества тоже. Таким образом, память, творческие способности, аналитика и другие «умственные параметры» у каждого человека разные. Применительно к образовательному процессу степень усвоения учебного материала у каждого обучающегося тоже разная. Использование в образовании классического подхода, основанного на обобщенном базовом уровне, не всегда бывает успешным для всех участников процесса.

Основу педагогического образования, которая дошла до настоящего времени в виде классно-урочной системы заложил Я.А. Коменский [9]. Изначально, система Советского, а затем и Российского образования строилась на лозунге «учить всех всему». Долгое время эта система работала достаточно успешно, но в связи с ускорением научно-технического прогресса выяснилось, что политехнических знаний, полученных в школе, оказывается недостаточно для успешного продолжения дальнейшего обучения. Эту проблему тем или иным образом пыталась решить профилизация обучения, которая на законодательном уровне появилась в России, начиная с 2004 г. [10].

Как показала практика внедрения профильного обучения, выбирая тот или иной профиль, школьник значительно сокращает себе спектр направлений для дальнейшего поступления в высшее учебное заведение. При этом выбор профиля происходит не всегда осознанно, зачастую без учета склонностей, способностей, темпераментальных и других психологических особенностей. Искусственный интеллект позволяет подбирать программу для каждого обучающегося индивидуально, учитывая массу особенностей. В число параметров для выбора образовательного набора курсов могут входить данные о пройденных тестах, производственном опыте, информация об интересах и социальном положении, результаты предыдущих занятий, психологический портрет и многое другое [11].

Существенную помощь в выявлении способностей и талантов обучающихся могут оказывать нейросети, которые возможно использовать для определения уникальных способностей обу-

чающихся и настройки обучения в соответствии с этими способностями. Например, проект TALENT работает с нейросетями, чтобы определить таланты в музыке, спорте и других областях [12].

Значительное влияние на успешность обучения оказывает актуальное эмоциональное состояние обучающегося. Это один из самых сложных аспектов в работе субъектов образовательного процесса (воспитателей, учителей, психологов) [13]. Нейросети могут использоваться для анализа эмоционального состояния обучающихся и настройки учебной среды в соответствии с этим состоянием [14].

Использование технологий Big Data, Data Mining, Learning Analytics, входящих в систему искусственного интеллекта [15], позволяет обеспечить индивидуальную траекторию образования для каждого обучающегося. Нейросети помогают учитывать индивидуальные потребности и особенности учащихся. Они способны автоматически адаптировать учебные программы и материалы, предлагать индивидуальные задания и рекомендации, что позволяет повысить эффективность обучения и достичь лучших результатов [16].

Это все способствует повышению уровня знаний обучающихся. Индивидуальное обучение и адаптация материала под каждого обучающегося позволяют больше времени уделять изучению сложных тем и концепций, в то время как более основательные учебные материалы могут быть предоставлены тем, кто уже хорошо владеет предметом [17].

Посредством нейросетей можно улучшить доступность образования для различных категорий обучающихся. Государственная политика последнего времени направлена на выравнивание регионов в плане социально-экономического развития, доступного и качественного медицинского обслуживания и образования. Однако, в некоторых районах отсутствует должное количество квалифицированных преподавателей. В этом случае свою роль могут сыграть нейросети, которые могут помочь обеспечить качественное обучение в таких регионах, а также обеспечить возможность обучения на удалении для социально уязвимых слоев населения [18].

Еще одной важной задачей современного образования является прогнозирование образовательных процессов. Сегодня становится понятно, что без инновационных образовательных и информационных технологий, без компьютерных интеллектуальных систем поддержки, которые могли бы с большой точностью описывать педагогические процессы и явления, решить проблему прогнозирования в области образования невозможно [19].

Суммируя сказанное выше, можно сделать вывод о том, что использование нейросетей позволяет подойти к проблеме моделирования процесса обучения с синергетических позиций, основываясь на динамике изменения свойств обучаемого [20], то есть сформировать интеллектуальную адаптивную платформу обучения.

В основе формирования интеллектуальной адаптивной платформы обучения лежат когнитивные технологии, создающие условия для понимания каждым учеником учебной информации. Применительно к учебному процессу в высшей школе это может быть совокупность следующих различных умений:

- подбор и обработка данных (информации);
- использование технических средств подбора и обработки данных;
- использование программных средств подбора и обработки данных;
- конспектирование данных;
- анализ данных;
- составление аннотации;
- резюмирование и др.

Таким образом, адаптивная среда обучения представляет собой цифровую среду, подстраивающую (адаптирующую) подходы и материалы к обучению и изучению возможностей и потребностей отдельных обучающихся.

Модель адаптивного обучения на основе технологий искусственного интеллекта можно представить по аналогии с упрощенной блок-схемой обучения нейронной сети (рис. 2).

В соответствии с поставленной задачей система последовательно формирует запрос для работы ИНС с определенной выборкой из базы данных. Последние после загрузки анализируются совокупностью скрытых нейронов (простых процессоров) и после установления «синаптических» связей «проскочившие» данные выводятся на выходной уровень нейронов.

На следующем этапе осуществляется анализ отобранных данных «на соответствие» критериям запроса (определяется количество расхождений). При их минимуме формируется «обученная» искусственная нейронная сеть; при максимуме – осуществляется обратный переход по аналогии с работой операторов цикла, при этом происходит подстройка параметров нейронной сети. В результате многократной подстройки осуществляется обучение нейронной сети.

При адаптивном обучении с учетом индивидуальных когнитивных способностей обучаемого система обрабатывает процесс получения знаний в виде анализа его достижений, ошибок, физического, эмоционального состояния и дру-

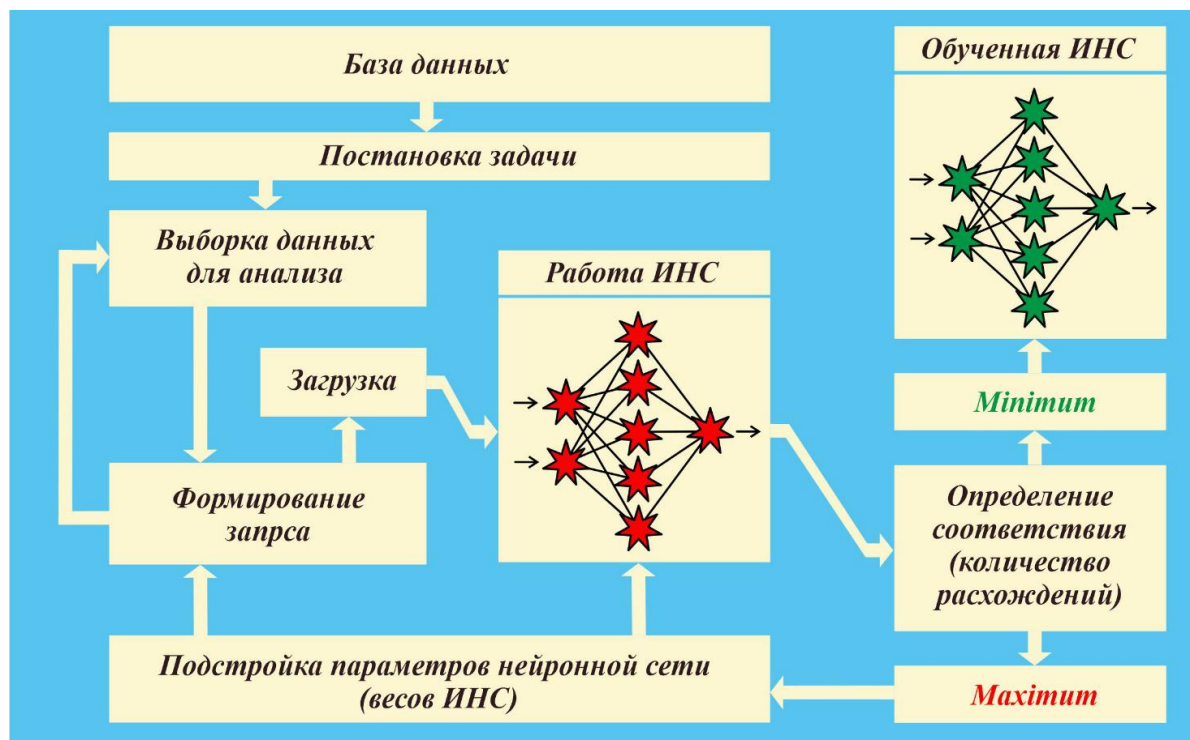


Рис. 2. Упрощенная блок-схема обучения нейронной сети
Fig. 2. Simplified block diagram of neural network training

гих параметров. В результате собранной информации дорабатывается программа, адаптированная под ученика, при этом происходит постоянное самообучение и усовершенствование самой системы.

Выводы

Цифровые технологии Data Mining, Big Data и Learning Analytics, используемые в современных нейросетях, позволяют обрабатывать и анализировать большие потоки разноплановой информации для оптимизации процесса обучения и его адаптации под определенный уровень обучающихся. Благодаря высокому быстродействию вычислительных мощностей ЭВМ последнего поколения, искусственные нейронные сети за счет точных вычислений своих самообучающихся программ обеспечивают адресную разработку моделей обучения по широкому спектру образовательных дисциплин, включая гуманитарное направление.

Применение нейросетей в педагогическом образовании позволяет сформировать индивидуальную траекторию обучения по каждому предмету для каждого ученика с учетом его возможностей и способностей, что в перспективе обеспечит максимальную эффективность образовательного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гулбоев Н.А., Дусейнов Н.Э., Ахмедов Б.А., Рахманова Г.С. Модели систем управления электрическими сетями. *Молодой ученый*.

Технические науки. Узбекистан. 2020;22(312):105–107. EDN: KHYCYR.

2. Якубов М.С., Ахмедов Б.А., Дусейнов Н.Э., Абдураимов Ж.Г. Анализ и новые тенденции использования нейросетей и искусственного интеллекта в современной системе высшего образования. *Экономика и социум*. 2021;5–2(84):1148–1162. EDN: SHXNRV.
3. *Data Mining: все, что нужно знать бизнесу и будущим специалистам про майнинг данных.* – URL: <https://lpgenerator.ru/blog/chto-takoe-data-mining/?ysclid=loo4vpx3qe952428767> (дата обращения 07.11.2023).
4. Arroway P., Morgan G., O’Keefe M., Yanosky R. Learning analytics in higher education. *Journal of Data Analysis and Information Processing* 2016;3:148–155.
5. Dyckhoff A. Implications for learning analytics tools. *Meta-analysis of applied research questions*. 2011:594–601.
6. Буторина Т.С., Ширшов Е.В., Иванченко А.А. Теория и практика использования нейронных технологий в учебном процессе вуза. *Лесной журнал*. 2004;2:80–85.
7. Гидлевский А.В. Теоретико-методологические основы интеллектуальной модели образования. В кн.: *Интеллект. Культура. Образование: материалы Всерос. науч. юбил. конф., посвящ. 75-летию со дня рожд. акад. РАО И.С. Ладенко*. Новосибирск, 16-18 сент. 2008 г. – Новосибирск, 2008:59–60.

8. Полищук В.Р. *Как исследуют вещества*. Москва: Наука. Гл. ред. физ.-мат. литературы. 1989:224.
9. Коменский Я.А. *Избранные педагогические сочинения*. в 2-х т. Т.1. Москва: Педагогика. 1982:656.
10. Рябцева И.В. Идея предпрофильной подготовки и профильного обучения в истории педагогической науки. *Сибирский педагогический журнал*. 2003;3:217–225. EDN: NYGUFV.
11. Кузин А.Ю., Славутская Е.В., Славутский Л.А. Детерминированный нейросетевой алгоритм обработки данных психодиагностики. *Вестник Чувашского университета*. 2011;3:137–141. EDN: ODAMMX.
12. Хабибуллин И.Р., Азовцева О.В., Гареев А.Д. Актуальность использования нейросетей в образовательных целях. *Молодой ученый*. 2023;13(460):176–178. EDN: MCQBNQ.
13. Nur Alia Syahirah Badrulhisham, Nur Nabilah Abu Mangshor. Emotion Recognition Using Convolutional Neural Network (CNN). In: *Journal of Physics: Conference Series. The 1st International Conference on Engineering and Technology (ICoEngTech) 2021 15-16 March 2021*. Perlis, Malaysia. 2021;1962:012040. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1962/1/012040>
14. Филатова О.Н., Булаева М.Н., Гушин А.В. Применение нейросетей в профессиональном образовании. *Проблемы современного педагогического образования*. 2022;2:243–245. EDN: PHOBY5.
15. Ахмедов Б.А. Задачи обеспечения надежности кластерных систем в непрерывной образовательной среде. *Eurasian Education Science and Innovation Journal*. 2021;1(22):15–19.
16. Старовойт А.Н., Черпакова Н.А. Использование нейронных сетей в общеобразовательных организациях для повышения качества обучения. *Информация и образование: границы коммуникаций*. 2023;15:169–170.
17. Mukhamediev R., Popova Y., Kuchin Y., Zaitseva E., Kalimoldayev A. and oth. Review of Artificial Intelligence and Machine Learning Technologies: Classification, Restrictions, Opportunities and Challenges. *Mathematics*. 2022;10(15):2552. <https://doi.org/10.3390/math10152552>
18. Saenko E.S. The use of multimedia tools and technologies to increase the motivation of students in teaching foreign languages. В кн.: *Диалог языков и культур в современном образовательном пространстве, Материалы IV научно-практической конференции*. Воронеж. 2022: 59–61.
19. Вай Ян.М. Применение нейронных сетей для контроля и прогнозирования результатов учебного процесса в вузе. В кн.: *Четвертые декартовские чтения «Рационализм и универсалии культуры»*. Материалы международной научно-практической конференции. Москва-Зеленоград. 2017;2:213–218. EDN: NRYSSJ.
20. Мазурок Т.Л. Синергетическая модель индивидуализированного управления обучением. *Математические машины и системы*. 2010;3:124–134.

REFERENCES

1. Gulboev N.A., Duseinov N.E., Akhmedov B.A., Rakhmanova G.S. Models of electric grid management systems. *Molodoi uchenyi. Tekhnicheskie nauki. Uzbekistan*. 2020;22(312):105–107. EDN: KHYCYR. (In Russ.).
2. Yakubov M.S., Akhmedov B.A., Duseinov N.E., Abduraimov Zh.G. Analysis and new trends in the use of neural networks and artificial intelligence in the modern higher education system. *Ekonomika i sotsium*. 2021;5–2(84):1148–1162. EDN: SHXNRV. (In Russ.).
3. *Data Mining: Everything businesses and future professionals need to know about data mining*. – URL: <https://lpgenerator.ru/blog/chto-takoe-data-mining/?ysclid=loo4vpx3qe952428767> (date of application: 07.11.2023).
4. Arroway P., Morgan G., O’Keefe M., Yanosky R. Learning analytics in higher education. *Journal of Data Analysis and Information Processing* 2016;3:148–155.
5. Dyckhoff A. Implications for learning analytics tools. *Meta-analysis of applied research questions*. 2011: 594–601
6. Butorina T.S., Shirshov E.V., Ivanchenko A.A. Theory and practice of using neural technologies in the educational process of the university. *Lesnoi zhurnal*. 2004;2:80–85. (In Russ.).
7. Gidlevskii A.V. Theoretical and methodological foundations of the intellectual model of education. *Intelligence*. In: *Culture. Education: materials of the All-Russian Scientific Jubilee. conf., dedicated. The 75th anniversary of his birth. acad. RAO I.S. Ladenko. Novosibirsk, September 16-18*. – Novosibirsk. 2008:59–60. (In Russ.).
8. Polishchuk V.R. *How substances are investigated*. Moscow: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. literature. 1989:224. (In Russ.).
9. Komenskii Ya.A. *Selected pedagogical works*. in 2 vol. vol.1. Moscow: Pedagogika. 1982:656. (In Russ.).
10. Ryabtseva I.V. The idea of pre-professional training and specialized education in the history of pedagogical science. *Sibirskii pedagogicheskii zhurnal*. 2003;3:217–225. EDN: NYGUFV. (In Russ.).
11. Kuzin A.Yu., Slavutskaya E.V., Slavutskii L.A. Deterministic neural network algorithm for processing psychodiagnostic data. *Vestnik*

- Chuvashskogo universiteta*. 2011;3:137–141. EDN: ODAMMX. (In Russ.).
12. Khabibullin I.R., Azovtseva O.V., Gareev A.D. The relevance of using neural networks for educational purposes. *Molodoi uchenyi*. 2023;13(460):176–178. EDN: MCQBNQ. (In Russ.).
 13. Nur Alia Syahirah Badrulhisham, Nur Nabilah Abu Mangshor. Emotion Recognition Using Convolutional Neural Network (CNN). In: *Journal of Physics: Conference Series. The 1st International Conference on Engineering and Technology (ICoEngTech) 2021 15-16 March 2021*. Perlis, Malaysia. 2021;1962:012040. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1962/1/012040>
 14. Filatova O.N., Bulaeva M.N., Gushchin A.V. The use of neural networks in professional education. *Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya*. 2022;2:243–245. EDN: PHOBY5. (In Russ.).
 15. Akhmedov B.A. The tasks of ensuring the reliability of cluster systems in a continuous educational environment. *Eurasian Education Science and Innovation Journal*. 2021;1(22):15–19. (In Russ.).
 16. Starovoi A.N., Cherpakova N.A. The use of neural networks in educational institutions to improve the quality of education. *Informatsiya i obrazovanie: granitsy kommunikatsii*. 2023;15:169–170. (In Russ.).
 17. Mukhamediev R., Popova Y., Kuchin Y., Zaitseva E., Kalimoldayev A. and oth. Review of Artificial Intelligence and Machine Learning Technologies: Classification, Restrictions, Opportunities and Challenges. *Mathematics*. 2022;10(15):2552. <https://doi.org/10.3390/math10152552>
 18. Saenko E.S. The use of multimedia tools and technologies to increase the motivation of students in teaching foreign languages. *Dialog yazykov i kultur v sovremennom obrazovatel'nom prostranstve*. 2022:59–61. (In Russ.).
 19. Vai Yan.M. The use of neural networks to control and predict the results of the educational process at the university. In: *The Fourth Cartesian readings "Rationalism and the universals of culture". Materials of the international scientific and practical conference*. Moscow-Zelenograd. 2017;2:213–218. EDN: NRYSSJ. (In Russ.).
 20. Mazurok T.L. A synergetic model of individualized learning management. *Matematicheskie mashiny i sistemy*. 2010;3:124–134. (In Russ.).

Сведения об авторах:

Андрей Юрьевич Столбоушкин, д.т.н., доцент, профессор кафедры инженерных конструкций, строительных технологий и материалов, Сибирский государственный индустриальный университет

E-mail: stanyr@list.ru
ORCID: 0000-0002-5747-9070
SPIN-код: 7487-7522

Екатерина Алексеевна Крылова, студент гр. ПРИ-23, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: Krylova.kate@mail.ru

Сергей Андреевич Лактионов, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры прикладной математики и информатики, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: lakt_s@mail.ru
SPIN-код: 7514-8216

Владислав Семенович Умнов, к.п.н., доцент, заведующий кафедрой дошкольного и начального образования, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: umnov.vlad@mail.ru
SPIN-код: 8915-0280

Information about the authors:

Andrei Yu. Stolboushkin, Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Engineering Structures, Building Technologies and Materials, Siberian State Industrial University
E-mail: stanyr@list.ru
ORCID: 0000-0002-5747-9070
SPIN-код: 7487-7522

Ekaterina A. Krylova, student of group. PRI-23, Siberian State Industrial University
E-mail: Krylova.kate@mail.ru

Sergei A. Laktionov, Cand. Sci. (Phys.-math.), Associate Professor of the Department of Applied Mathematics and Informatics, Siberian State Industrial University
E-mail: lakt_s@mail.ru
SPIN-код: 7514-8216

Vladislav S. Umnov, к.п.н., доцент, Associate Professor, Head of the Department of Pre-School and Primary Education, Siberian State Industrial University
E-mail: umnov.vlad@mail.ru
SPIN-код: 8915-0280

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Поступила в редакцию 01.04.2024
 После доработки 29.04.2024
 Принята к публикации 06.05.2024

Received 01.04.2024
 Revised 29.04.2024
 Accepted 06.05.2024