



Направления работы и результаты 2023





Направления работы и результаты 2023

Об Институте ИИ МГУ4	
Мировой ландшафт в области искусственного интеллекта6	
Методология исследования	6
ТОП-10 тематик 2023 года	7
Растущие тематики. Сильные сигналы	9
Растущие тематики. Слабые сигналы	10
Зарождающиеся тренды	11
Актуальность исследования	12
Наука	13
Лаборатория машинного обучения и семантического анализа14	
О лаборатории	14
Ключевые результаты 2023 года	16
Ключевые публикации и выступления на конференциях	18
Лаборатория интеллектуального анализа видео19	
О лаборатории	19
Ключевые результаты 2023 года	21
Ключевые публикации и выступления на конференциях	23
Лаборатория искусственного интеллекта в биоинформатике и медицине24	
О лаборатории	24
Ключевые результаты 2023 года	26
Ключевые публикации и выступления на конференциях	28
Проект «Фундаментальные и прикладные нейротехнологии» Лаборатория инвазивных нейроинтерфейсов29	
О проекте	29
Ключевые результаты 2023 года	32
Ключевые публикации и выступления на конференциях	36
Образование	37
AI Masters38	
Общая информация	38
Преподаватели	38
Прием 2023	38
Распределение поступивших по ВУЗам	39
Наши курсы	39
Форматы взаимодействия с индустрией	40

Об Институте ИИ МГУ

Институт перспективных исследований проблем искусственного интеллекта и интеллектуальных систем МГУ имени М.В. Ломоносова – научный центр, специализирующийся на фундаментальных и прикладных исследованиях в сфере искусственного интеллекта.

Цель Института – разработка и применение новых методов и технологий в области искусственного интеллекта для решения комплексных научных, технических и социальных задач.

Принципы работы Института – междисциплинарная кооперация, создание лабораторий в перспективных областях ИИ, реализация совместных исследований с ведущими российскими научными организациями и корпорациями, а также создание условий для реализации крупномасштабных исследовательских проектов.

Институт применяет междисциплинарный подход, организуя лаборатории в перспективных направлениях искусственного интеллекта и объединяя экспертов из разных научных областей. Институт сотрудничает с ведущими научными учреждениями и корпорациями для обеспечения эффективного практического использования теоретических результатов.

Институт регулярно проводит научные семинары и круглые столы, посвященные тематикам искусственного интеллекта, нейротехнологий и междисциплинарных аспектов их применения. Активно развивается сотрудничество с ведущими российскими корпорациями и технологическими компаниями.

Наука

В Институте функционируют четыре научные лаборатории:



Лаборатория
машинного обучения
и семантического
анализа



Лаборатория
интеллектуального
анализа видео



Лаборатория ИИ
в биоинформатике
и медицине



Лаборатория
инвазивных
нейроинтерфейсов

В 2023 году на конкурсной основе были отобраны и запущена
работа четырех новых научных групп под руководством
молодых ученых:



Группа
«Онлайн
оптимизация
и приложения»

Группа
«Нейронный
и обратный
рендеринг»

Группа
«Контролируемая
генерация
с помощью
больших языковых
моделей»

Группа
«Мультимодальное
обучение
в материало-
ведении»

Образование

AI Masters

С 2022 года Институт ведет собственную образовательную
программу в области анализа больших данных и машинного
обучения «AI Masters».

Мировой ландшафт в области искусственного интеллекта

Методология исследования

Для описания мирового ландшафта в области искусственного интеллекта (определения самых популярных тем и трендов) были использованы названия статей, размещенных на arxiv.org¹ в 2014–2023 гг. в категории «Компьютерные науки» (около 420 тыс. статей). Выбор arxiv.org в качестве источника данных позволяет получить доступ к статьям, которые еще не опубликованы в рецензируемых журналах, что особенно важно при определении трендов и слабых сигналов.

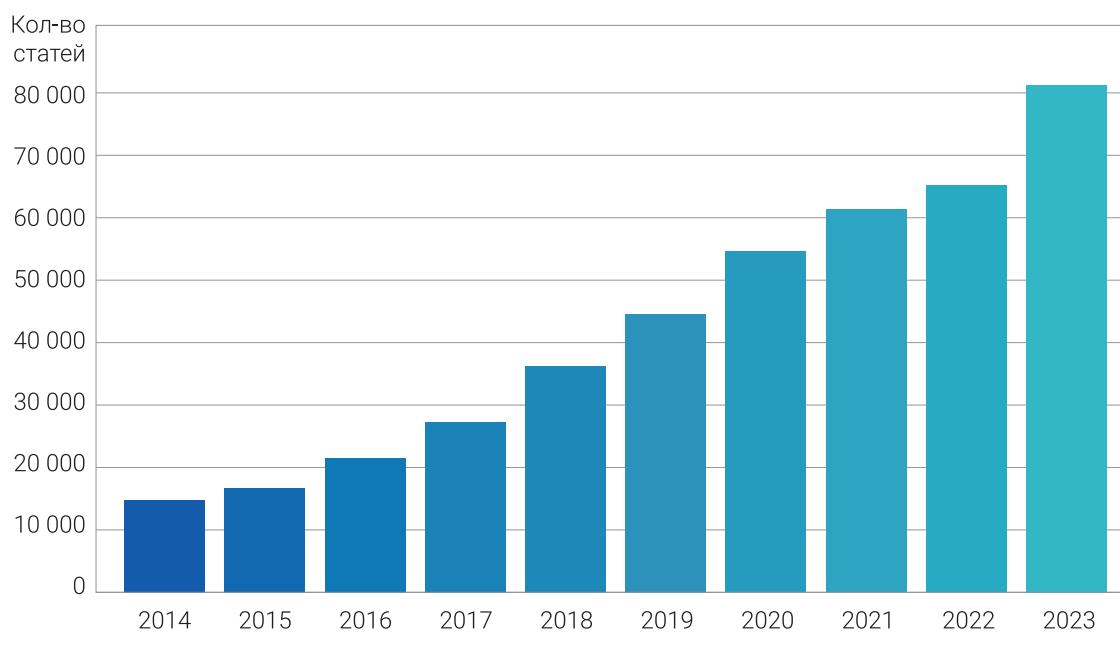


Рисунок 1. Изменение количества статей по тематике компьютерных наук
репозитория arxiv.org в 2014-2023 гг.

Начиная с менее чем 20 тысяч статей в 2014 году, количество публикаций ежегодно увеличивается, достигнув в 2023 году почти 80 тысяч, что подчеркивает растущий интерес и активность в области искусственного интеллекта и компьютерных наук.

1 <https://arxiv.org/>

ТОП-10 тематик 2023 года

Место в рейтинге	2023	2022	2021	2020	2019
1	large language model	graph neural network	convolutional neural network	convolutional neural network	convolutional neural network
2	graph neural network	deep neural network	deep neural network	deep neural network	deep neural network
3	deep neural network	convolutional neural network	graph neural network	deep reinforcement learning	generative adversarial network
4	deep reinforcement learning	deep reinforcement learning	deep reinforcement learning	graph neural network	deep reinforcement learning
5	convolutional neural network	multiple input multiple output	generative adversarial network	generative adversarial network	multiple input multiple output

Таблица 1. Изменение популярности ТОП-5 тем в 2019-2023 гг.

Одним из наиболее заметных изменений 2023 года является рост популярности больших языковых моделей («Large Language Model, LLM»), которые заняли первое место, сменив графовые нейронные сети («Graph Neural Network, GNN»). Это отражает возросший интерес к созданию ИИ-систем, способных обрабатывать естественный язык на высоком уровне, что актуально для задач анализа текста, автоматизации диалогов (создания чатботов), задач автоматического перевода и др. В свою очередь, графовые нейронные сети, потенциально применимые в таких областях как социальные сети, биоинформатика, экономика, финансы и др., позволяя улавливать сложные связи между объектами в графе и обрабатывать неструктурированные данные, также остаются в ТОП-5, занимая в 2023 году вторую позицию.

Сверточные нейронные сети («Convolutional Neural Network, CNN»), которые в 2019–2021 гг. были ТОП-1, в 2023 году опустились на пятое место, что может свидетельствовать о смещении фокуса исследований в сторону более сложных и адаптивных моделей ИИ.

В то же время, устойчивый интерес наблюдается к глубоким нейронным сетям («Deep Neural Network, DNN») и глубокому обучению с подкреплением («Deep Reinforcement Learning»), занявшим третье и четвёртое места соответственно. Эти технологии продолжают развиваться, предоставляя новые возможности для решения сложных и динамичных задач в таких областях, как игры, навигация автономных транспортных средств и оптимизация систем.

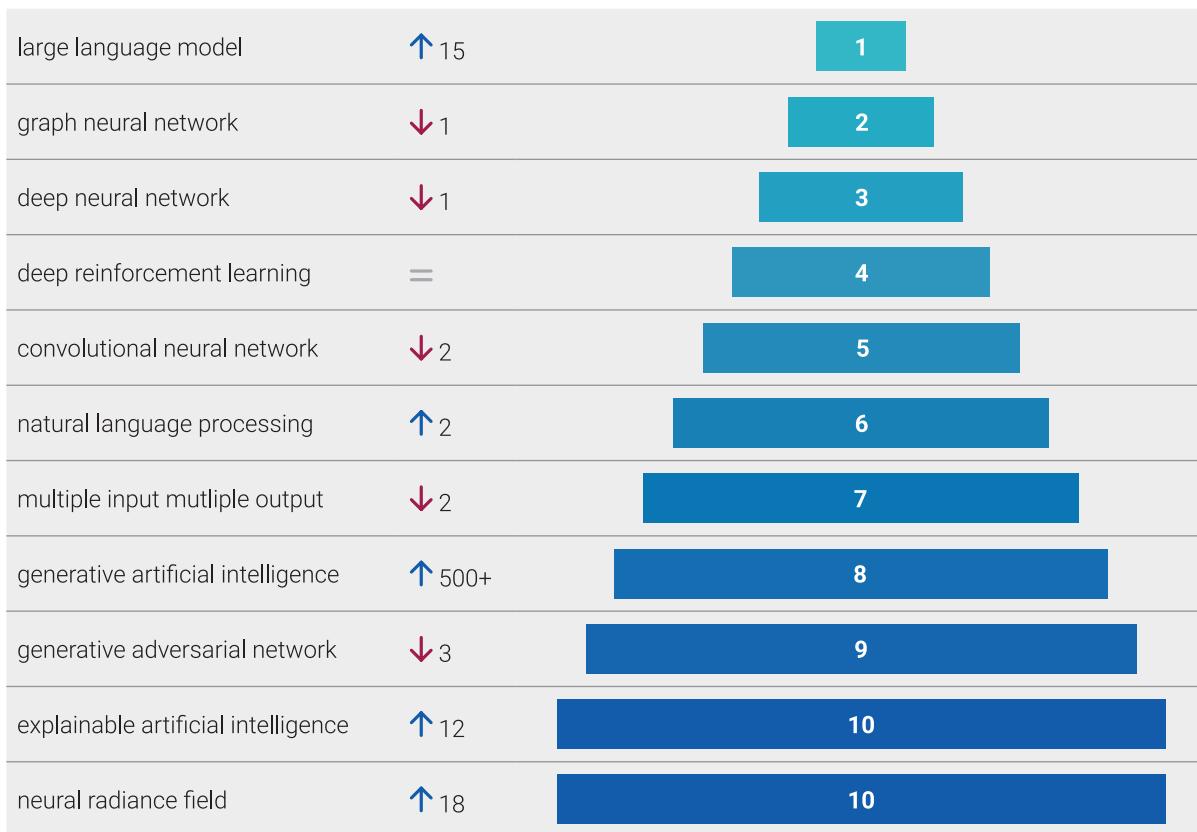


Рисунок 2. ТОП-10 тематик.
Позиция в рейтинге 2023 года и изменение позиции по сравнению с 2022 годом.

На графике, показывающем ТОП-10 тематик ИИ 2023 года и изменение их популярности по сравнению с 2022 годом, можно выделить направления, которые уже стали предметом активной научной дискуссии и могут быть названы «мейнстримом» текущего научного поиска.

Виден взрывной рост интереса к генеративному ИИ («Generative Artificial Intelligence»), который поднялся более чем на 500 позиций, заняв восьмое место. Системы ИИ уже не рассматриваются только как распознаватели или классификаторы существующего контента, а становятся создателями нового и активно используются для генерации текстов, изображений, музыки и тд.

«Natural Language Processing» продолжает удерживать свои позиции, поднявшись на две ступени вверх и заняв шестое место в рейтинге, что свидетельствует о стабильно высоком спросе на технологии обработки естественного языка. Тематика объяснимого ИИ («Explainable Artificial Intelligence») показала заметный рост (на 12 позиций) и впервые вошла в ТОП-10, отражая растущую необходимость прозрачности и интерпретируемости ИИ-моделей. На 18 позиций вырос рейтинг тематики «Neural Radiance Field», демонстрируя быстрый рост интереса к технологиям визуализации и виртуальной реальности.

Растущие тематики. Сильные сигналы

Сильные сигналы — тематики, интерес к которым увеличивался в 2018–2023 гг., популярность которых в 2023 году по сравнению с 2022 годом возросла более чем в два раза и которые в 2023 году входят в ТОП-100. Эти темы уже являются областями интенсивных исследований и разработок в области искусственного интеллекта, и, вероятно, в ближайшие годы продолжат привлекать значительное внимание исследователей.

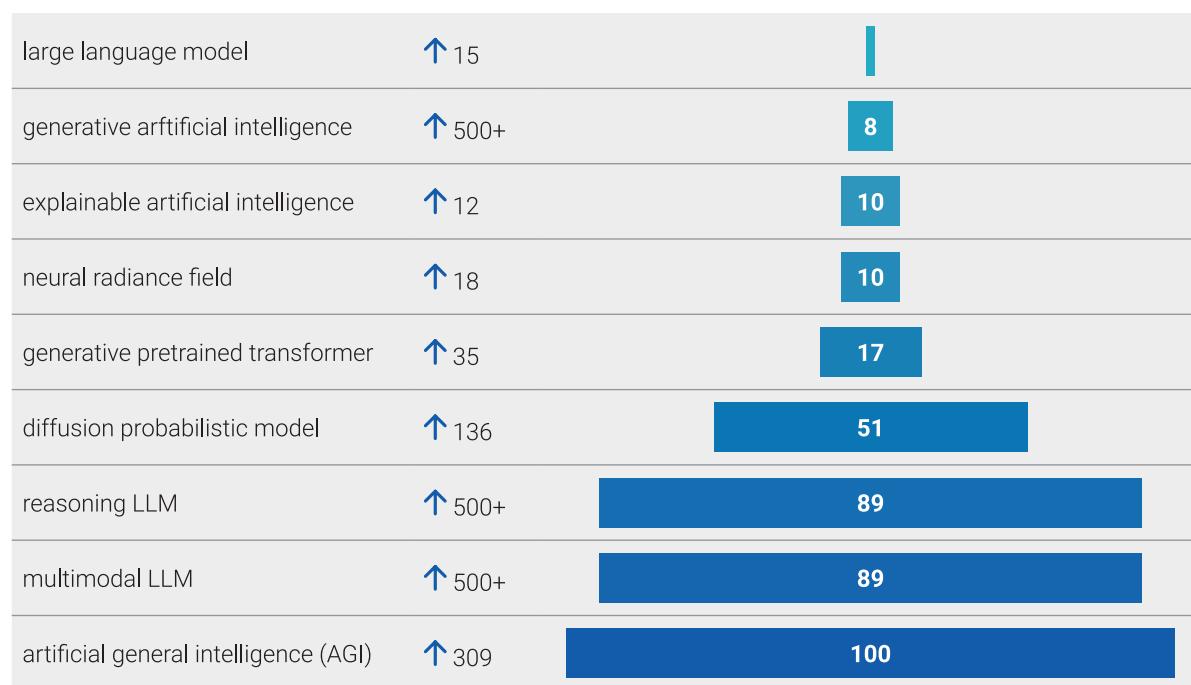


Рисунок 3. Растущие темы. Сильные сигналы.
Позиция в рейтинге 2023 года и изменение позиций по сравнению с 2021 годом.

Среди сильных сигналов, не входящих в ТОП-10 2023 года, наибольший рост показали «Multimodal LLM» и «Reasoning LLM», что отражает значительный интерес исследователей к интеграции различных модальностей (текст, изображение, видео) и развитию способностей искусственного интеллекта к логическому мышлению и рассуждению. Также резкий рост популярности продемонстрировал «Artificial General Intelligence (AGI)», улучшив своё положение на 309 позиций, что свидетельствует о нарастающем интересе к разработке ИИ, способного выполнять любую интеллектуальную задачу, и обладающего способностями, сопоставимыми с человеческими. Кроме того, стоит выделить тематики, связанные с передовыми методами обучения ИИ и созданием нового контента («Generative Pretrained Transformer» и «Diffusion Probabilistic Model»), которые поднялись соответственно на 35 и 136 позиций.

Новые направления быстро набирают популярность и трансформируют научный ландшафт. Произошло качественное изменение восприятия систем искусственного интеллекта. Системы ИИ уже не рассматриваются только как распознаватели или классификаторы существующего контента, а становятся генераторами нового и активно используются для мультимодальной генерации (текстов, изображений,

видео). Все активнее обсуждается проблематика создания общего искусственного интеллекта (AGI).

Растущие тематики. Слабые сигналы

Слабые сигналы — тематики, интерес к которым увеличивался в 2018–2023 гг., популярность которых в 2023 году по сравнению с 2022 годом возросла более чем в два раза, но которые в 2023 году не входят в ТОП-100. Эти темы активно развиваются в настоящее время и имеют потенциал для того, чтобы стать лидерами рейтинга.

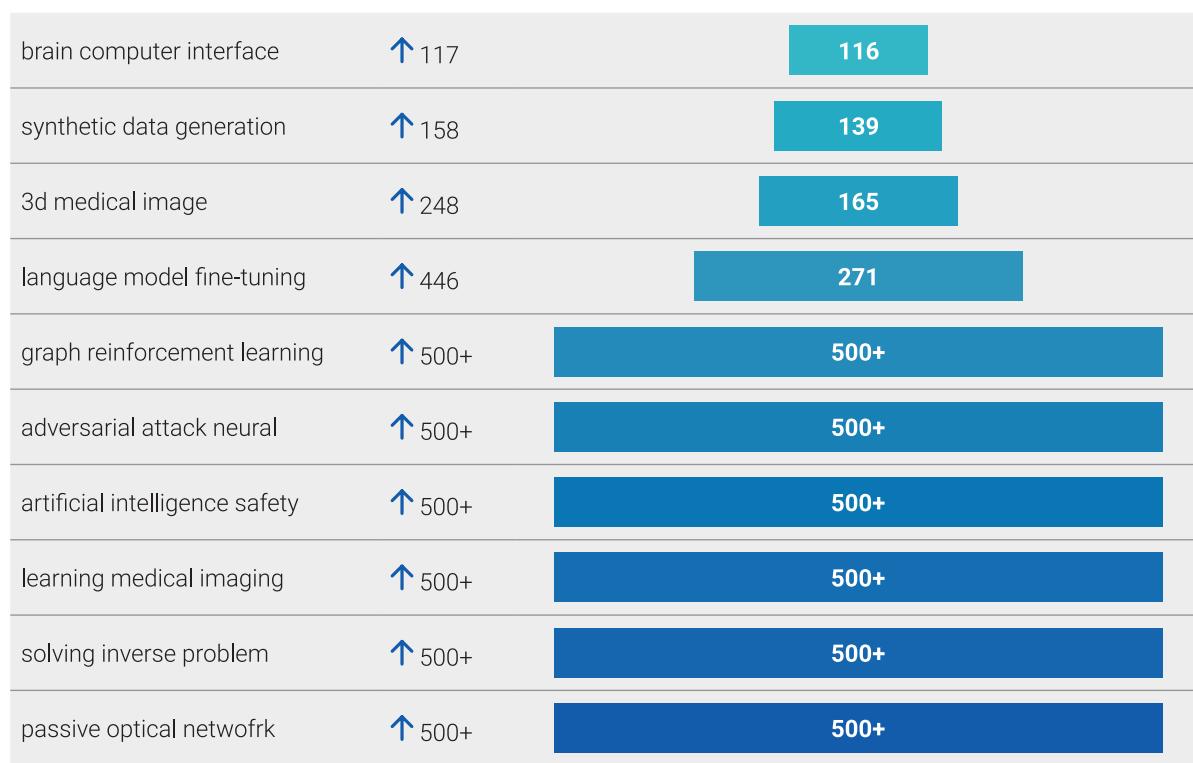


Рисунок 4. Растущие темы. Слабые сигналы.
Позиция в рейтинге 2023 года и изменение позиции по сравнению с 2022 годом.

Среди них можно наблюдать разнообразные перспективные тематики и методы.

Интерфейсы мозг-компьютер («Brain-Computer Interface, BCI»), обеспечивающие связь нервной системы с внешними электронными устройствами, продолжают привлекать внимание учёных. BCI, например, применяются при создании помощников для людей с ограниченными возможностями.

Важными медицинскими направлениями стали технологии машинного обучения в медицинской визуализации («3D Medical Imaging», «Learning Medical Imaging»), предоставляющие врачам все более точные и многоаспектные изображения, увеличивающие точность диагностики и эффективность лечения.

В свете взрывного роста применения больших языковых моделей, особенно актуальной стала тематика генерации синтетических данных («Synthetic Data Generation»). Генерация синтетических данных позволяет исследователям и разработчикам обходить

ограничения, связанные с недостатком реальных данных или их высокой стоимостью. Также набирает популярностьайн-тюнинг языковых моделей («Language Model Fine-Tuning») – более тонкая и целевая настройка языковых моделей, без полного их переобучения.

Повсеместное внедрение ИИ-решений требует повышенного внимания к безопасности – растет популярность исследований адверсариальных атак («Adversarial Attack Neural Networks») и методов защиты от них. И в целом тема безопасности искусственного интеллекта («Artificial Intelligence Safety») набирает популярность, затрагивая этические, юридические и технические аспекты использования ИИ, направленные на предотвращение нежелательного использования систем и обеспечение их прозрачности и контролируемости.

Также необходимо упомянуть ряд других активно развивающихся направлений.

«Graph Reinforcement Learning» – интеграция методов обучения с подкреплением и графов (двух технологий, входящих в ТОП-5 2023 года). Такой подход дает новые возможности оптимизации и анализа сложных сетей (социальных, биологических, логистических и др.). «Passive Optical Network» – развитие пассивных оптических сетей, важных для расширения и улучшения качества телекоммуникационных услуг и интернет-инфраструктуры, отражает потребность в более высоких скоростях передачи данных и более надежной связи. Область решения обратных задач («Solving Inverse Problems») продолжает развиваться для задач, требующих восстановления информации из неполных или зашумленных данных, особенно актуальных в медицинской диагностике.

Тематики и задачи, описанные выше, пока не входят в ТОП-100, однако их популярность неуклонно растет и они могут стать важными направлениями для будущих исследований и разработок в области искусственного интеллекта.

Зарождающиеся тренды

Зарождающиеся тренды – тематики, которые до 2023 года не присутствовали в ТОП-1000 самых популярных и обратили на себя внимание в 2023 году, показав рост более чем на 500 позиций. Такие направления имеют потенциал, чтобы впоследствии стать лидерами рейтинга.

Большая часть зарождающихся трендов связана с изображениями и видео. Совокупно самым популярным направлением стала сегментации объектов в изображениях и видео («Segment Anything Model»), которая является критически важной для развития компьютерного зрения, позволяя улучшить аналитику изображений и видеообработку. Тематика композиционного поиска изображений («Composed Image Retrieval») занимает 271-е место, показывая интерес к разработке методов поиска изображений, которые могут компоновать элементы из различных источников. Это направление имеет множество приложений, включая цифровое искусство и автоматизированное проектирование. 425-е место «Vision Foundation Model» – дополнительное свидетельство актуальности задач обработки визуальной информации.

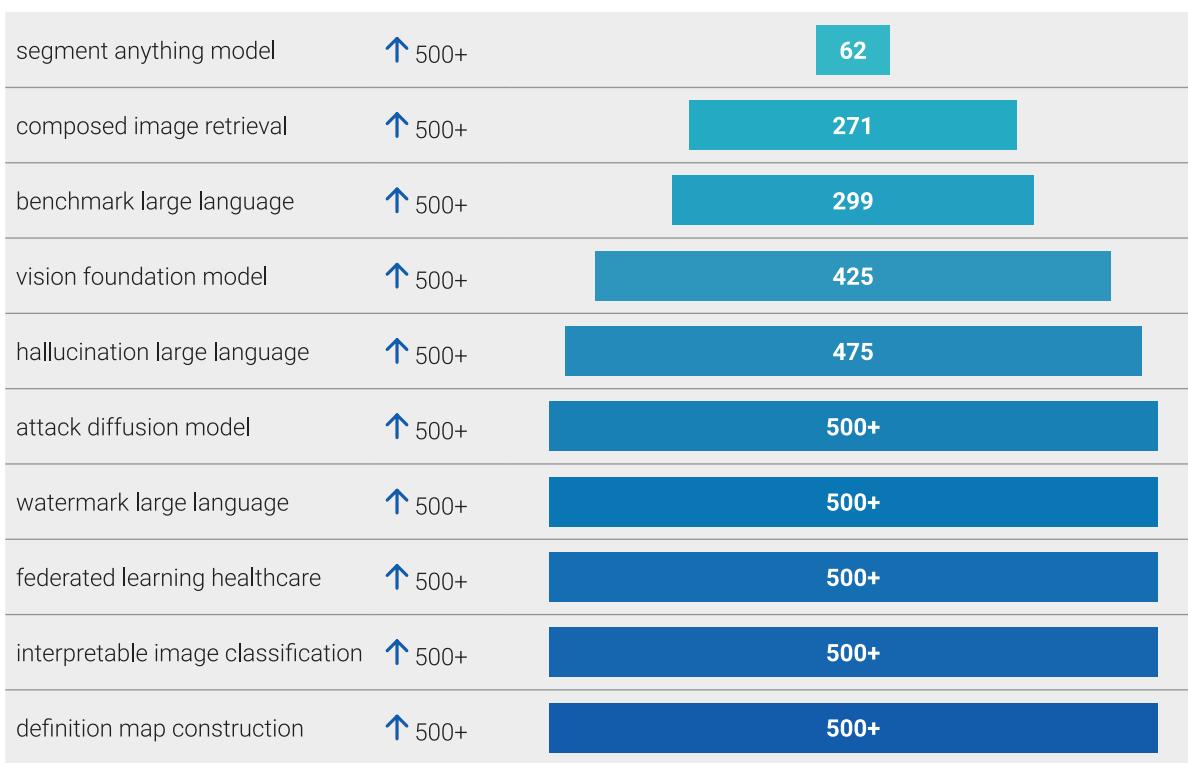


Рисунок 5. Зарождающиеся тренды. Позиция в рейтинге 2023 года.

По мере интеграции цифровых технологий, всё более важными становятся задачи защиты контента, в частности, атак на диффузионные модели («Attack Diffusion Model») и водяных знаков для LLM («Watermark Large Language Model»). Сюда же можно отнести тематику галлюцинирования LLM («Hallucination Language Model»).

Рост популярности интерпретируемой классификации изображений («Interpretable Image Classification») и построения карт определений («Definition Map Construction») подчеркивает интерес к разработке более прозрачных ИИ-систем, которые могут обеспечить лучшее понимание и контроль над процессами обработки и анализа данных.

Набирает популярность распределённое обучение в здравоохранении («Federated Learning Healthcare»), подчеркивая важность разработки моделей ИИ, которые могут обучаться на децентрализованных данных без компрометации конфиденциальности, что особенно актуально в медицинских приложениях.

Актуальность исследования

Отслеживание актуального мирового научного ландшафта и трендов в ИИ – важный инструмент оценки текущего состояния и тенденций развития. Своевременное определение ландшафта в области искусственного интеллекта позволяет выявлять новые возможности и оценивать актуальность научных проектов, что особенно важно для планирования стратегии развития и формирования передовых направлений исследований и взаимодействия с партнерами.



НАПРАВЛЕНИЕ

Наука

Лаборатория машинного обучения и семантического анализа



Руководитель:
Воронцов Константин Вячеславович,
доктор физико-математических наук,
профессор РАН

О лаборатории

Лаборатория машинного обучения и семантического анализа занимается разработкой и применением технологий искусственного интеллекта для автоматической обработки текстов, поисковых и рекомендательных систем. Среди ключевых задач лаборатории — задачи понимания естественного языка с использованием передовых техник, включая глубокие нейронные сети, основанные на моделях внимания и трансформерах, предварительно обученные на обширных текстовых массивах (большие языковые модели).

Лабораторией проводится работа по дообучению моделей на специально подготовленных выборках размеченных текстов для адресации конкретных прикладных задач. Примерами таких задач являются анализ психоэмоциональных воздействий текстов на целевые аудитории, включая разработку соответствующих классификаторов, описание лингвистических маркеров и методик разметки.

Лаборатория поддерживает междисциплинарный подход, объединяя экспертизу в областях лингвистики, журналистики, политологии и компьютерной лингвистики. Это сочетание позволяет проводить всесторонние исследования в области дискурс-анализа, включая исследования по детекции фейковых новостей и анализ информационных войн, с использованием как классических, так и инновационных методов.

Поисково-рекомендательный сервис «Мастерская знаний»

Проект направлен на создание технологий автоматизации тех этапов научных исследований, которые связаны с поиском, анализом и обработкой больших объемов текстовой научно-технической информации. Основные функции сервиса: составление тематических подборок научных статей, мониторинг новой релевантной информации,

автоматизация реферирования подборок, автоматическое выделение трендов научных исследований, оценивание когнитивной сложности текста и рекомендация порядка чтения, тематизация и предметизация научно-технической информации, генерация «карт знаний» и других визуальных представлений в рамках концепции дистантного чтения (distant reading).

«Тематизатор»

Проект даст возможность специалистам в области социогуманитарных наук использовать преимущества инструментария тематического моделирования BigARTM в широком спектре прикладных задач, в том числе для анализа СМИ и социальных медиа, анализа научных публикаций, патентоведения, библиотечного дела, медицины, обработки геномных данных и др.

Цель проекта — ввести в практику социогуманитарных исследований современные инструменты тематического моделирования на основе теории аддитивной регуляризации ARTM и модульной библиотеки с открытым кодом.

Инструмент обработки больших текстовых массивов «Новостной коллайдер»

В ходе проекта разрабатываются технологии семантической разметки текстов, используемых в социогуманитарных исследованиях. Основные операции включают выделение текстовых фрагментов, их классификацию, связывание и комментирование при необходимости. Такие методы позволяют анализировать большие объемы данных (СМИ, соцсети, архивы) для исследований, например, воздействия на общественное мнение и выявления потенциально опасных дискурсов.

Проект включает разработку инструментов для ручной разметки текстов и создание обучающих выборок, а методы машинного обучения на основе больших языковых моделей используются для автоматизации разметки.

«Dero.AI»: открытый депозитарий учебных прикладных задач анализа данных и машинного обучения в различных отраслях

Подготовка специалиста в области наук о данных и искусственного интеллекта невозможна без накопления опыта решения реальных индустриальных задач из различных отраслей. Единый общедоступный депозитарий решённых прикладных задач (кейсов) позволит ускорить формирование модульных практико-ориентированных образовательных курсов для подготовки специалистов на стыке науки о данных, искусственного интеллекта и прикладных областей.

В рамках проекта проработана структура стандартизованного описания задачи (кейса). Описание каждой задачи включает научно-популярный и образовательный контент, открытые наборы данных, открытый код базовых решений и метрик качества, средства автоматического контроля знаний.

Нейроэстетика

Для оценки воздействия на зрителей медиаконтента в режиме реального времени необходимо четко понимать ценностную картину участников. Она находит свое отражение в предпочтении использования слов, выражений и конструкций (на уровне лингвистики), габитуса, жестов и мимики (на уровне психолингвистики и психологии), одежды и цветовых решений, макияжа и других маркеров, сигнализирующих, что важно для человека, как можно спрогнозировать его реакции, и какие реакции у целевой аудитории он может вызвать.

Ключевые результаты 2023 года

Сотрудниками лаборатории (при поддержке портала eLibrary) обучена нейронная сеть для получения семантических векторных представлений научных текстов на русском языке SciRus-tiny. В открытый доступложен бенчмарк ruSciBench¹ для оценки эмбеддингов научных текстов, состоящий из 14 задач, выполняемых на почти 400 тыс. параллельных аннотациях на русском и английском языках.

«Мастерская знаний»

Исследованы современные методы поиска в больших информационных массивах, разработана архитектура масштабируемой системы для хранения и обновления базы научных текстов и обучена модель на русскоязычных научных текстах. Дополнительно разработан набор сценариев для формирования подборок в рамках функционала сервиса.

«Тематизатор»

Достигнуто значительное увеличение скорости обработки (тематизации) данных по сравнению со стандартной реализацией PLSA/LDA в пакете Orange, а также улучшение качества классификации, фильтрации и поиска текстового контента в социогуманитарных исследованиях. Отмечено улучшение интерпретируемости тем с помощью комбинирования регуляризаторов в приложениях тематического моделирования.



Рисунок 6. Изменение эволюции двух трендов
(метод главных компонент и рекуррентные нейронные сети) во времени.

1 <https://habr.com/ru/articles/781032/>

«Новостной коллайдер»

Создана полностью функциональная версия инструмента ручной разметки, что позволило специалистам в гуманитарных областях начать практическое использование приложения. Реализованы алгоритмы оценки согласованности и качества разметки текстов, а также разработан аналитический модуль инструмента.

«Depo.AI»

Разработана структура стандартизированного описания задач и сформулированы необходимые модули инфраструктуры для реализации сервиса.

Нейроэстетика

Показан значительный потенциал автоматического выявления функциональных паттернов в нейрофизиологических исследованиях. Разработаны методы сегментации аудиозаписей, позволяющие точно разделять периоды речи одного или нескольких говорящих, что позволило значительно увеличить качество анализа речевой активности и диаризации. Внедрены методы сбора данных в форме многомерных мультимодальных временных рядов, что улучшило качество и глубину анализа. Продолжена работа по разработке интерпретируемых представлений многомерных временных рядов (сложных нейрофизиологических данных).

Ключевые публикации и выступления на конференциях

Rethinking Probabilistic Topic Modeling from the Point of View of Classical Non-Bayesian Regularization¹

- Data Analysis and Optimization
- Konstantin Vorontsov

Вероятностное тематическое моделирование эффективно используется для анализа текста уже почти 20 лет, развиваясь в рамках теории байесовского обучения. Долгое время потенциал обучения тематических моделей с использованием простых традиционных регуляризаторов оставался недооцененным. Фреймворк добавочной регуляризации для тематического моделирования (ARTM) устраниет этот пробел, упрощая вывод модели и позволяя комбинировать различные тематические модели с помощью их регуляризаторов. ARTM стал инструментом для создания моделей с нужными свойствами и для разработки быстрых онлайн-алгоритмов в открытой среде BigARTM с модульной библиотекой регуляризаторов. В статье предложен итерационный процесс, максимизирующий гладкие функции на симплексах, который может применяться в широком спектре тематических моделей. Этот подход полезен не только для улучшения вероятностного тематического моделирования, но и для разработки нейронных тематических моделей, набирающих популярность в последние годы.

Incremental Topic Modeling for Scientific Trend Topics Extraction²

- Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference «Dialogue 2023»
- Gerasimenko N., Chernyavskiy A., Nikiforova M., Ianina A., Vorontsov K.

Быстрый рост количества научных публикаций и интенсивное появление новых направлений и подходов ставят перед научным сообществом задачу своевременного и автоматического выявления тенденций. Под тенденцией понимается семантически однородная тема, характеризующаяся лексическим ядром, постоянно развивающимся во времени, и резким, часто экспоненциальным, увеличением числа публикаций. В данной статье исследуются современные подходы тематического моделирования для точного извлечения актуальных тем на ранней стадии. В частности, стандартный подход на основе ARTM адаптирован и предложена новая техника инкрементного обучения, которая позволяет модели работать с данными в режиме реального времени. Кроме того, создан набор данных «Тренды искусственного интеллекта» (AITD), который содержит коллекцию статей на ранней стадии и набор ключевых коллокаций для каждого тренда. Проведенные эксперименты показывают, что предложенный подход на основе ARTM превосходит классические модели PLSA и LDA, а также нейронный подход на основе представлений BERT. Модели и набор данных открыты для исследовательских целей.

1 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-31654-8_24

2 <https://www.dialog-21.ru/media/5893/gerasimenkonplusetal012.pdf>

Лаборатория интеллектуального анализа видео



Руководитель:
Ватолин Дмитрий Сергеевич,
кандидат физико-математических наук

О лаборатории

Доля видеоданных среди общего передаваемого трафика в сети интернет увеличивается с каждым годом. Увеличение видеотрафика связано как с ростом популярности видеоконтента по сравнению с другими форматами, так и с развитием технологий съемки и показа видео. Растут и требования, предъявляемые к алгоритмам сжатия видео. Современные видеокодеки и алгоритмы оценки качества видео все чаще используют машинное обучение и нейронные сети, что приводит к появлению новых типов искажений, которые не учитывались при создании традиционных методов оценки качества видео. С современными алгоритмами обработки видео лучше работают новые методы оценки качества, основанные на нейронных сетях. Однако нейросетевые методы оценки качества уязвимы к различным атакам, повышающим их значения без улучшения визуального качества видео. В лаборатории интеллектуального анализа видео проводятся исследования современных алгоритмов оценки качества видео: их применимости для современных видеокодеков, а также устойчивости методов к различным атакам, которые разработчики могут встраивать в свои методы для повышения своей позиции в сравнениях.

Разработка устойчивых к атакам методов оценки качества видео

Задача оценки качества видео является одной из базовых задач в области обработки и сжатия видео. Несмотря на активное появление новых методов, разработчики и индустрия по-прежнему используют традиционные методики, такие как PSNR, SSIM. Среди причин — низкая воспроизводимость результатов исследований и низкая устойчивость нейросетевых методов, используемых для оценки качества видео. Нейросетевые технологии позволяют проводить оценку качества с более высокой корреляцией с визуальным качеством, чем у традиционных методов. Однако правильно подобранная предобработка видео может значительно повысить значение алгоритма оценки качества, при этом визуальное качество не изменится или ухудшится.

Факт уязвимости метрик широко используется разработчиками видеокодеков для искусственного повышения их значений. Большинство кодеков имеют специальные опции --tune ssim, psnr, vmaf и т.д., которые повышают значения данных метрик, но не гарантируют улучшение визуального качества. При этом новые популярные методы оценки качества видео (VMAF) имеют свои уязвимости и могут выдавать высокие результаты при снижении субъективной оценки.

Лаборатория разрабатывает ключевые алгоритмы обработки видео, а также методологии их анализа. Использование устойчивых к взлому метрик оценки качества востребовано в областях обработки и сжатия видео и изображений в различных сферах: медицине (анализ снимков), образовании (онлайн-видеокурсы), промышленности и транспорте (видеонаблюдение).

Разработка методологии субъективной оценки качества видео

Получение субъективных оценок и создание эталонных наборов с данными о просмотрах реальных зрителей является ключевым фактором при разработке нейросетевых методов, моделирующих зрительское восприятие, что необходимо как на этапе обучения, так и валидации полученных методов. От качества размеченных данных напрямую зависит качество построенных моделей, их обобщающая способность и возможность применения.

Разработка бенчмарков для методов обработки видео

Количество методов и алгоритмов для преобразования и обработки видео с каждым годом увеличивается. Однако для большинства задач не существует объективных методов оценки качества, показывающих адекватную корреляцию с субъективными оценками. До сих пор в исследованиях чаще всего применяются классические метрики (PSNR, SSIM), результаты которых нередко отличаются от результатов, полученных в ходе субъективных экспериментов. Лаборатория разрабатывает новые методы оценки качества работы, нацеленные на конкретные задачи обработки видео. Так как в разных задачах преобразования видео встречаются специфические классы артефактов, разработка отдельных метрик позволит достичь большей корреляции с субъективными оценками. Ведется работа по созданию бенчмарков для различных задач, которые в дальнейшем будут способствовать развитию алгоритмов.

Разработка методов сжатия видео, ориентированных на человеческое визуальное восприятие

Основное развитие области сжатия видео в настоящее время происходит на стыке биологии и компьютерных наук. Огромное значение приобретают задачи оценки человеческого восприятия видео, такие как оценка карт внимания (карт салиентности) при просмотре видео или оценка визуального качества видео. Лаборатория разрабатывает новые интеллектуальные методы сжатия видео, нацеленные на человеческое восприятие.

Ключевые результаты 2023 года

Разработка устойчивых к атакам методов оценки качества видео

Расширен бенчмарк метрик оценки качества сжатых видео, в него добавлены новые видео и методы. Разработаны новые методы состязательных атак на метрики качества и с их помощью получен бенчмарк устойчивости метрик качества. Создан одноитеративный метод состязательной атаки на метрики качества изображений и видео, позволяющий генерировать атакованные изображения высокого визуального качества. Этот метод также обладает высокой скоростью работы, что делает возможным его применение при оценке уязвимостей нейросетевых моделей на видео. Из смежной задачи классификации были адаптированы методы семантических атак с использованием колоризации и обнаружена уязвимость большинства современных метрик к состязательным семантическим изменениям. Помимо адаптированных атак, была разработана новая семантическая атака на основе генеративной диффузионной модели, позволяющая создавать реалистичные атакованные изображения, не используя при этом атакующих нейросетевых добавок, которые часто зашумляют изображение. Помимо создания атакованных изображений на основе уже существующих, использование генеративной модели позволяет создавать новые атакующие изображения по текстовым запросам.

Разработка устойчивых к атакам методов оценки качества видео: изучение механизмов повышения устойчивости нейросетевых метрик качества изображений

Реализован алгоритм состязательного машинного обучения (Adversarial Training) для нейросетевых методов LPIPS и DISTs. Удалось достичь прироста устойчивости до 30% относительно незащищенных моделей для атаки FGSM. Алгоритм при этом незначительно понижает корреляцию. Устойчивые модификации методов тестировались на градиентных атаках, к которым они также оказались невосприимчивы.

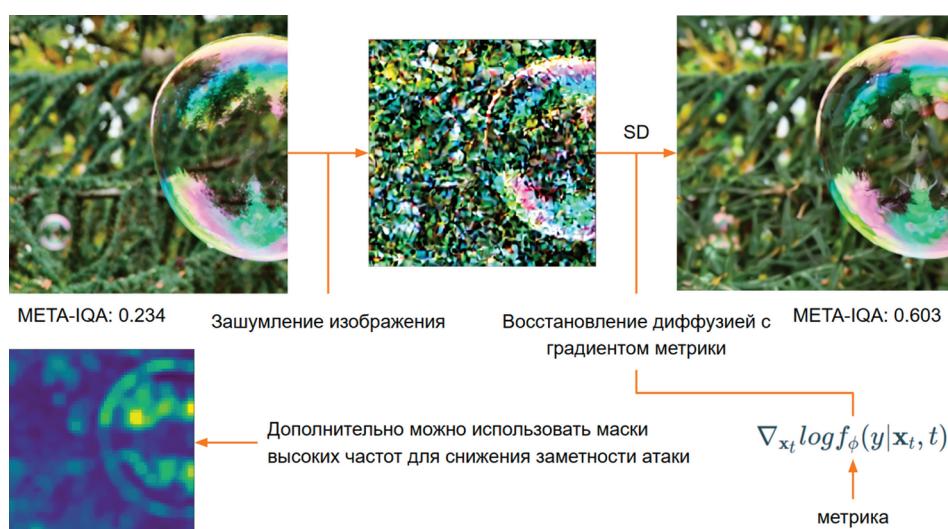


Рисунок 7. Диффузионная семантическая атака на метрику качества изображений METE-IQA.

Разработка бенчмарков для методов обработки видео: повышение разрешения

За 2023 год разработано 6 новых бенчмарков:

1. Metrics Robustness Benchmark (принята A* статья),
2. Video Saliency Prediction Benchmark,
3. Super-Resolution Quality Metrics Benchmark,
4. Video Colorization Benchmark (на финальной стадии),
5. Neural Image Compression Benchmark (на финальной стадии),
6. Image/Video Quality Assessment Datasets Benchmark (на финальной стадии).

Результаты исследований опубликованы на сайте videoprocessing.ai/benchmarks. Существенным достижением 2023 года является увеличение числа бенчмарков, входящих в ТОП соответствующих категорий на сайте paperswithcode.com. С трех до 11-ти возросло количество бенчмарков группы в ТОП-1, в ТОП-3 – 14 бенчмарков группы.

Методы сжатия видео, ориентированные на человеческое визуальное восприятие: платформа субъективной оценки качества изображений и видео (subjectify.us)

Доработан прототип методологии проведения сравнений контента высокого разрешения. Было проведено масштабное субъективное сравнения для валидации полученных результатов на наборе данных AVT. В платформу был встроен дополнительный функционал сбора информации об ассессорах. Разработана методология уточнения собираемых карт внимания с помощью краудсорсинга.

Повышение разрешения (SR)

Бенчмарк Video Upscalers расширен семью новыми алгоритмами. Разработана нейросетевая метрика качества повышения разрешения, превосходящая существующие минимум на 0.252 по корреляции Пирсона. Разработана метрика качества сжатого видео в комбинации с повышением разрешения, показавшая корреляцию Спирмана 0.838 с результатами субъективной оценки на разработанном бенчмарке и корреляцию Спирмана 0.8465 на подвыборке H.264 набора данных Live Video Quality Database – это лучшие результаты по сравнению с существующими методами.

Подготовка наборов данных нейросетевых искажений

Собран набор данных для нового стандарта нейросетевого сжатия JPEG AI из более чем 50 000 примеров, а также небольшой набор данных для современных методов повышения разрешения из 1417 примеров.

Ключевые публикации и выступления на конференциях

Fast Adversarial CNN-based Perturbation Attack on No-Reference Image- and Video-Quality Metrics¹

- ICLR 2023
- Ekaterina Shumitskaya, Anastasia Antsiferova, Dmitriy S. Vatolin

Работа посвящена анализу уязвимости метрик качества видео. Современные методы оценки качества изображений и видео без ссылок на источник («No-Reference Image and Video Quality Assessment Methods»), основанные на нейронных сетях, показывают высокую производительность, сравнимую с методами, использующими полные ссылки («Full-Reference Methods»). Такие метрики широко применяются для улучшения визуального качества в методах компьютерного зрения и сравнения методов обработки видео. Однако они не устойчивы к традиционным атакам с использованием вредоносных примеров («Adversarial Attacks»), что может приводить к неверным результатам. В статье исследуются границы применимости метрик без ссылки на источник, и предлагается быстрая атака с использованием вредоносных примеров на метрики качества без ссылки на источник. Предложенная атака («Fast Adversarial Perturbation Attack on No-Reference Quality Metrics, FACPA») может быть использована в качестве предварительного этапа в алгоритмах обработки и сжатия видео в реальном времени.

Applicability limitations of differentiable full-reference image-quality metrics²

- IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems
- Maksim Siniukov, Dmitriy Kulikov, Dmitriy Vatolin

Субъективное измерение качества изображений играет решающую роль в разработке приложений для обработки изображений. Метрики визуального качества служат аппроксимацией результатов субъективной оценки. В связи с этим разрабатывается все больше и больше метрик, но их ограничения мало исследованы. В статье рассматриваются ограничения метрик качества изображений: как предобработка изображений до сжатия может искусственно повышать популярные метрики DISTS, LPIPS, HaarPSI и VIF, а также то, что метрики не соответствуют субъективному качеству изображений. Мы предлагаем серию нейросетевых моделей предобработки изображений, которые увеличивают DISTS до 34,5 %, LPIPS до 36,8 %, VIF до 98,0 % и HaarPSI до 22,6 % в случае изображений, сжатых в формате JPEG. Субъективное сравнение предварительно обработанных изображений показало, что для большинства исследованных нами метрик качество изображения падает или остается неизменным, что ограничивает применимость этих метрик

1 <https://arxiv.org/pdf/2305.15544.pdf>

2 <https://ieeexplore.ieee.org/document/10125387>

Лаборатория искусственного интеллекта в биоинформатике и медицине



Руководитель:
Раменский Василий Евгеньевич,
кандидат физико-математических наук

О лаборатории

Развитие методов анализа мультиомиксных данных (геномики, транскриптомики, протеомики, метаболомики, липидомики, гликомики и др.) является актуальным направлением мировых исследований. Объём глобальных финансовых вложений в получение такого рода данных составляет миллиарды долларов и увеличивается ежегодно на 15%. Уже накоплены десятки петабайт данных, около половины из которых находятся в открытом или условно-открытом доступе. Эти данные могут применяться для разработки лекарств нового поколения и методов диагностики. Попытка единого анализа накопленного массива сталкивается с проблемой большой разнородности данных, а попытки их гармонизации приводят к тому, что объём пригодных для анализа данных методами машинного обучения сокращается на несколько порядков.

Применение методов искусственного интеллекта к решению задач биоинформатики способствует развитию самих методов ИИ. Один из примеров — «генетический алгоритм», который был изобретён благодаря наблюдению за живыми системами и является важным инструментом в арсенале методов дискретной оптимизации. Лаборатория развивает методы глубокого обучения для анализа векторных сигналов и естественных языков. С одной стороны, для обработки векторных сигналов цифровой экспрессии генов применяются глубокие нейросети, по архитектуре схожие с теми, которые применяются для обработки изображений. Но, с другой стороны, эти архитектуры не применимы в исходном виде, поскольку существенным образом используют свойство упорядоченности пикселей на изображениях и поэтому их эффективность достигается за счет применения свертки. В случае с транскриптомными данными векторы со значениями экспрессии генов не являются упорядоченными — необходимы исследования модификации и оптимизация архитектур нейросетей. При анализе аминокислотных последовательностей прекрасно зарекомендовали себя

языковые модели, но существуют особенности работы с белками, которые необходимо учитывать, проводить исследования, что в итоге приводит к усовершенствованию самих методов анализа естественных языков.

Научная группа разрабатывает несколько научных направлений, связанных с применением методов искусственного интеллекта и статистической генетики к данным молекулярной биологии и медицины. Подход заключается в поиске баланса между получением фундаментальных результатов с использованием общедоступных данных, например, в задаче построения так называемой «базовой модели» в транскриптомике, и решением прикладных задач в сотрудничестве с партнерами экспериментаторами.

Платформа для анализа данных транскриптомики

Методы глубокого обучения используются для анализа данных по экспрессии генов в единичных клетках (scRNA-seq). Практической и весьма масштабной задачей здесь является построение модели, предсказывающей эффект воздействия препаратов на различные типы клеток. Платформа предназначена, в частности, для предсказания изменения экспрессии генов в результате внешнего воздействия различных препаратов или нокаута отдельных генов, а также для устранения серийных эффектов в данных scRNA-seq, изучения фундаментальных основ взаимодействия генов в клетках различных типов.

Гликогеномика: анализ больших данных гликомики в связке с мультиомиксными данными

Основу этого направления составляет изучение генетического контроля N-гликозилирования белков плазмы крови человека. Гликозилирование белков — это ферментативный процесс присоединения углеводного остатка (гликана) к белку. Современные исследования показали, что поверхность белков гликозилирована в значительно большей степени, чем было принято думать ранее. Изменения в профиле гликозилирования белков ассоциированы с различными биологическими процессами и заболеваниями. Гликогеномика изучает то, каким образом гены и изменения в них влияют на гликозилирование белков.

Прикладными целями данной области являются разработка новых способов диагностики и установление биомаркеров заболеваний, создание новых лекарств и репозиционирования уже используемых. Группа — мировой лидер в области полногеномных исследований ассоциаций гликозилирования белков плазмы крови человека.

Дизайн белков с заданными свойствами

Методы глубокого обучения используются для направленного изменения свойств белков (например, термостабильности), а также для разработки антител, связывающих определенные антигены. Используется сочетание методов глубокого обучения, предлагающих наборы перспективных вариантов, и более традиционных расчетных методов, сужающих круг возможных кандидатов для последующей экспериментальной проверки.

Protomenal: метод для аннотации последовательностей белков и предсказания их функциональных свойств

Модели глубокого обучения, входящие в Protomenal, позволяют предсказывать так называемые функциональные домены в белках и могут служить инструментарием для белковой инженерии.

Onqueta: подход для раннего выявления онкологических рисков с помощью «умного» анкетирования

Унаследованные варианты генома в ряде изученных генов повышают риски развития раковых заболеваний в молодом возрасте. Генетическое тестирование обнаруживает такие варианты, но на практике может быть не всегда осуществимо по ряду причин. Анкетирование, построенное на анализе ответов на простые вопросы, позволяет быстро и экономически эффективно выявлять здоровых людей — потенциальных носителей таких опасных вариантов генома, а в случае онкобольных персонализировать терапию.

Обработка медицинских изображений: диагностика дефектов костей и суставов с помощью методов ИИ

Методы анализа изображений используются для анализа дегенерации поясничных межпозвонковых дисков, а также для ранней диагностики нарушений конструкции эндопротеза тазобедренного сустава.

Ключевые результаты 2023 года

Гликогеномика: анализ больших данных гликомики в связке с мультиомиксными данными

Проект включает в себя определение генетического контроля N-гликозилирования белков. Конечной целью является разработка новых способов диагностики и установление биомаркеров заболеваний, создание новых лекарств и репозиционирования уже используемых.

Платформа для анализа данных транскриптомики

Группой разработан метод на основе так называемого вариационного автоэнкодера STVAE (style transfer variation autoencoders) для гармонизации и «распутывания» сигнала в данных scRNA-seq, что позволяет моделировать эффект воздействия различных веществ на активность генов в клетках.

Protomenal: дизайн и аннотация белков

Программный фреймворк Protomenal в сочетании с методами структурной биоинформатики позволяет подбирать модифицированные формы белков, обладающие заданными свойствами. Для обучения моделей требуется экспериментальная проверка малого количества модифицированных белков (подход Low-N). Задача

разработки антител для заданных антигенов сродни поиску иголки в стоге сена, так как пространство потенциальных кандидатов огромно (10¹¹-10³⁰) и не может быть исследовано экспериментально. Группой используется сочетание подходов глубокого обучения, предлагающих наборы перспективных вариантов, и более традиционных расчетных методов, сужающих круг возможных кандидатов для последующей экспериментальной проверки.

Onqueta: подход для раннего выявления онкологических рисков с помощью «умного» анкетирования

Разработан подход для раннего выявления онкологических рисков реализована с помощью «умного» анкетирования. Анкетирование, построенное на анализе ответов на простые вопросы, позволяет по ряду признаков быстро выявлять здоровых людей – потенциальных носителей опасных вариантов генома, а в случае онкобольных персонализировать терапию.

Обработка медицинских изображений: диагностика дефектов костей и суставов с помощью методов ИИ

Диагностика дефектов костей и суставов проводится методами ИИ. Используются методы анализа изображений для анализа дегенерации поясничных межпозвонковых дисков, а также для ранней диагностики нарушений конструкции эндопротеза тазобедренного сустава.

Ключевые публикации и выступления на конференциях

GWAS of random glucose in 476,326 individuals provide insights into diabetes pathophysiology, complications and treatment stratification¹

- Nature Genetics
- Sharapov, Aulchenko, et. al.

Уровень глюкозы в крови является важным биохимическим показателем, который связан с риском развития диабета. Он зависит не только от питания, образа жизни, но и от генетических факторов. Их удалось установить ученым из лаборатории Института ИИ МГУ в составе международного коллектива авторов, которые провели анализ уровней глюкозы и генетических данных более 470 тысяч человек. Выявлены 120 участков генома, замены в которых приводят к изменению уровня глюкозы. Ранее роль 44 участков генома в регуляции уровня глюкозы не была известна. Ученые обнаружили, что гены, расположенные в найденных участках генома, также влияют на липидный обмен, риск развития диабета второго типа, представленность ряда бактерий в кишечнике, уровни гликозилирования белков крови.

Научный коллектив лаборатории является одним из мировых лидеров в изучении генетики гликозилирования белков человека — модификации белков, в ходе которой к белку присоединяются комплексные углеводные полимеры. Это исследование имеет большое значение для разработки новых терапевтических мишеней в лечении диабета второго типа. В будущем эти результаты могут привести к появлению новых лекарственных препаратов для лечения диабета второго типа.

Mapping of the gene network that regulates glycan clock of ageing²

- Aging
- Sharapov, Aulchenko, et. al.

Гликаны являются важным структурным компонентом иммуноглобулина G (IgG), модулирующим его структуру и, как следствие, его функции. Одной из ключевых особенностей гликозилирования IgG является добавление галактозы (галактозилирование), которое, в свою очередь, ассоциировано со старением. В данном исследовании было проведено ПГИА галактозилирования IgG на 13,705 образцах, и выявлены 16 локусов. В результате функциональной аннотации локусов были приоритизированы 37 генов-кандидатов, роль которых в регуляции галактозилирования была подтверждена дальнейшими *in vitro* экспериментами.

1 <https://www.nature.com/articles/s41588-023-01462-3>

2 <https://www.aging-us.com/article/205106/text>

Проект «Фундаментальные и прикладные нейротехнологии» | Лаборатория инвазивных нейроинтерфейсов



Руководитель междисциплинарного проекта МГУ «Фундаментальные и прикладные нейротехнологии»: Лебедев Михаил Альбертович, профессор механико-математического факультета МГУ, PhD



Руководитель «Лаборатории инвазивных нейроинтерфейсов»: Попков Василий Андреевич, кандидат биологических наук

О проекте

Неврологические заболевания становятся всё более значимой проблемой в глобальном масштабе. Согласно данным Всемирной Организации Здравоохранения, они являются причиной смертности 12% от общего числа смертей в мире, затрагивая около 1 миллиарда человек. В зоне риска — страны с увеличивающейся долей населения старше 65 лет, в том числе, Россия, где за последние 50 лет доля пожилого населения удвоилась, достигнув к 2023 году более 24 миллионов человек. Согласно прогнозу Института мозга человека им. Н.П. Бехтеревой, к 2050 году доля страдающих от нейродегенеративных заболеваний в России может превысить 5% населения.

В этом контексте нейротехнологии — раздел технологий, ориентированный на взаимодействие нервной системы человека с электронными устройствами, приобретают особую актуальность. Одно из применений нейротехнологии находят в системах нейромодуляции. Такие системы, включая как неинвазивные, так и имплантируемые устройства, используются для облегчения хронических болей и лечения разнообразных неврологических расстройств. Они представляют собой важный инструмент в лечении неврологических заболеваний и состояний, предоставляя новые возможности для повышения качества жизни пациентов.

В области нейродиагностики нейротехнологии также играют значительную роль, улучшая и уточняя диагностические процессы, что способствует более эффективному выявлению и лечению неврологических состояний. Это особенно важно для ранней диагностики и своевременного вмешательства в лечение неврологических заболеваний.

Нейротехнологии активно используются в нейропротезировании и нейрореабилитации. Они помогают в восстановлении двигательных и сенсорных функций, значительно улучшая качество жизни пациентов после травм или заболеваний, затрагивающих физическую активность и чувствительность.



Рисунок 8. Применение нейроинтерфейсов.

Лаборатория инвазивных нейроинтерфейсов разрабатывает неинвазивные и имплантируемые нейротехнологии, применимые в медицине, в том числе, для лечения неврологических заболеваний и состояний, а также для высокотехнологичного протезирования с применением технологий искусственного интеллекта. Конкурентное преимущество лаборатории — междисциплинарная команда с глубокой экспертизой, включающая специалистов в области биологии, наук о материалах, инженерии и программирования, что позволяет охватить все ключевые аспекты разработки нейроустройств:

- возможность совместной адаптации инженерной, биологической и алгоритмической составляющей проектов;
- разработка быстрых алгоритмов обработки сигналов от считывающих электродов, разработка систем принятия решения для стимуляции;
- разработка электродов, коннекторов, стимуляторов, интеграция вычислительных модулей.

Проекты, реализуемые группой в 2023 году, можно разделить на 2 крупных направления — неинвазивное и инвазивное.

Неинвазивные технологии

В рамках неинвазивного направления реализуются проекты, посвященные классификации различных состояний по данным, полученным с помощью неимплантируемых систем (например, электроэнцефалограммы, ЭЭГ), и разработке подходов на основе технологий искусственного интеллекта для оптимального и достоверного анализа подобных данных.

Проведены предварительные клинические испытания по оценке влияния основных сценариев инвазивной стимуляции периферических нервов и спинного мозга на подавление нейропатической боли у пациентов с ампутацией верхних конечностей. Также производился анализ нейрофизиологических маркеров, сопутствующих нейропатической боли у этих пациентов. Дополнительно в рамках предварительного этапа по разработке портативного нейроинтерфейса с замкнутым контуром было проведено валидационное исследование с сопоставлением спектральных характеристик ЭЭГ, регистрируемой тремя коммерческими портативными ЭЭГ-устройствами и одним стандартным устройством на основе гелевых ЭЭГ-электродов. Группа также разрабатывает новые математические подходы к анализу и декодированию ЭЭГ, электромиограмм (ЭМГ) и нейрональных данных.

Инвазивные технологии

В рамках инвазивного направления реализуется 4 крупных проекта, посвященных разработкам разных типов инвазивных электродов, их всестороннему тестированию и поиску технологий, повышающих их биосовместимость. Получены первые функциональные прототипы тонкопленочных полимерных инвазивных электродов, отработаны протоколы их хирургической имплантации и последующего гистологического исследования, а также продемонстрирована их возможность регистрировать нейрональную активность.

Разработан 3D-принтер для печати биосовместимыми пластичными материалами, с помощью которого были отработаны варианты печати тонких пленок на основе ПДМС и токопроводящих паст. Группа разрабатывает биосовместимые покрытия электродов. Подобная обработка электродов должна обеспечить более мягкий и плотный контакт импланта с нервной тканью, снизить негативные последствия механических воздействий на нервную ткань и, в конечном итоге, обеспечить большую биосовместимость имплантов.

Ключевые результаты 2023 года

Классификация состояний по ЭЭГ и изменение их нейростимуляцией

В рамках проведения исследования нейрофизиологических маркеров инвазивной стимуляции спинного мозга и периферических нервов, направленного на купирование фантомных болей, были успешно собраны данные электроэнцефалограмм (ЭЭГ) у трех пациентов с ампутированными верхними конечностями (P01, P02, P03). В ходе исследования было изучено влияние основных сценариев инвазивной стимуляции на подавление нейропатической боли у таких пациентов, произведен анализ нейрофизиологических маркеров, сопутствующих нейропатической боли, а также проведено валидационное исследование трех коммерческих портативных ЭЭГ-устройств в рамках предварительного этапа по разработке портативного нейроинтерфейса с замкнутым контуром.

Комплекс для реабилитации конечностей

Разработан комплексный продукт, который объединяет нейростимуляцию спинного мозга, функциональную электрическую стимуляцию мышц, элементы виртуальной реальности и робототехнику для записи электрической активности головного мозга и мышц.



Рисунок 9. Демонстрационный образец – комплекс для реабилитации конечностей.

Медицинское применение этой системы охватывает реабилитацию функций верхних и нижних конечностей, включая восстановление моторных и сенсорных функций после неврологических травм и болезней, а также терапию фантомных и нейропатических болей. К особенностям продукта можно отнести интеграцию

нейростимуляции с виртуальной реальностью и обратной связью на основе электрокортографии и миографии, разработку неинвазивной стимуляции спинного мозга и специализированного экзоскелета для конечностей, а также успешное проведение первых пилотных испытаний. Проведены первые пилотные испытания на моделях установки.

Декодирование письма из ЭМГ

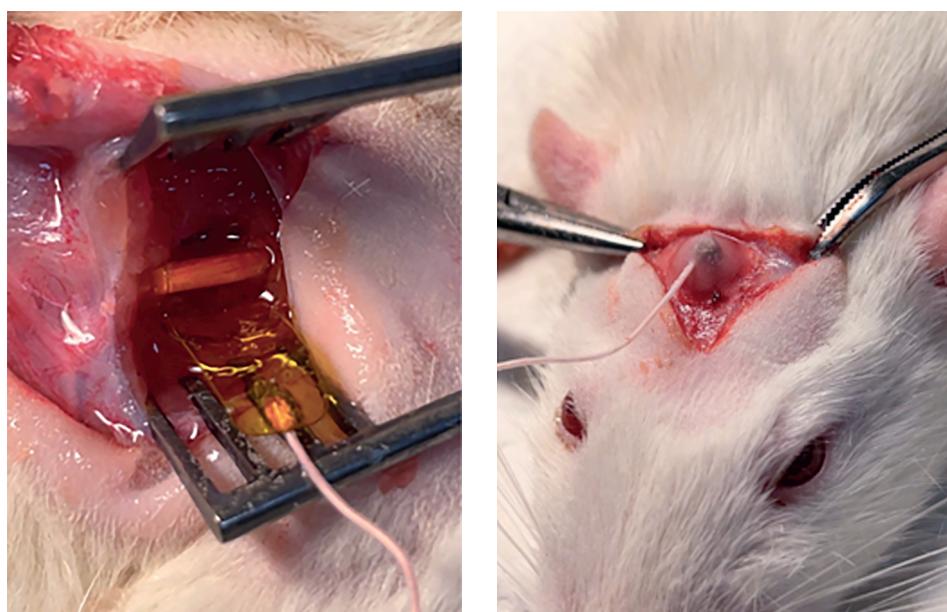
Основной задачей стало сопоставление напряжений на мышцах с движениями руки, используя записи электромиограмм (ЭМГ) с восьми источников, прикрепленных к руке человека, и данные о положении пера. Показано, что схожие данные ЭМГ соответствуют схожему изменению положения пера, что воспроизводимо наблюдается при выполнении простых движений по прямой. Продолжается работа по оптимизации модели для улучшения соотнесения данных ЭМГ с более сложными траекториями движения пера при письме.

Разработка тонкопленочных электродов

Разработан дизайн и технология производства полимерных тонкопленочных имплантируемых электродов толщиной менее 50 мкм. Получены первые функциональные прототипы, успешно отработаны протоколы имплантации и последующего гистологического анализа. В ходе проведенных около 70 операций на крысах, был проанализирован биоматериал от 37 животных, демонстрируя возможность регистрации нейрональной активности при острой имплантации электрода. Продукт представляет собой технологию производства мягких и гибких тонкопленочных электродов, находящих широкое медицинское применение, включая интерфейс мозг-компьютер, разработку протезов и искусственных органов, а также биологические исследования.



Рисунок 10. Фото полученного прототипа тонкопленочного электрода.



а)

б)

Рисунок 11. Имплантация прототипа электрода:
а) тонкопленочный электрод, обернутый вокруг седалищного нерва,
б) фиксация и выведение провода через череп.

Имплантируемые тонкопленочные электроды

Продукт — это инновационная технология создания мягких и гибких тонкопленочных электродов, обладающая широким спектром медицинских применений. Она включает интерфейс мозг-компьютер для непосредственного обмена информацией между мозгом и компьютерной системой, обеспечивая новые возможности в медицине, развлечениях, искусстве и коммуникации.

Электроды применяются для очувствления искусственных конечностей, реабилитации после неврологических травм, мониторинга восстановления, а также для диагностики различных состояний и заболеваний. Также продукт находит применение в разработке протезов и искусственных органов, улучшая связь между протезом и организмом через регистрацию электрической активности смежных тканей и нервов. В области биологических исследований электроды используются для изучения сердца и мозга, включая мониторинг сердечного ритма и анализ паттернов активности, связанных с мыслями и поведением.

Особенности продукта включают возможность автоматизации и масштабирования производства, повышенную биосовместимость, низкую стоимость и высокую вариативность дизайна. Это способствует росту инвестиций в высокотехнологичные стартапы в области пленочных электродов, открывая новые горизонты в медицинских исследованиях и практике.

Имплантируемые тонкопленочные манжетные электроды

Разработана технология производства манжетных электродов, которые предназначены для электростимуляции нервов. Эти электроды обеспечивают взаимодействие с периферическими нервами, позволяя управлять протезами конечностей и обеспечивать сенсорную обратную связь, а также лечить фантомные боли. Кроме того, они играют важную роль в исследовательских задачах, направленных на изучение свойств и функций нервов и мышц. Особенности продукта включают в себя перспективный форм-фактор для нейропротезирования, максимально плотный контакт на периферических нервах и сертификацию для хронической имплантации у людей.

Разработка технологии 3D-печати

Совершен прорыв в области 3D-печати за счет модификации стандартного блока экструдера FDM принтера Anet A8, который был заменен на шприцевой насос, управляемый шаговым двигателем. Это позволило разработать 3D-принтер, способный печатать пластичными материалами, включая тонкие пленки на основе ПДМС и токопроводящих паст, открывая новые возможности для создания медицинских имплантов и биосовместимых покрытий.

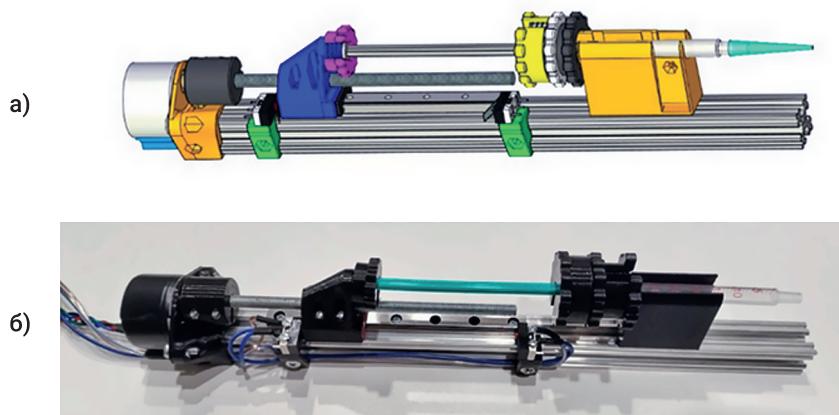


Рисунок 12. а) CAD модель, б) фотография разработанного шприцевого насоса.

Разработка биосовместимых покрытий

На предварительном этапе разработки цилиндрических электродов было проведено всестороннее исследование коммерческих образцов с применением различных физико-химических методов анализа. Это позволило получить важную информацию о конструкции электродов и материалах, из которых они изготовлены, что является ключевым шагом к созданию инновационных решений для медицинской индустрии.

Ключевые публикации и выступления на конференциях

Modulations in high-density EEG during the suppression of phantom-limb pain with neurostimulation in upper limb amputees¹

- Cerebral Cortex
- Kleeva D., Soghoyan G., Biktimirov A., Piliugin N., Matvienko Y., Sintsov M., Lebedev M. et. al.

Проиведена оценка характеристик высокоплотной ЭЭГ пациентов с ампутацией с хроническими фантомными болями. Оценка осуществлялась в условиях применения нейростимуляции, подавляющей боль, и в условиях ее отключения при сохранности болевых ощущений. Выявленные пространственные и спектральные характеристики ЭЭГ оказались индивидуальны для каждого пациента, но эта вариабельность объяснялась различиями в типе стимуляции и симптоматике. Полученные результаты как встраиваются в фундаментальные парадигмы механизмов хронической боли, приводящих к нарушению баланса возбуждения/торможения или возникновению таламокортикальной дистрибьюции, так и потенциально внесут вклад в дальнейшие разработки двунаправленных интерфейсов для подавления боли.

Resting-state EEG recorded with gel-based vs. consumer dry electrodes: spectral characteristics and across-device correlations²

- Frontiers in Neuroscience
- Kleeva D., Ninenko I., Lebedev M.

Исследование направлено на оценку качества сигнала с использованием трех портативных ЭЭГ-устройств (Muse, Neiry Headband, Neiry Headphones) и одного стандартного ЭЭГ-аппарата NVX с гелевыми электродами. Для валидации качества сигнала использовались записи с открытыми и закрытыми глазами в состоянии покоя. Результаты показали, что в отличие от широко используемого портативного устройства Muse, спектральные характеристики аппарата Neiry Headband были соотносимы с характеристиками гелевого ЭЭГ-устройства в тета-, альфа- и бета-диапазонах. Это может объясняться конфигурацией электродов в форме «мультиспайков», обеспечивающих более плотный контакт с скальпом. Дальнейшие валидационные исследования портативных девайсов уже в рамках парадигм когнитивного мониторинга позволят оценить возможность их применения в рамках разработок интерфейсов мозг-компьютер.

1 <https://doi.org/10.1093/cercor/bhad504>

2 <https://doi.org/10.3389/fnins.2024.1326139>

НАПРАВЛЕНИЕ

Образование

AI Masters

С 2022 года в Институте ИИ МГУ функционирует вечерняя бесплатная образовательная программа в области наук о данных «AI Masters».

Студенты курса получают навыки обучения моделей ML/DL, работы с индустриальным стеком технологий, написания эффективного кода, построения математических моделей.

Линейка курсов программы соответствует магистерским программам в области машинного обучения и бизнес-аналитики от ведущих университетов мира.

Общая информация



2 года / 4 семестра



Время занятий: 18:00–21:00



Загрузка: 20–40 часов в неделю



Всего курсов: 28



Курсов в семестре: 7

Преподаватели



2 доктора наук



14 кандидатов наук



7 преподавателей – ведущих индустриальных
экспертов

Прием 2023



Заявок
на поступление

91

Поступило



18,5 чел.

место

Конкурс

Распределение поступивших по ВУЗам

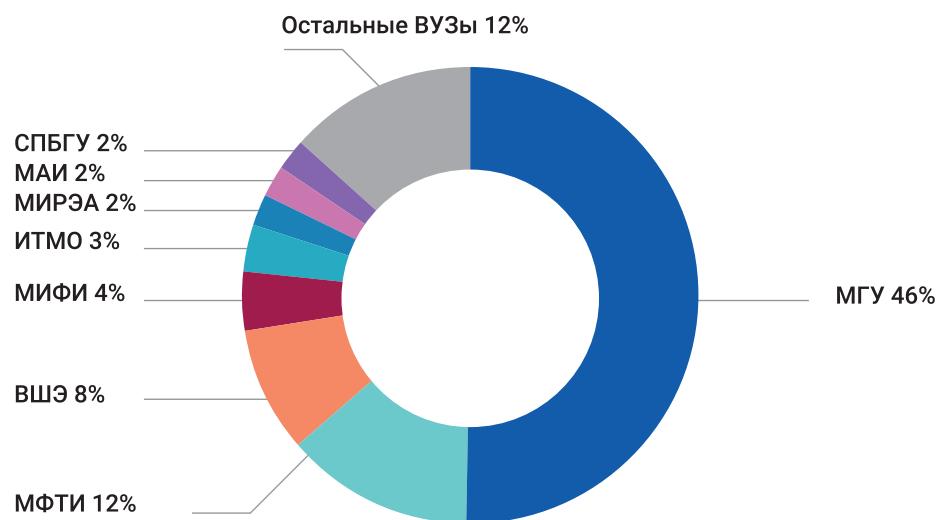


Рисунок 13. ВУЗы, в которых обучаются поступившие на курс в 2023 году.

Наши курсы

Machine Learning-1	Алгоритмы	Оптимизация-1
Статистика	NLP	Оптимизация-2
Machine Learning-2	Динамическое ценообразование	Оптимизация-3
Python	Практикум по алгоритмам	Теория информации
Теория Игр	RL	BigData
Machine Learning-3	Generative Models	Продуктовая аналитика
Numerical Linear Algebra	Computer Vision	Python-2
Linux, bash, ssh	Вероятностные графические модели	Рекомендательные системы
Алгоритмическая теория игр		ML System Design
		DL in Sound

Форматы взаимодействия с индустрией

Оформление набора (3 курса) в качестве семестровой платной программы дополнительного образования.

Оформление программы в качестве программы дополнительного профессионального образования с присуждением квалификации.



Институт искусственного интеллекта



Институт искусственного интеллекта





info@iai.msu.ru
iai.msu.ru

Ломоносовский пр-кт, 27, корп.1
Россия, Москва
119192