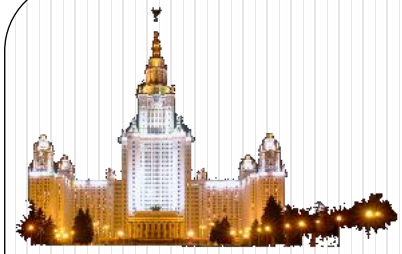


Big-Data Algorithms That Are Not Machine Learning

кафедра теоретической информатики
механико-математического факультета МГУ
к.ф.-м.н., доц. Главацкий Сергей Тимофеевич,
ст.преп. Бурыкин Илья Геннадиевич

- Хотя машинное обучение часто отождествляют с большими данными, **существуют фундаментальные «не-ML» алгоритмы, необходимые для обработки огромных массивов данных.**

- Конечно, в настоящее время, AI/ML имеют жизненно важное значение, но **многие критически важные задачи обработки больших данных включают структурный анализ и разработку алгоритмов, а не только статистическое обучение**.

Почему так важно понимание алгоритмов:

IEEE TRANSACTIONS ON EVOLUTIONARY COMPUTATION, VOL. 1, NO. 1, APRIL 1997

No Free Lunch Theorems for Optimization

David H. Wolpert and William G. Macready

Теорема (No free Lunch Theorem):

Пусть $P(d_m^y|f,m,a)$ — условная вероятность получения частного решения d_m после m итераций работы алгоритма a при целевой функции f. Для любой пары алгоритмов a_1 и a_2 имеет место равенство:

$$\sum_f P(d_m^y|f,m,a_1) = \sum_f P(d_m^y|f,m,a_2)$$

- Теоремы NFL означают, что **если алгоритм в среднем показывает особенно хорошие результаты для одного класса задач, то в остальных задачах он должен показывать худшие результаты.**

Почему так важно понимание алгоритмов:

- https://konfuzio.com/en/sate-of-the-art/
- Что такое SOTA? Сокращённо «State-of-the-Art» означает **наиболее эффективную модель или алгоритм для конкретной задачи или области исследований** в области машинного обучения.
- SOTA представляет собой самый передовой и современный подход, обеспечивающий высочайшую точность или исключительную функциональность.

Основные категории «не-ML» алгоритмов обработки больших данных

- **Параллельная и распределенная обработка**
  - **MapReduce**: фреймворк для создания параллельных алгоритмов, масштабируемых для обработки данных, превышающих объем оперативной памяти, в разных кластерах.
  - **Устойчивые к неравномерному распределению данных специализированные алгоритмы** (например, алгоритм "Shares"), разработанные для эффективного вычисления многосторонних объединений в MapReduce даже при неравномерном распределении данных.

Основные категории «не-ML» алгоритмов обработки больших данных

- **Сходство и размерность**
  - **Хэширование с учетом локальности (LSH)**: метод поиска похожих элементов в многомерных данных без исчерпывающего сравнения.
  - **Минхеширование**: используется в сочетании с LSH для оценки коэффициента сходства Жаккара между множествами, часто применяется для дедупликации веб-страниц.

Основные категории «не-ML» алгоритмов обработки больших данных

- **Потоки данных**
  - **Обработка в реальном времени**: алгоритмы для обработки данных, поступающих слишком быстро для сохранения, требующих немедленной обработки или «эскизирования» для ведения сводной статистики.
  - **Фильтрация и подсчет**: методы обработки непрерывных потоков данных, где традиционные запросы к базам данных нецелесообразны из-за их объема и скорости.

Основные категории «не-ML» алгоритмов обработки больших данных

- **Графический анализ и анализ связей**
  - **PageRank**: Алгоритм ранжирования веб-страниц на основе структуры ссылок, представляющий данные в виде огромного графа, а не обучающего набора данных.
  - **Обнаружение спам-ссылок**: выявление искусственных структур ссылок, предназначенных для манипулирования позициями в поисковой выдаче.

Основные категории «не-ML» алгоритмов обработки больших данных

- **Поиск часто встречающихся шаблонов (частых наборов элементов)**
  - **Масштабируемый алгоритм поиска ассоциативных правил (Apriori)**: метод поиска часто встречающихся наборов элементов в больших массивах данных, содержащих информацию о потребительских корзинах, для выявления ассоциативных правил.
  - **Алгоритмы с ограниченным количеством проходов**: улучшенные версии алгоритма Apriori (например, PCY), которые минимизируют количество считываний всего набора данных с диска.

Анализ данных: от постановки задачи до ее решения и осмысления результатов

- Поскольку в основе интеллектуального анализа данных (в частности, в методах и средствах ИИ), как и в других компьютерных реализациях, лежит известная **триада академика А.А. Самарского «модель – алгоритм – программа»**, то любой пользователь методов ИИ (даже далекий от математики и информатики) должен понимать, что **в основе исследования изначально лежит математическая модель**.
- А выбор модели и, далее, метода обработки данных, построения/адаптации эффективного алгоритма, программной реализации – это удел специалиста, знающего фундаментальные математические основы методов решения поставленных задач.
- При этом на его выбор, безусловно, влияет мнение эксперта в данной предметной области. Именно содружество специалистов из различных областей знания является ключом к построению верных и эффективных решений в сфере ИИ.

Анализ данных:
этапы процесса решения задач

- **Восприятие и анализ постановки задачи**: тщательное изучение и интерпретация условий и требований к методам решения.
  - Этот этап включает в себя понимание контекста задачи, определение ее целей, выявление ключевых переменных и ограничений;
- **Построение модели явления**: формализация исходных данных и ограничений для дальнейшей работы.
  - На этом этапе данные преобразуются в формат, пригодный для машинной обработки, выбираются подходящие математические и алгоритмические модели, которые смогут отразить сущность исследуемого явления;

Анализ данных: этапы процесса решения задач

- **Поиск способа решения задачи**: выбор оптимального алгоритмического подхода или комбинации методов.
  - Здесь происходит подбор соответствующих алгоритмов, методов машинного обучения, статистических техник, которые наилучшим образом соответствуют поставленной задаче и имеющимся данным;
- **Реализация выбранного метода решения задачи**: применение выбранного алгоритма.
  - Этот этап включает в себя написание кода, настройку параметров моделей, выполнение вычислений.

Анализ данных:
этапы процесса решения задач

- **Проверка выбранного метода решения задачи**: верификация корректности полученного результата и оценка его качества.
  - Здесь проводится тестирование модели, анализ метрик производительности, проверка соответствия результатов исходным условиям и здравому смыслу;
- **Формулировка ответа**: представление результатов решения задачи в понятной и доступной форме.
  - Это может быть отчет, презентация, визуализация данных, рекомендация или готовый продукт;

Анализ данных:
этапы процесса решения задач

- **Учебно-познавательный анализ поставленной задачи и ее решения**: рефлексия над процессом решения, извлечение обучающих выводов и обобщение полученного опыта.
  - Этот этап включает в себя анализ допущенных ошибок, выявление лучших алгоритмов, осмысление примененных методов.

Цикл спецкурсов «Аналитика больших данных для математиков»: содержание и структура

- На **кафедре теоретической информатики** мех-мата МГУ более десяти лет назад был разработан цикл специальных курсов и практикумов под общим наименованием «**Аналитика больших данных для математиков**» («Data Science and Data Mining for Mathematicians»).

Цикл спецкурсов «Аналитика больших данных для математиков»: содержание и структура

- В рамках этого образовательного направления на базе имеющихся общих курсов, а также за счет введения новых междисциплинарных предметов, авторы осуществляют преподавание методов и алгоритмов для представления, моделирования и анализа больших наборов данных.
- Образовательная программа сочетает общие дисциплины с новыми междисциплинарными предметами.
- Среди полугодовых специальных курсов:
  - «Аналитика больших данных: основные алгоритмы»,
  - «Аналитика больших данных: дополнительные главы»,
  - «Модели данных и основы систем баз данных» и
  - «Современные технологии баз данных: от In-Memory до решений искусственного интеллекта».

Цикл спецкурсов «Аналитика больших данных для математиков»: содержание и структура

- Можно отметить следующие особенности предлагаемых спецкурсов. Они:
  - включают в себя и теоретическую, и практическую составляющие;
  - являются,
    - с одной стороны, взаимозависимыми (для полного понимания предметной области),
    - а с другой – не требуют обязательного предварительного изучения содержания остальных спецкурсов из предложенного набора;
  - отражают как уже ставшие классическими, проверенные временем модели и алгоритмы, так и актуальные современные взгляды, тенденции и понятия в области анализа данных.

Спецкурс «Аналитика больших данных: основные алгоритмы»

- Данный спецкурс знакомит студентов с современными достижениями в теории и практике обработки больших данных, выделяя методы выявления скрытых связей и закономерностей в разнородных массивах информации.
- Основные темы курса охватывают:
  - современные **методы хеширования и индексирования данных**,
  - **локально-чувствительное хеширование** (LSH) и его применение,
  - **методы оценки сходства объектов** (Euclidean distance, Hamming distance, cosine similarity и др.),
  - **кластеризацию и классификацию данных** (иерархические, k-means, BFR, CURE алгоритмы),
  - **алгоритмы поиска частых наборов элементов** (Apriori, PCY, SON),
  - **методы распараллеливания алгоритмов** обработки больших наборов данных (на примере MapReduce).
- Цель курса — сформировать у студентов глубокие знания и практические навыки, необходимые для эффективного интеллектуального анализа данных в условиях стремительно развивающихся технологий.

Спецкурс «Аналитика больших данных: основные алгоритмы»

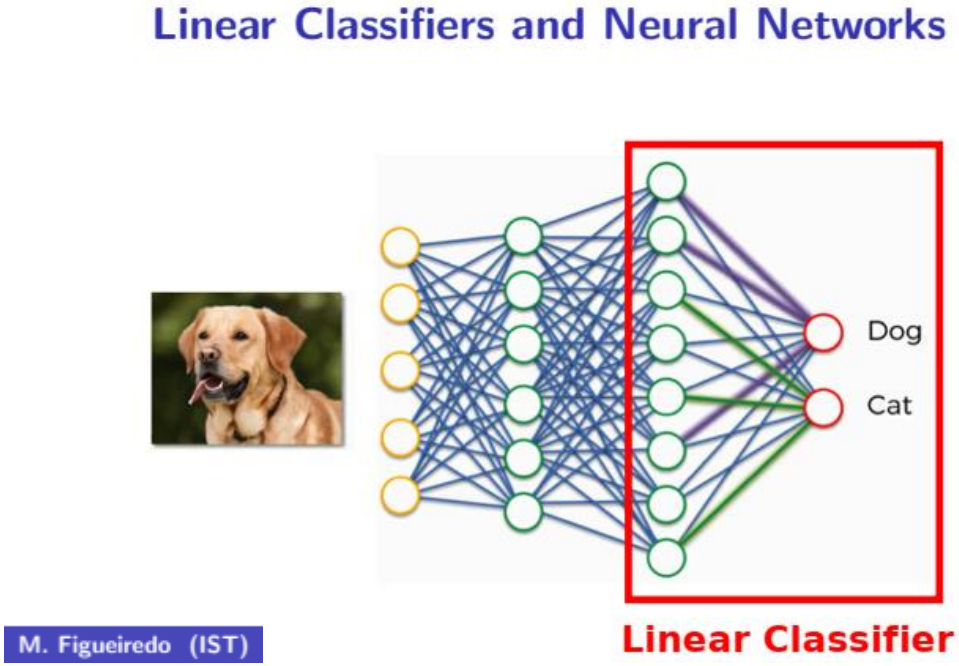
- Особый акцент сделан на изучении новых разработок в области **приближённого поиска ближайших соседей (ANN)**, таких как **высокоэффективные структуры данных (HNSW, FAISS)** и алгоритмы оптимизации поисковых индексов, включая **метод инвертированного индексирования файлов (Inverted File Indexing, IVF) для оптимизации работы векторных баз данных**.
- Эти подходы открывают значительные перспективы для внедрения в сферы рекомендательных систем, распознавания образов и анализа семантически близких документов.

Спецкурс «Аналитика больших данных: дополнительные главы»

- Курс ориентирован на углубленное изучение ключевых методов анализа больших данных, охватывающих как классические подходы, так и новейшие технологии в области аналитики. Основное внимание уделяется таким направлениям, как:
  - **ранжирование страниц**: применение PageRank, проблемы спама и ловушек поисковых роботов;
  - **рекомендательные системы**: разработка персонифицированных рекомендаций, работа с матрицами предпочтений и контентом;
  - **классификация и кластеризация**: методы сегментации пользователей и товаров, контент-аналитика и документальная классификация;
  - **снижение размерности**: техника сингулярного разложения и метода главных компонент, защита от переобучения.
- Курс ставит своей целью научить студентов глубоко понимать технологии анализа больших данных, овладеть необходимыми практическими навыками и уметь правильно выбирать инструменты для выполнения проектов.

Спецкурс «Аналитика больших данных: дополнительные главы»

- Основываясь на нашем опыте преподавания и наблюдениях за потребностями студентов, мы пришли к выводу о необходимости дополнить программу **углубленным изучением линейных моделей**, которые являются основой машинного обучения и служат важным шагом перед изучением более сложных архитектур.



Спецкурс «Аналитика больших данных: дополнительные главы»

- Несмотря на повсеместное распространение глубоких нейронных сетей (DNN), мы убеждены, что **освоение линейных моделей является критически важным для студентов математических специальностей** по ряду причин:
  - **фундаментальность концепций**: базовые концепции машинного обучения, такие как обучение с учителем, функция потерь, оптимизация, сохраняются вне зависимости от сложности модели;
  - **теоретическая доступность**: теоретические основы линейных моделей, связанные со статистикой и оптимизацией, значительно проще для понимания студентов, что создает прочную базу для дальнейшего изучения более сложных методов;
  - **актуальность и практическое применение**: линейные модели по прежнему широко используются на практике, особенно в ситуациях, когда объемы данных ограничены, или требуется высокая интерпретируемость результатов;
  - **структурная связь с DNN**: линейные модели являются составным компонентом многих современных архитектур, включая глубокие нейронные сети, где они часто выступают в качестве выходных слоев или промежуточных преобразований.

Спецкурс «Модели данных и основы систем баз данных»

- Данный спецкурс охватывает широкий круг вопросов, начиная от базовых понятий моделирования данных и заканчивая принципами нормализации и проектированием структур баз данных. Изучаемые темы включают:
  - освоение фундаментальных концепций **моделей данных**, включая иерархическую, сетевую и реляционную;
  - понимание основ функционирования основных компонентов **системы управления базами данных** (СУБД);
  - изучение принципов построения запросов и выполнения операций над данными средствами **языка SQL**;
  - овладение методами анализа **функциональной зависимости** атрибутов и алгоритмами **нормализации схем отношений**;
  - развитие компетенций в **проектировании эффективных структур данных**, обеспечивающих целостность и эффективность обработки информации.
- Цель курса состоит в формировании глубоких теоретических знаний и практических навыков студентов в области проектирования и эксплуатации баз данных, основанных на современных моделях данных и системах управления ими.

Спецкурс «Модели данных и основы систем баз данных»

- Одним из важных аспектов курса является активное использование СУБД PostgreSQL, которая:
  - играет ведущую роль в поддержке технологического суверенитета России;
  - является идеальным инструментом для демонстрации современных реляционных моделей данных и возможностей языка SQL, позволяя студентам эффективно освоить практические навыки разработки и администрирования баз данных.

Спецкурс «Современные технологии баз данных: от In-Memory до решений искусственного интеллекта»

- Программа курса посвящена исследованию архитектуры и методов реализации **высокопроизводительных баз данных, включая In-Memory, NoSQL, NewSQL и базы данных распределённого реестра (блокчейн)**.
- Основное внимание уделяется решению актуальных вопросов обработки данных на корпоративном уровне и новым технологиям управления информацией.
- Цель курса – подготовить высококвалифицированных специалистов:
  - обладающих глубокими знаниями и навыками проектирования и эксплуатации современных корпоративных приложений и баз данных;
  - способных эффективно решать реальные бизнес-задачи;
  - востребованными в условиях цифровой экономики.

Спецкурс «Современные технологии баз данных: от In-Memory до решений искусственного интеллекта»

- Ключевые нововведения:
  - **поддержка цифровых инициатив**: включены актуальные обновления, отражающие современные тенденции развития отрасли, такие как эффективные подходы к обработке больших объёмов данных;
  - **цифровой суверенитет**: представлены материалы о ведущей роли отечественной СУБД PostgreSQL в поддержке технологического суверенитета и снижении зависимости российских компаний от импортных решений;
  - **интеграция ИИ и облачных технологий**: рассмотрены концепции автономного управления базами данных с применением ИИ, адаптивной настройки и поддержки запросов, связанных с обработкой данных ИИ, а также специфика работы баз данных в облачной инфраструктуре;
  - **векторные базы данных**: изучаются специальные структуры данных и новые типы индексов, разработанные специально для ускорения работы приложений искусственного интеллекта, включая специализированные средства для хранения и быстрого поиска векторов, используемых в системах машинного обучения и анализа больших данных.

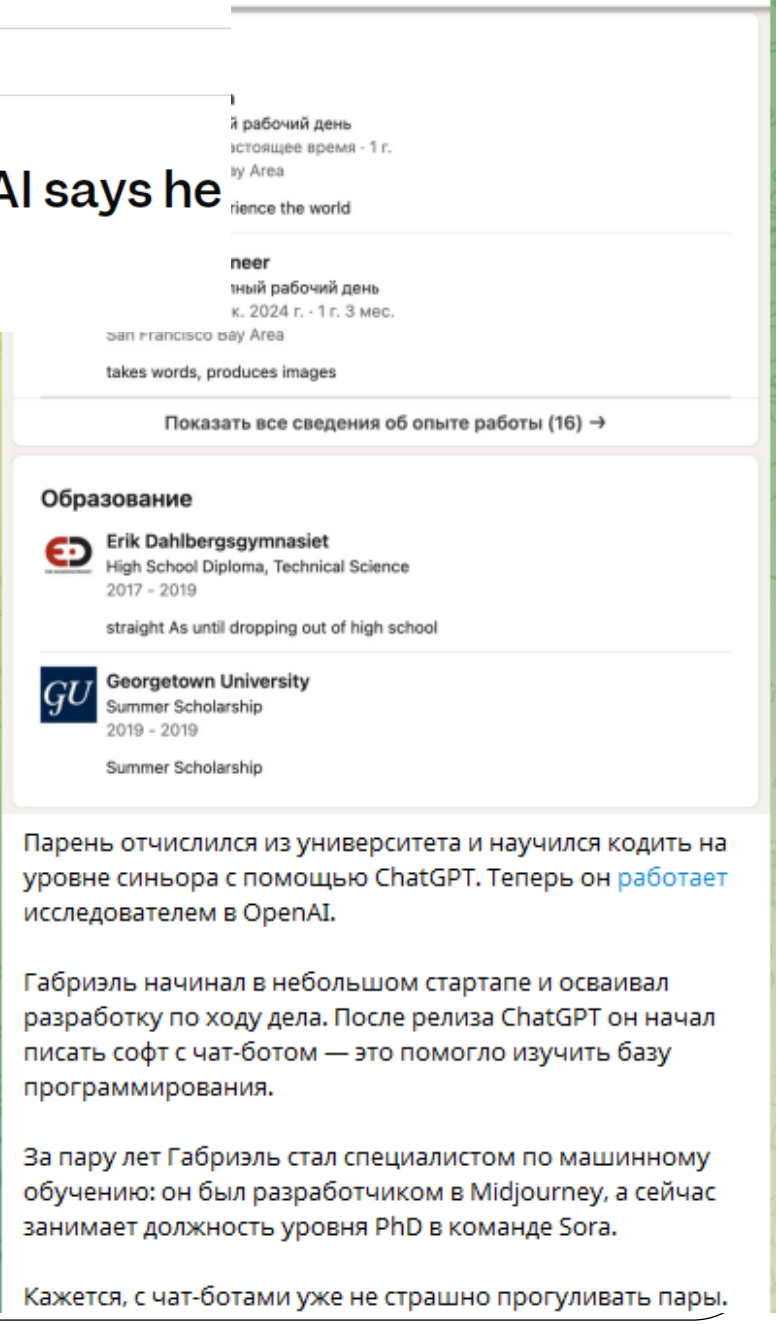
ИИ: кого нужно готовить?

BUSINESS INSIDER

AI

A high school dropout who got hired at OpenAI says he used ChatGPT to learn Ph.D.-level AI

By Lee Chong Ming



й рабочий день
стоящее время · 1 г.
y Area
rience the world

neer
ный рабочий день
к. 2024 г. · 1 г. 3 мес.
San Francisco Bay Area

takes words, produces images

Показать все сведения об опыте работы (16) →

Образование

Erik Dahlbergsgymnasiet
High School Diploma, Technical Science
2017 - 2019

straight As until dropping out of high school

Georgetown University
Summer Scholarship
2019 - 2019

Summer Scholarship

Парень отчислился из университета и научился кодить на уровне синьора с помощью ChatGPT. Теперь он работает исследователем в OpenAI.

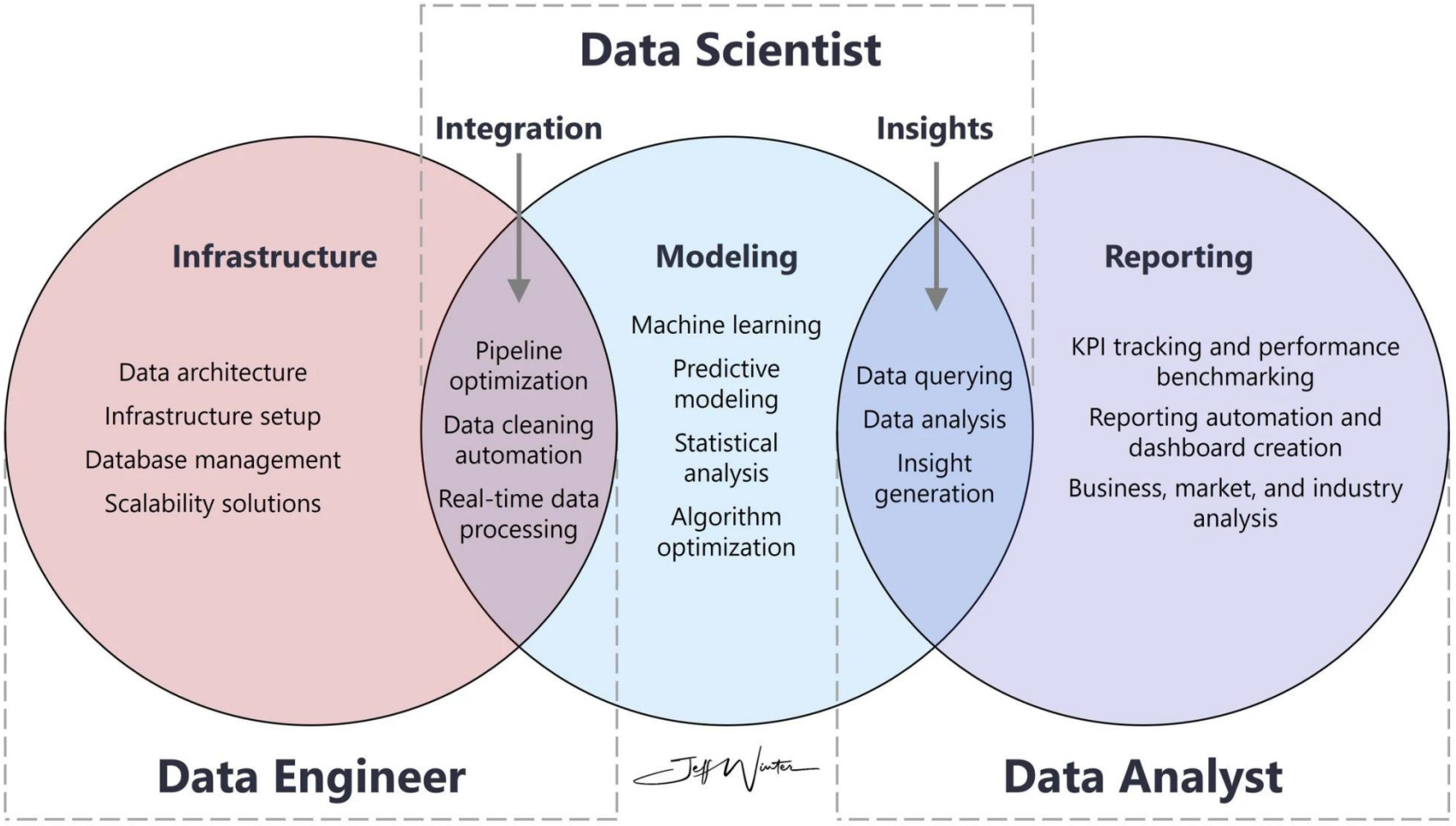
Габриэль начинал в небольшом стартапе и осваивал разработку по ходу дела. После релиза ChatGPT он начал писать софт с чат-ботом — это помогло изучить базу программирования.

За пару лет Габриэль стал специалистом по машинному обучению: он был разработчиком в Midjourney, а сейчас занимает должность уровня PhD в команде Sora.

Кажется, с чат-ботами уже не страшно прогуливать пары.

- В настоящее время подготовка специалистов по искусственному интеллекту (ИИ), методам машинного обучения, интеллектуальному анализу данных и работе с большими данными становится все более востребованной и распространенной.
  - **Однако существующее обучение зачастую имеет скорее прикладную, а не фундаментальную направленность.**
  - В то же время становится понятным, что **успехи, достигнутые в совершенствовании методов искусственного интеллекта, в частности в машинном обучении, еще не являются основой для построения полноценной научной теории** в исследуемой предметной области.
- Мы развиваем свою образовательную траекторию, ориентированную **на подготовку ученых по данным.**

Статус ученого по данным

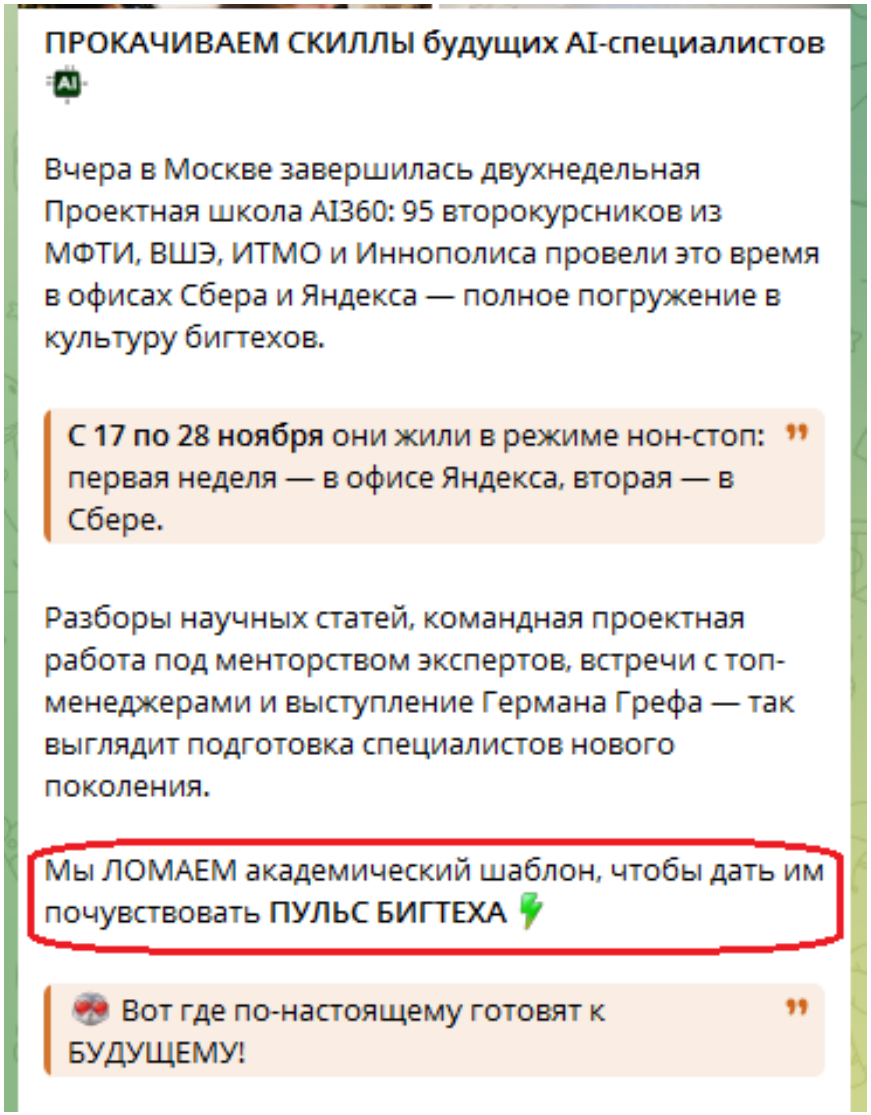


Adaptation of the data science diagram created by Kevin Schmidt in Towards Data Science, 2015

ИИ: от исследований к реализации

- Развитие современных технологий искусственного интеллекта активно стимулируется увеличением вычислительных мощностей, таких как GPU, объемы памяти и доступ к электроэнергии. **Эти факторы обусловливают переход научных исследований из академической среды университетов в крупные корпорации, обладающие ресурсами для масштабирования моделей машинного обучения**.
- Концентрация инноваций в крупных компаниях формирует новую парадигму развития науки и технологий, смещающую традиционные модели финансирования и организации исследовательской деятельности.

ИИ: от исследований к реализации



ПРОКАЧИВАЕМ СКИЛЛЫ будущих AI-специалистов

Вчера в Москве завершилась двухнедельная Проектная школа AI360: 95 второкурсников из МФТИ, ВШЭ, ИТМО и Иннополиса провели это время в офисах Сбера и Яндекса — полное погружение в культуру бигтехов.

> **С 17 по 28 ноября** они жили в режиме нон-стоп: первая неделя — в офисе Яндекса, вторая — в Сбере.

Разборы научных статей, командная проектная работа под менторством экспертов, встречи с топ-менеджерами и выступление Германа Грефа — так выглядит подготовка специалистов нового поколения.

Мы ЛОМАЕМ академический шаблон, чтобы дать им почувствовать **ПУЛЬС БИГТЕХА**

> Вот где по-настоящему готовят к БУДУЩЕМУ!

ИИ: от исследований к реализации

- Вероятно, возврат к университетскому уровню возможен в среднесрочной перспективе, но это потребует значительных изменений как в инфраструктурных возможностях самих вузов, так и в общей культуре корпоративного сотрудничества. **Университеты станут центром развития ИИ тогда, когда доступность вычислительной мощности сравняется либо же изменится сама природа ИИ-исследований.**
- А пока, остается лишь разработка эффективных подходов к обучению малых моделей или попытаться переместиться в сторону фундаментальных вопросов теории ИИ.

ИИ:
место Университета в настоящее время

- Университет вечен, а аншлаг в сфере ИИ нет, поэтому поддержка фундамента в области ИТ находится в наших руках;
- Мы готовим МОЗГИ, а не специалистов для быстро меняющегося ИИ-бизнеса (здесь нам за бигтехом не угнаться, да и не надо);
- Мы анализируем ситуацию с фундаментальной точки зрения (**базис — Наука о данных**), и видим **свою задачу в участии в научных исследованиях**, а не в соревновании в сфере технологий (это оставим IT-инженерам!).

Заключение

- Авторы в своей педагогической деятельности стараются твердо придерживаться **принципа фундаментальности изложения материала, когда наука идет впереди практики**.
- Для нас главное – это то, что **полученные в процессе обучения знания**, а не только навыки, далее **могут активно применяться выпускниками университета как в фундаментальной науке, так и в широком круге приложений, работающих с большими данными и ИИ**.