

Научно-исследовательский журнал «Вестник педагогических наук / Bulletin of Pedagogical Sciences»

<https://vpn-journal.ru>

2025, № 5 / 2025, Iss. 5 <https://vpn-journal.ru/archives/category/publications>

Научная статья / Original article

Шифр научной специальности: 5.8.2. Теория и методика обучения и воспитания (по областям и уровням образования) (педагогические науки)

УДК 372.851, 004.8

¹ Блейхер О.В., ² Снегурова В.И., ¹ Захарова О.М.

¹ ИТМО

² ФГБНУ "ИСМО"

Специализированная языковая модель для персонифицированного обучения будущих инженеров по учебной дисциплине «Математический анализ»

Аннотация: в статье рассматриваются виды больших языковых моделей, используемых для обучения будущих инженеров математическому анализу. Проведена оценка соответствия ответов трех больших языковых моделей характеристикам образовательной информации в рамках базового курса математического анализа. Показаны типовые ошибки моделей на основе сопоставления ответов модели с методическими материалами, разработанными на базе Научно-образовательного центра математики ИТМО. Установлена необходимость создания специализированной языковой модели. Показаны способы создания специализированной языковой модели, указаны ее преимущества и недостатки. В качестве наиболее близких к системе образования способов создания специализированной языковой модели установлены: разработка новой большой языковой модели, использование платформенных решений, дообучение большой языковой модели с открытым исходным кодом. Показано, что для создания новой большой языковой модели и использования платных платформенных решений требуются значительные ресурсы. Дообучение моделей возможно на базе университетов силами отдельных преподавателей или заинтересованных научных групп. Проведен сравнительный анализ моделей с открытым исходным кодом. Установлены возможные алгоритмы дообучения и языки программирования для пяти современных больших языковых моделей с открытым исходным кодом.

Ключевые слова: персонифицированное обучение, будущие инженеры, математический анализ, искусственный интеллект, большая языковая модель, галлюцинирование, специализированная языковая модель, дообучение

Для цитирования: Блейхер О.В., Снегурова В.И., Захарова О.М. Специализированная языковая модель для персонифицированного обучения будущих инженеров по учебной дисциплине «Математический анализ» // Вестник педагогических наук. 2025. № 5. С. 27 – 35.

Поступила в редакцию: 28 января 2025 г.; Одобрена после рецензирования: 7 марта 2025 г.; Принята к публикации: 21 апреля 2025 г.

¹ Bleykher O.V., ² Snegurova V.I., ¹ Zakharova O.M.

¹ ITMO University

² FSBI "ISMO"

Specialized language model for personalized training of future engineers in the academic discipline "Mathematical Analysis"

Abstract: the article discusses the types of large language models used for teaching mathematical analysis to future engineers. An assessment was made of how the answers from three large language models align with the characteristics of educational content in the context of a basic course in mathematical analysis. Typical errors made by the models are highlighted by comparing their answers with methodological materials developed at the Scientific and

Educational Center for Mathematics of ITMO University. The necessity of creating a specialized language model is established. Methods for creating such a model are shown, along with its advantages and disadvantages. The most suitable approaches to creating a specialized language model within the education system are identified: the development of a new large language model, the use of platform solutions, and the fine-tuning of an open-source large language model. It is shown that creating a new large language model and using paid platform solutions requires significant resources. Fine-tuning models can be carried out at universities with the efforts of individual lecturers or interested research groups. A comparative analysis of open-source models is conducted. Possible fine-tuning algorithms and programming languages for five modern open-source large language models are identified.

Keywords: personalized learning, future engineers, mathematical analysis, artificial intelligence, large language model, hallucination, specialized language model, fine-tuning

For citation: Bleykher O.V., Snegurova V.I., Zakharova O.M. Specialized language model for personalized training of future engineers in the academic discipline "Mathematical Analysis". Bulletin of Pedagogical Sciences. 2025. 5. P. 27 – 35.

The article was submitted: January 28, 2025; Accepted after reviewing: March 7, 2025; Accepted for publication: April 21, 2025.

Введение

Развитие Искусственного Интеллекта привело к широкому применению связанных с ним технологий в разных сферах жизни человека. Образование как сфера жизни общества, которая охватывает наибольшую часть населения страны, располагает широкими возможностями для внедрения технологий искусственного интеллекта. Технологии искусственного интеллекта в процессе обучения позволяют обеспечить условия для реализации индивидуальных особенностей обучающихся (учесть стартовый уровень при обучении, место обучения, специфику выбора образовательного трека, темп обучения, профессиональную направленность обучения).

Материалы и методы исследований

Для обеспечения персонификации обучения на современном этапе технологического развития широко используются технологии искусственного интеллекта (ТИИ). В работе У. Холмс, М. Бялик, Ч. Фейдл проведен анализ использования ТИИ в сфере образования [12]. ТИИ активно используются не только преподавателями для подготовки к занятиям, помощи при проверке учебных работ, а также самими студентами при подготовке к экзаменам и выполнению домашних заданий. В работе М.М. Конколь, И.Г. Игнатьевой, Е.Д. Марьиной, С.Н. Черной доказано, что студенты и преподаватели активно используют ТИИ в виде чат-ботов на основе больших языковых моделей (БЯМ) [5].

Большие языковые модели можно разделить на несколько групп: БЯМ крупных корпораций, такие как GigaChat, YandexGPT, ChatGPT и специализированные языковые модели для определенной области (медицина, юриспруденция, образование). Важно при использовании БЯМ в сфере образования дать оценку эффективности и границ их применения в образовательной деятельности. В этом контексте важно оценить качество информации, которую модель предоставляет по запросу.

В исследовании, в котором участвовало более 1000 экспертов из 500 научных учреждений в 50 странах создан «Последний экзамен человечества». Ученые собрали множество вопросов по различным тематикам и протестировали ответы популярных БЯМ крупных корпораций. 42% из представленных вопросов составляют вопросы по математике (рис. 1). В результате модели показали достаточно низкий процент точности [9]. При этом сами модели считали, что ответили на вопросы правильно (табл. 1).

К характеристикам качества образовательной информации относятся: соответствие предметной области (математика, физика, химия), достоверность информации, соответствие структуры и последовательности представления информации при изучении конкретного курса (уровень образования, контекст использования, порядок изучения разделов внутри учебного курса, направление подготовки).

Для оценки границ применения БЯМ для обучения математическому анализу необходимо исследовать их в рамках образовательного контекста и провести педагогический эксперимент использования моделей для преподавания математики.

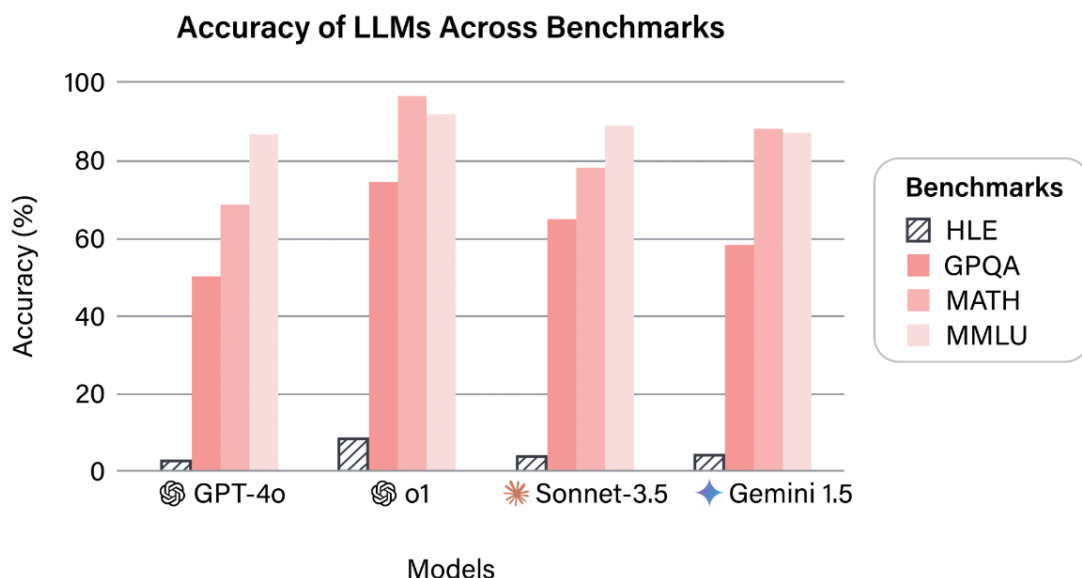


Рис. 1. Точность моделей по предметам.
Fig. 1. Accuracy of models by subject.

Таблица 1

Точность моделей и калибровка ошибок.

Table 1

Model Accuracy and Error Calibration.

Модель	Точность (%)	Калибровка ошибки (%)
GTP -4o	3.3	92.5
Grok-2	3.8	93.2
Clalude 3.5 Sonnet	4.3	88.9
Gemini Thinking	7.7	91.2
o1	9.1	93.4
DeepSeek-R1	9.4	81.8
o3-mini (medium)	10.5	92.0
o3-mini (high)	13.0	93.2

Рассмотрим БЯМ крупных корпораций для использования в образовательном процессе при преподавании математического анализа, принимая во внимание исследования использования ТИИ в области обучения математике представленные в работах Н.А. Андриюшечкиной, А.А. Бабкиной, М.С. Белова, Э.И. Сугаиповой, А.А. Сыромятниковой, А.Т. Чалиева, В.В. Михаэлиса [1, 2, 10, 11, 7]. Примем за эталон ответов курс математического анализа, разработанный Бойцевым А.А. в НОЦМ ИТМО [4]. Одним из важных факторов использования больших языковых моделей для обеспечения помощи, как преподавательскому составу, так и студентам является составление промптов – запросов к БЯМ для корректного вывода ответа.

В работах Е.Д. Карачун, Е.О. Смакотиной, Е.В. Астаховой, Т.А. Бороненко, В.С. Федотовой показано, что для корректности промпта необходимо задать роль модели для предоставления ответа в необходимом жанре; в полной мере объяснить ей задачи, которые она должна решить; способы их решения; указать целевую аудиторию для подбора оптимального для понимания ответа; использовать глаголы в повелительном наклонении для указания точных действиях, ожидаемых от модели [6, 3].

В таблице 2 приведена оценка ответов трех популярных больших языковых моделей – GigaChat, YandexChat, ChatGPT относительно характеристик качества образовательной информации.

Таблица 2

Оценка характеристик образовательной информации.

Table 2

Evaluation of Educational Information Characteristics.

Модель	Соответствие предметной области	Достоверность информации	Соответствие структуры и последовательность представления информации
GigaChat	Ответы модели соответствуют предметной области – математическому анализу	Ответы модели опираются на математических понятиях и теоремах	Ответы модели логичны, последовательны
YandexChat	Ответы модели соответствуют предметной области – математическому анализу	Модель совершает ошибки в применении математических формул	Ответы модели последовательны, но периодически не логичны
ChatGPT	Ответы модели соответствуют предметной области – математическому анализу	Ответы модели опираются на математических понятиях и теоремах	Ответы модели логичны, последовательны

Исходя из оценки ответов трех моделей, можно с уверенностью сказать, что эталонное решение задач принадлежит моделям GigaChat и ChatGPT. Модель ChatGPT не использует формат LaTeX, в отличие от других рассмотренных больших языковых моделей. В среднем обе модели показывают верные ответы на запросы, только в случае ролевого ответа ChatGPT уступает GigaChat. YandexChat совершает ошибки в применении формул, логичности при решении задач, наблюдается частое галлюцинирование.

Наличие готовых языковых моделей и оптимальной семантики промптинга не всегда могут в полной мере охватить все аспекты узкоспециализированных запросов, характерных для изучения математического анализа. При использовании промптинга БЯМ преподаватель, хорошо знакомый с предметной областью математики, достаточно легко устанавливает ошибки, генерируемые БЯМ как в написании текстов, так и логического и содержательного характера. Однако студенты, изучающие впервые математический анализ, не в состоянии обнаружить неверную учебную информацию. Для обучения таких моделей используется большой объем данных, но так как эти модели прежде всего нацелены на обладание знаний во всех сферах жизни человека, обучающие данные не отвечают критериям, предъявляемым к образовательной информации для обучения студентов университета. По этой причине БЯМ не может отвечать точно на специфичные для области знаний вопросы. Для этого обучающие данные должны быть детализированными, полными и достоверными. Такие данные должны проходить экспертную оценку.

Решением данной проблемы является создание специализированных языковых моделей. Такие модели будут отличаться большей точностью и достоверностью, затраты на их создание будут уменьшаться по причине работы только в одной узконаправленной области.

Существует несколько путей создания специализированных языковых моделей.

Одним из самых простых способов является создание чат-бота с помощью платформ для создания чат-ботов. Рассмотрим пример платформы BotHelp (рис. 2).

Платформа не предполагает знания программирования для создания чат-бота с использованием БЯМ. Достаточно прописать логику работы с помощью специальных блоков и настроить простую интеграцию с OpenAI, путем регистрации на официальном сайте. При настройке БЯМ на OpenAI можно указать правила работы модели, внести обучающие данные и получить ключи доступа, которые впоследствии будут использоваться для взаимодействия с чат-ботом с помощью API.

При настройке модели для главы «Производная и дифференциал функции одной переменной» математического анализа для 1 курса бакалавриата технических специальностей была проведена следующая настройка (рис. 3).

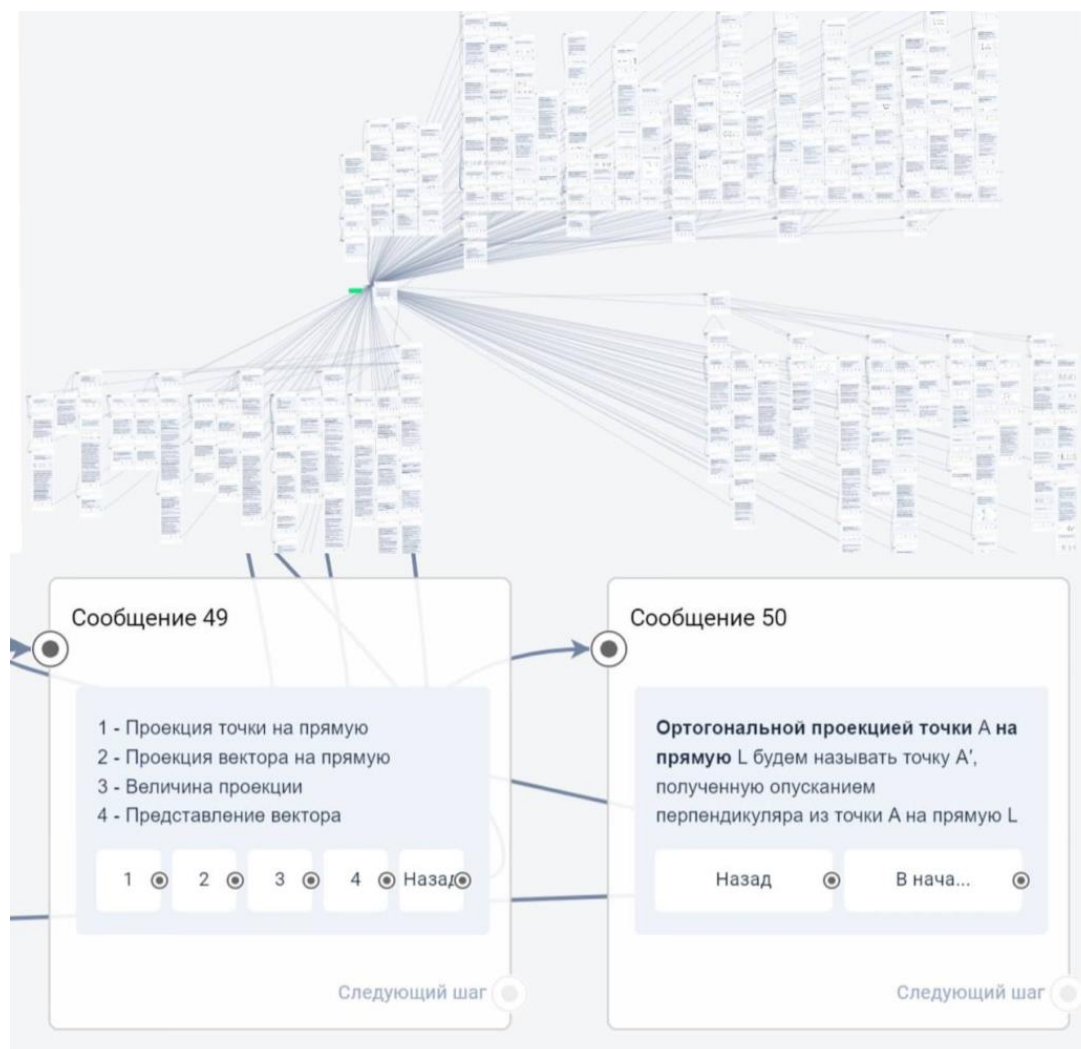


Рис. 2. Типовой чат-бот на платформе.
Fig. 2. Typical chat-bot on the Platform.

Edit system instructions
Generate

Ты математик. Ты мыслишь как математик. Твоя задача заключается давать ответы на вопросы студентов по математическому анализу для детального понимания предмета.

#Ответы не должны занимать более 2000 символов включая пробелы

#Помимо теории предлагай примеры на заданные темы

#Будь последовательным

#Необходимую информацию ты можешь брать в документе vs_FYOEcXMzt0RAQ25vpYwBFQhG

Cancel Save

Рис. 3. Задание правил для модели.
Fig. 3. Setting Rules for the Model.

Настройка бота достаточно проста и не занимает много времени и ресурсов, существует ограничение для массового использования такой модели. Использование платформы предполагает абонентскую плату.

Следующий способ создания специализированной модели – дообучение уже существующих моделей. Такие модели обладают минимальным набором обучающих данных, ограниченным функционалом работы, имеют исходный код, благодаря которому и можно производить дообучение на необходимых для

специализированной модели данных. Основными преимуществами использования БЯМ с открытым кодом является не только использование обучающих данных, составленных самостоятельно, что позволяет получать в результате достоверные и корректные ответы модели, но также задание ролей, организация построения сценариев обучения студентов.

Результаты и обсуждения

Предмет Математический анализ построен, прежде всего, на последовательном и тщательном изучении тем, упущение любой из них негативно сказывается на дальнейшем обучении. Дообучение большой языковой модели способно выстроить правильную последовательность обучения предмета, логичность рассуждений в ответах, уменьшить галлюцинирование модели. Наиболее распространенными являются модели LLaMA 3, BLOOM, MPT-7B, Falcon 2, Vicunia-13B, T-Pro, ruGPT-3.5 13B [8].

Таблица 3

Анализ моделей с открытым исходным кодом.

Table 3

Analysis of Open-Source Models.

Модель	Преимущества (+) и недостатки (-)	Алгоритм, язык программирования
LLaMA 3	(+)1. Может генерировать текст не только в форме текста, но и в форме рассказов, музыкальных произведений; 2. Логическое рассуждение при решении задач; 3. Генерация кода; 4. Создавать полные краткие аннотации длинных статей. (-)1. Стремится отвечать на английском языке; 2. Нужно составлять качественные промты; 3. При большом обилии информации может не найти нужный ответ.	Алгоритм декодирования Medusa, архитектура трансформера, Python.
BLOOM	(+)1. Может обрабатывать 45 языков мира; 2. Универсальные языковые навыки. (-)1. Склонность генерировать некорректный контент; 2. Отсутствие политики управления и конфиденциальности.	Использует архитектуру модели трансформера только для декодера, модифицированную от Megatron-LM GPT-2, Python.
MPT-7B	(+)1. Лицензирован для коммерческого использования; 2. Может обучаться на обширном объеме данных; 3. Отсутствует ограничения на количество выводимых символов; 4. Оптимизирована для быстрого обучения. (-)1. Отсутствует обновленная информация; 2. Трудности при решении задач, требующих глубокого анализа; 3. Необходим качественный промт; 4. При генерации длинного текста может терять фокус на значимой теме.	Модифицированная архитектура трансформера, оптимизированная для эффективного обучения и вывода на AliBi (Attention with Linear Biases), Python.
Falcon 2	(+)1. Генерация текста; 2. Качественное составление аннотаций к объемным статьям; 3. Высокая производительность в написании кода. (-)1. Не всегда способна генерировать оригинальные идеи; 2. Не обладает истинным пониманием языка или концепций; 3. Может терять контекст при длительном взаимодействии или сложных темах.	Используется оптимизированная архитектура преобразователя, состоящая только из декодера, Python.

Продолжение таблицы 3
Continuation of table 3

Vicunia-13B	(+)1. Обучена на множестве разговоров пользователей, что обеспечивает понимание различных взаимодействий; 2. Адаптивность к различным стилям и форматам; 3. Генерация текста. (-)1. Отсутствие актуальности; 2. Высокая ресурсоемкость.	Обучен путем тонкой настройки LLaMA, Python.
T-Pro	(+)1. Знание русского языка; 2. Высокий уровень точности; 3. Постоянное улучшение; (-)1. Высокое требование к ресурсам; 2. Проблема с интерпретируемость.	Архитектура трансформера, Python.
ruGPT-3.5 13B	(+)1. Адаптирована к русскому языку; 2. Скорость и эффективность; 3. Высокая точность. (-)1. Может давать недостоверную информацию; 2. Высокие требования к ресурсам.	Используется архитектура трансформера, Python.

Отдельно стоит добавить, что все БЯМ способны генерировать математический текст в формате LaTeX. Выбор оптимальной для дообучения модели остается открытым, по причине индивидуальности настройки дообучения – скорости, последующей точности ответов, возможности применения на территории РФ, а также возможных сложностях развертывания на предоставленных серверах. Для выбора моделей необходимо дополнительное тестирование дообучения на ограниченном наборе специализированных данных.

Перед использованием модели используемые данные необходимо подготовить должным образом – собрать данные, проверить их достоверность, разметить данные. На платформе Hugging Face можно найти около 4000 датасетов, связанных с математикой в целом в текстовом формате, на которых возможно дообучение модели.

Специализированную языковую модель можно реализовать самостоятельно, не используя готовые шаблоны. Такой метод подразумевает под собой использование серверов с большими мощностями и несколько лет разработки. Создание собственной языковой модели – сложный, ресурсозатратный и длительный процесс, основанный на сложности обучения модели «разговаривать», использовать специализированные символы математики. Само время обучения модели на предоставленных данных будет зависеть от мощностей устройства, на котором происходит обучение. При таком подходе создание модели займет несколько лет, что может привести к неактуальности модели, с учетом развития уже существующих популярных БЯМ.

Выводы

Специализированные языковые модели для обучения математическому анализу в современных условиях эффективнее всего создавать с использованием БЯМ с открытым исходным кодом. При наличии основных преимуществ моделей выбор оптимальной модели для обучения заключается не только в анализе, но и в тестировании предлагаемых систем, основанном на результатах конечного продукта. Возможный стек технологий включает в себя python – как основной язык программирования, фреймворк Transformer для использования готового датасета, фреймворк Django для создания своего бота в Telegram, PostgreSQL – базу данных.

Список источников

1. Бабкина А.А., Андрюшечкина Н.А. Применение искусственного интеллекта в математике // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. № 11-2 (86). С. 178 – 181. DOI: 10.24412/2500-1000-2023-11-2-178-181.
2. Белов М.С. Искусственный интеллект в обучении математике в вузе // Современные тенденции естественно-математического образования – материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Соликамск, 07-08 апреля 2023 года. Соликамск: Соликамский государственный педагогический институт, 2023. С. 3 – 6.

3. Бороненко Т.А., Федотова В.С. Использование генеративных нейросетей в создании педагогом учебных материалов // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании: материалы VIII Международной научной конференции. В 4-х частях. Красноярск, 24–27 сентября 2024 года. Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2024. С. 56 – 60.
4. Бойцев А.А. Математический анализ. [Электронный ресурс] URL: https://mathdep.itmo.ru/blog/courses/matan_base (дата обращения: 19.01.2025).
5. Конколь М.М., Игнатьева И.Г., Марьина Е.Д., Черная С.Н. Исследование функционального потенциала ИИ-инструментов в современном образовательном процессе // Мир науки, культуры, образования. 2024. № 5 (108). С. 55 – 61. DOI: 10.24412/1991-5497-2024-5108-55-61.
6. Карачун Е.Д., Смакотина Е.О., Астахова Е.В. Оптимизация промтов для эффективной коммуникации с ботом chatgpt // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2024. Т. 2. С. 533 – 537.
7. Михаэлис В.В., Михаэлис С.И. Исследование применимости искусственного интеллекта при решении математических задач // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. 2024. № 1 (21). С. 21 – 26.
8. Пять лучших программ LLM с открытым исходным кодом [Электронный ресурс] URL: <https://www.unite.ai/ru/best-open-source-BYMs/> (дата обращения: 19.01.2025).
9. Последний экзамен человечества [Электронный ресурс] URL: <https://agi.safe.ai/> (дата обращения: 02.02.2025).
10. Сугаипова Э.И., Чалиев А.Т. Решение математических задач с помощью чат-бота с искусственным интеллектом «chatgpt» // Наука в современном мире: взгляд молодых ученых: материалы IX Международной научно-практической конференции и материалы круглого стола. Грозный, 19–20 мая 2023 года. Грозный-Махачкала: Издательство «АЛЕФ», 2023. С. 485 – 492.
11. Сыромятникова, А.А. Применение искусственного интеллекта при изучении математики // Современные проблемы экономики, социально-гуманитарных и юридических наук: теория, методология, практика: материалы Международной научно-практической конференции текстовое электронное издание. Краснодар, 19 апреля 2024 года. Краснодар: Российское энергетическое агентство, 2024. С. 642 – 646.
12. Холмс У., Бялик М., Фейдл Ч. Искусственный интеллект в образовании: Перспективы и проблемы для преподавания и обучения. Пер. с англ. М.: Альпина ПРО, 2022. 304 с.

References

1. Babkina A.A., Andryushechkina N.A. Application of Artificial Intelligence in Mathematics. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2023. No. 11-2 (86). P. 178 – 181. DOI: 10.24412/2500-1000-2023-11-2-178-181.
2. Belov M.S. Artificial Intelligence in Teaching Mathematics at the University. Modern Trends in Natural Sciences and Mathematics Education – Proceedings of the XII All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Solikamsk, April 7-8, 2023. Solikamsk: Solikamsk State Pedagogical Institute, 2023. P. 3 – 6.
3. Boronenko T.A., Fedotova V.S. The use of generative neural networks in the creation of educational materials by a teacher. Informatization of education and methods of e-learning: digital technologies in education: materials of the VIII International scientific conference. In 4 parts. Krasnoyarsk, September 24-27, 2024. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev, 2024. P. 56 – 60.
4. Boytsev A.A. Mathematical analysis. [Electronic resource] URL: https://mathdep.itmo.ru/blog/courses/matan_base (date of access: 19.01.2025).
5. Konkol M.M., Ignatyeva I.G., Maryina E.D., Chernaya S.N. Study of the functional potential of AI tools in the modern educational process. World of science, culture, education. 2024. No. 5 (108). P. 55 – 61. DOI: 10.24412/1991-5497-2024-5108-55-61.
6. Karachun E.D., Smakotina E.O., Astakhova E.V. Optimization of prompts for effective communication with the chatgpt bot. Scientific, technical and economic cooperation of the Asia-Pacific countries in the 21st century. 2024. Vol. 2. P. 533 – 537.
7. Michaelis V.V., Michaelis S.I. Study of the applicability of artificial intelligence in solving mathematical problems. Information technology and mathematical modeling in the management of complex systems. 2024. No. 1 (21). P. 21 – 26.

8. The Five Best Open Source LLM Programs [Electronic resource] URL: <https://www.unite.ai/ru/best-open-source-БЯМс/> (date of access: 19.01.2025).
9. Humanity's Last Exam [Electronic resource] URL: <https://agi.safe.ai/> (date of access: 02.02.2025).
10. Sugaipova E.I., Chaliev A.T. Solving Mathematical Problems with the Artificial Intelligence Chatbot "chatgpt". Science in the Modern World: a View of Young Scientists: Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference and Proceedings of the Round Table. Grozny, May 19–20, 2023. Grozny-Makhachkala: ALEF Publishing House, 2023. P. 485 – 492.
11. Syromyatnikova A.A. Application of Artificial Intelligence in the Study of Mathematics. Modern Problems of Economics, Social, Humanitarian and Legal Sciences: Theory, Methodology, Practice: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, text electronic publication. Krasnodar, April 19, 2024. Krasnodar: Russian Energy Agency, 2024. P. 642 – 646.
12. Holmes W., Bialik M., Feidl C. Artificial Intelligence in Education: Prospects and Challenges for Teaching and Learning. Translated from English. Moscow: Alpina PRO, 2022. 304 p.

Информация об авторах

Блейхер О.В., кандидат философских наук, доцент, преподаватель, ИТМО, Санкт-Петербург, ovbleikher@itmo.ru

Снегурова В.И., доктор педагогических наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБНУ "ИСМО", Москва, snegurova@bk.ru

Захарова О.М., ИТМО, Санкт-Петербург, Oksana2000-02@mail.ru

© Блейхер О.В., Снегурова В.И., Захарова О.М., 2025