

Искусственный интеллект и машинное обучение

Воронцов Константин Вячеславович

д.ф.-м.н., профессор РАН,
руководитель лаборатории Машинного интеллекта МФТИ

k.v.vorontsov@phystech.edu

Докладчик: *Воронцов Константин Вячеславович*

http://www.MachineLearning.ru/wiki?title=User:Vokov

<http://www.MachineLearning.ru/wiki?title=User:Vokov>

Участник:Vokov

Воронцов Константин Вячеславович

профессор РАН, д.ф.-м.н.,
руководитель [лаборатории машинного интеллекта МФТИ](#),
проф. каф. «Интеллектуальные системы» [ФУПМ МФТИ](#),
с.н.с. отдела «Интеллектуальные системы» [Вычислительного центра ФИЦ ИУ РАН](#),
доц. каф. «Математические методы прогнозирования» [ВМК МГУ](#),
преподаватель [Школы анализа данных Яндекса](#),
зам. директора по науке [ЗАО «Форексис»](#), www.forecsys.ru,
один из идеологов и [Администраторов](#) ресурса [MachineLearning.RU](#),
прочие подробности — на подстранице [Curriculum vitae](#).

- [Профиль ORCID = 0000-0002-4244-4270](#)
- [Профиль SCOPUS ID = 6507982932](#)
- [Профиль WoS ResearcherID = G-7857-2014](#)
- [Профиль Google Scholar](#)
- [Профиль DBLP](#)
- [Профиль РИНЦ ID = 15081](#)
- [Профиль в системе ИСТИНА](#)
- [Профиль MathNet.ru](#)

[Мне можно написать письмо.](#)

Содержание [убрать]

- 1 Учебные материалы
 - 1.1 Курсы лекций
 - 1.2 Рекомендации для студентов и аспирантов
- 2 Интервью
 - 2.1 Российский радиоуниверситет, Радио России
 - 2.2 Газеты, журналы, электронные СМИ
 - 2.3 Видеоинтервью
- 3 Доклады на конференциях и семинарах
- 4 Научные интересы
 - 4.1 Анализ текстов и информационный поиск
 - 4.2 Диагностика заболеваний по ЭКГ
 - 4.3 Теория обобщающей способности
 - 4.4 Комбинаторная (перестановочная) статистика
 - 4.5 Прогнозирование объёмов продаж
 - 4.6 Другие проекты и семинары
- 5 Публикации
- 6 Софт
- 7 Аспиранты и студенты
 - 7.1 Бакалаврские диссертации
 - 7.2 Магистерские диссертации

Искусственный интеллект и машинное обучение

1. Задачи, возможности и ограничения машинного обучения

- Бум искусственного интеллекта и нейронных сетей
- Постановки задач и терминология машинного обучения
- Примеры задач машинного обучения

2. Методология машинного обучения

- Обучение и переобучение
- Нейронные сети и глубокое обучение
- Методология решения прикладных задач

3. Проблемы и перспективы применения

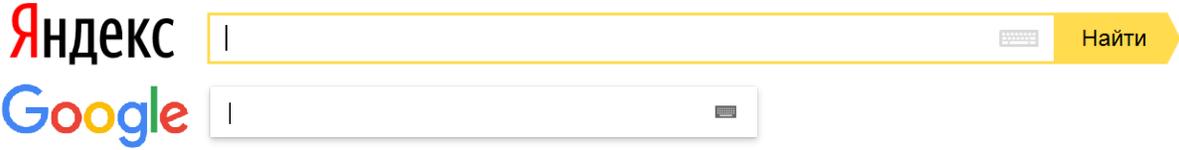
- Особенности данных и прикладных постановок задач
- Мифы об искусственном интеллекте
- Перспективные направления машинного обучения

«Четвёртая технологическая революция строится на вездесущем и мобильном Интернете, *искусственном интеллекте* и *машинном обучении*» (2016)

Клаус Мартин Шваб,
президент Всемирного
экономического форума



Технологии ИИ, которые меняют мир



Бум искусственного интеллекта

1997: IBM Deep Blue обыграл чемпиона мира по шахматам

2005: Беспилотный автомобиль: DARPA Grand Challenge

2006: Google Translate – статистический машинный перевод

2011: 40 лет DARPA CALO привели к созданию Apple Siri

2011: IBM Watson победил в ТВ-игре «Jeopardy!»

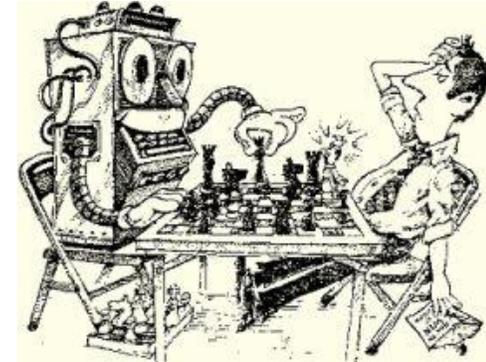
2011–2018: ImageNet: 25% → 2,5% ошибок против 5% у людей

2015: Фонд OpenAI в \$1 млрд. Илона Маска и Сэма Альтмана

2016: DeepMind, OpenAI: динамическое обучение играм Atari

2016: Google DeepMind обыграл чемпиона мира по игре го

2017: OpenAI обыграл чемпиона мира по компьютерной игре Dota 2

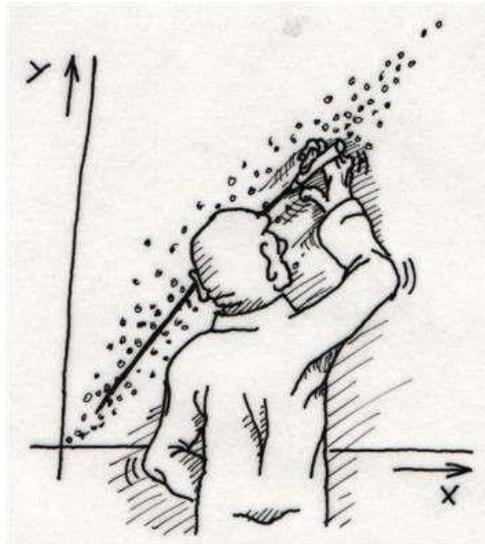
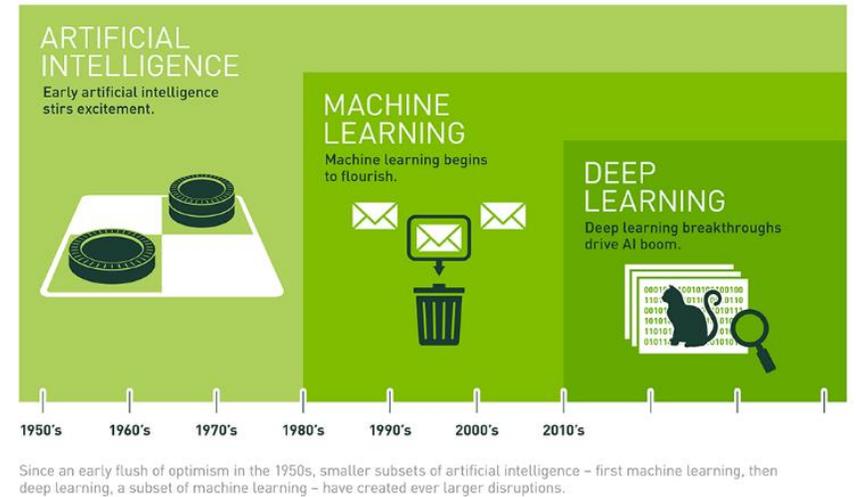


Машинное обучение, большие данные «и много других страшных слов»

- Статистический анализ данных (Statistical Data Analysis)
- Искусственный интеллект (Artificial Intelligence) 1955
- Распознавание образов (Pattern Recognition)
- Машинное обучение (Machine Learning) 1959
- Статистическое обучение (Statistical Learning)
- Интеллектуальный анализ данных (Data Mining) 1989
- Машинный интеллект (Machine Intelligence) 2000
- Бизнес-аналитика (Business Intelligence, Business Analytics)
- Предсказательная аналитика (Predictive Analytics) 2007
- Большие данные (Big Data) 2008
- Аналитика больших данных (Big Data Analytics)
- Наука о данных (Data Science) 2011

Машинное обучение (Machine Learning, ML)

- одна из ключевых информационных технологий будущего
- наиболее успешное направление ИИ, вытеснившее экспертные системы и инженерию знаний



- проведение функции через заданные точки в сложно устроенных пространствах
- математическое моделирование в условиях, когда знаний мало, данных много
- тысячи различных методов и алгоритмов
- около 100 000 научных публикаций в год

Задача машинного обучения с учителем

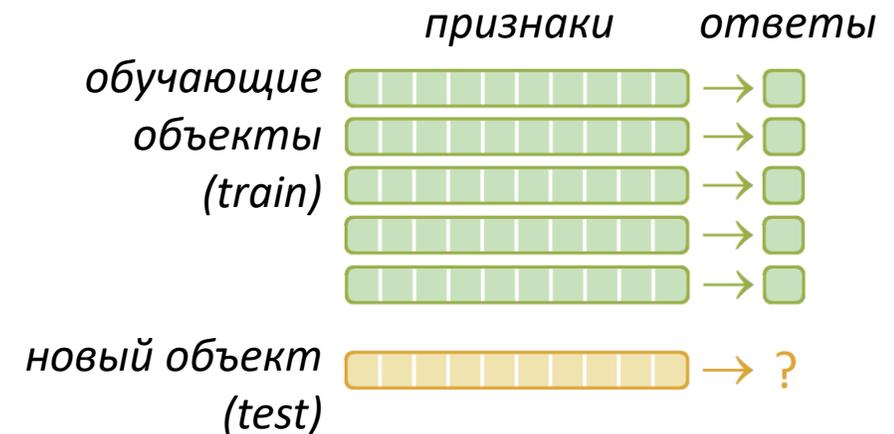
Этап №1 – обучение с учителем

- **На входе:**
данные – выборка прецедентов «*объект* → *ответ*»,
каждый объект описывается набором *признаков*
- **На выходе:**
модель, предсказывающая ответ по объекту

Если нет данных,
то нет
и машинного
обучения

Этап №2 – применение

- **На входе:**
данные – новый объект
- **На выходе:**
предсказание ответа на новом объекте



Примеры задач машинного обучения

- **Медицинская диагностика:**

объект – данные о пациенте на текущий момент

ответ – диагноз / лечение / риск исхода



- **Поиск месторождений полезных ископаемых:**

объект – данные о геологии района

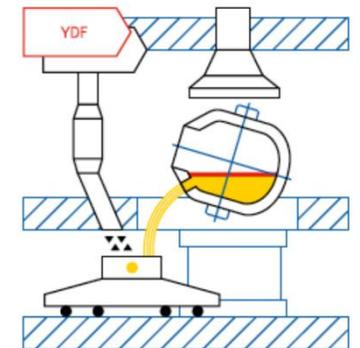
ответ – есть/нет месторождение



- **Управление технологическими процессами:**

объект – данные о сырье и управляющих параметрах

ответ – количество/качество полезного продукта



Примеры задач ML в бизнесе

- **Кредитный скоринг:**

объект – данные о заёмщике

ответ – решение по кредиту & вероятность дефолта



- **Предсказание оттока клиентов:**

объект – данные о клиенте на момент времени t

ответ – уйдёт ли клиент к моменту времени $t + \Delta$



- **Прогнозирование объёмов продаж:**

объект – данные о продажах на момент времени t

ответ – объём спроса в интервале от t до $t + \Delta$



Примеры задач ML в интернет-сервисах

- **Информационный поиск в Интернете:**

объект – данные о паре «запрос и документ»

ответ – оценка релевантности документа запросу



- **Продажа рекламы в Интернете:**

объект – данные о тройке «пользователь, страница, баннер»

ответ – оценка вероятности клика (CTR, Click-Through Rate)

- **Рекомендательные системы в Интернете / TV:**

объект – данные о паре «пользователь, товар / фильм»

ответ – оценка вероятности покупки / просмотра



Примеры задач ML в LegalTech

- **Поиск схожей судебной практики:**

объект – текст иска, акта или обращения заявителя

ответ – ранжированный список схожих дел



- **Рекомендательный сервис:**

объект – пара «описание дела, профиль юриста/фирмы»

ответ – ранжированный список консультантов



- **Предсказание судебного решения:**

объект – описание дела, документы по делу

ответ – вероятность выиграть дело



Примеры задач с не векторными данными

- **Статистический машинный перевод:**

объект – предложение на естественном языке

ответ – его перевод на другой язык

- **Перевод речи в текст:**

объект – аудиозапись речи человека

ответ – текстовая запись речи

- **Компьютерное зрение:**

объект – динамика сцены в видеопоследовательности

ответ – решение (объехать, остановиться, игнорировать)

*Прогресс в этих
областях связан с
«большими данными»
(англ. «Big Data»)*

...очень важное уточнение:

***с аккуратными
большими данными***

Искусственный интеллект и машинное обучение

1. Задачи, возможности и ограничения машинного обучения
 - Бум искусственного интеллекта и нейронных сетей
 - Постановки задач и терминология машинного обучения
 - Примеры задач машинного обучения
2. **Методология машинного обучения**
 - **Обучение и переобучение**
 - **Нейронные сети и глубокое обучение**
 - **Методология решения прикладных задач**
3. Проблемы и перспективы применения
 - Особенности данных и прикладных постановок задач
 - Мифы об искусственном интеллекте
 - Перспективные направления машинного обучения

Обучение – это технология оптимизации

x – вектор объекта обучающей выборки

w – параметры модели

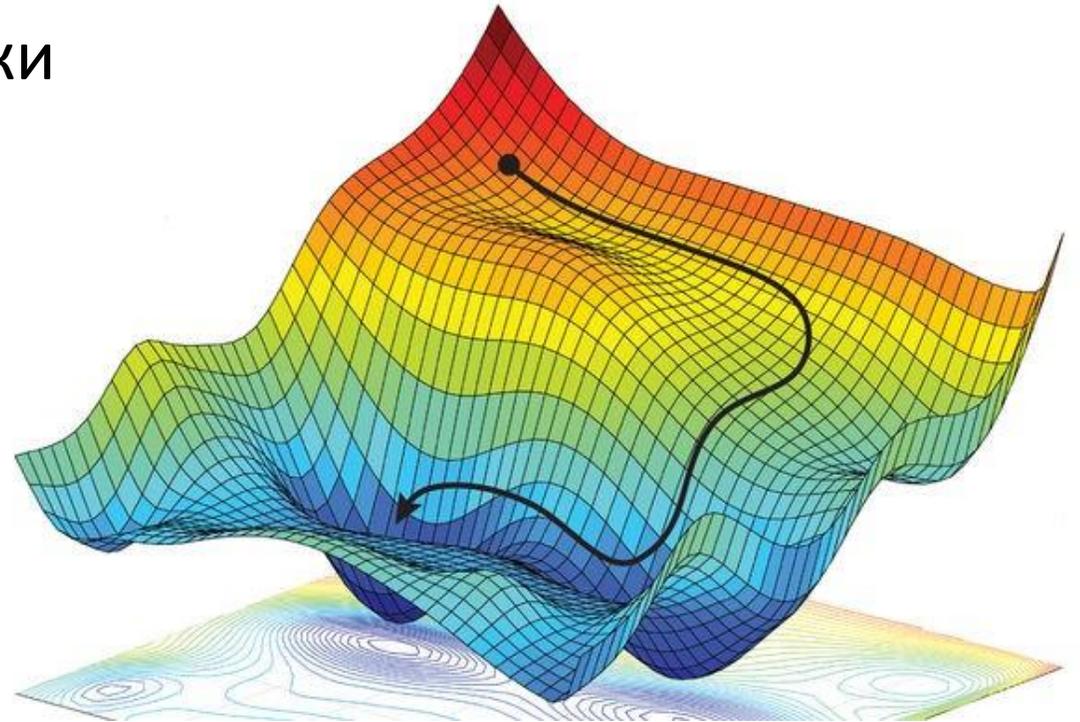
$\text{Loss}(x, w)$ – функция потерь модели

$Q(w)$ – критерий качества модели

Задача обучения модели:

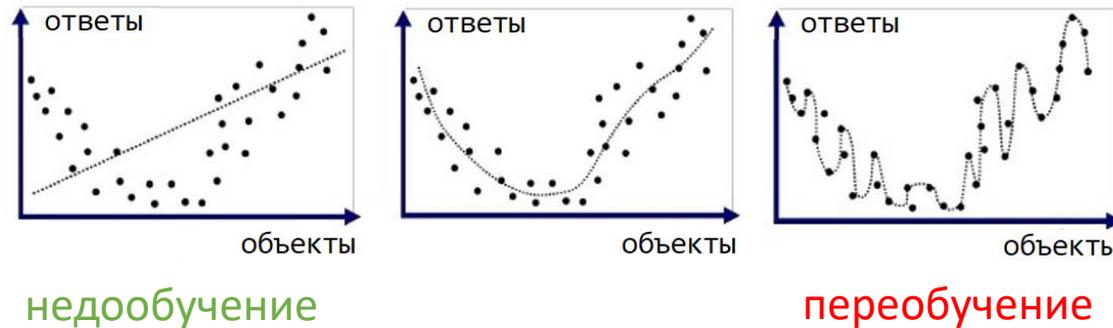
$$Q(w) = \sum_x \text{Loss}(x, w) \rightarrow \min$$

Способ решения – численные методы оптимизации

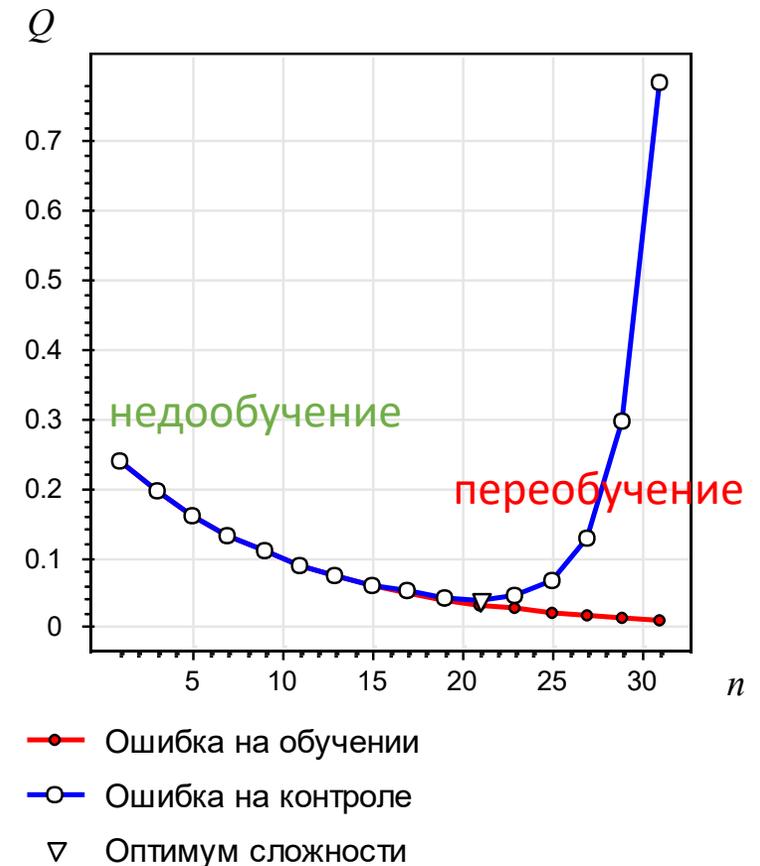


Переобучение – основная трудность ML

Причина переобучения – избыточная сложность модели



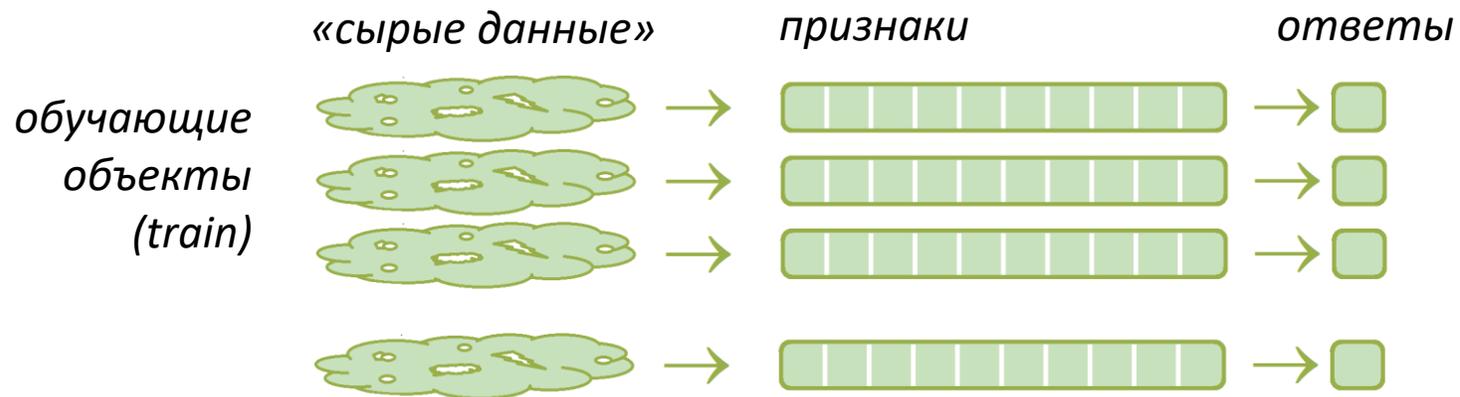
- **Внутренние критерии:**
для оптимизации параметров модели
- **Внешние критерии:**
для оценивания обобщающей способности модели и контроля *переобучения*



Глубокие нейронные сети

Вход: сложно структурированные «сырые» данные объектов

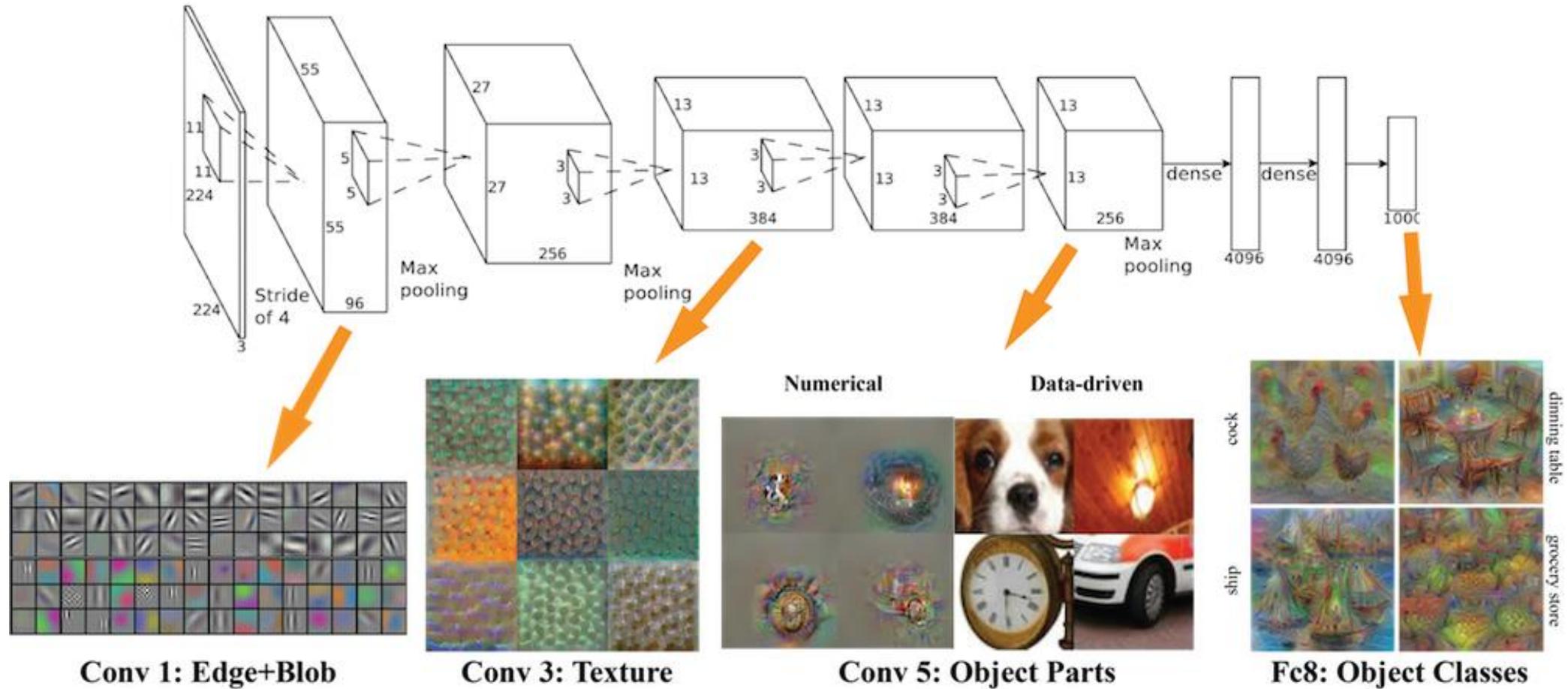
Выход: векторные представления объектов и ответы



*Deep Learning – это
всего лишь обучаемая
векторизация
сложных объектов*

Примеры сложно структурированных объектов:
изображения, видео, временные ряды, тексты, транзакции, графы, ...

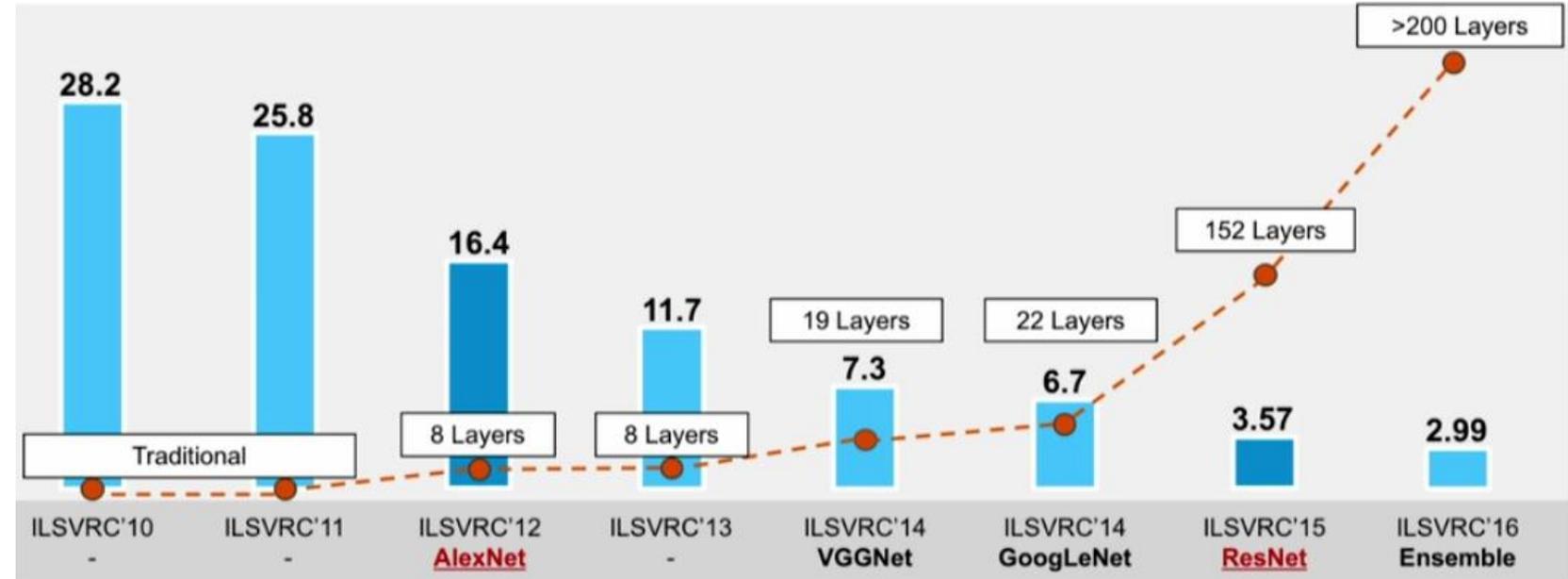
Глубокие нейронные сети для классификации изображений



Роль больших данных

ImageNet: открытая выборка 15М изображений, 20К категорий

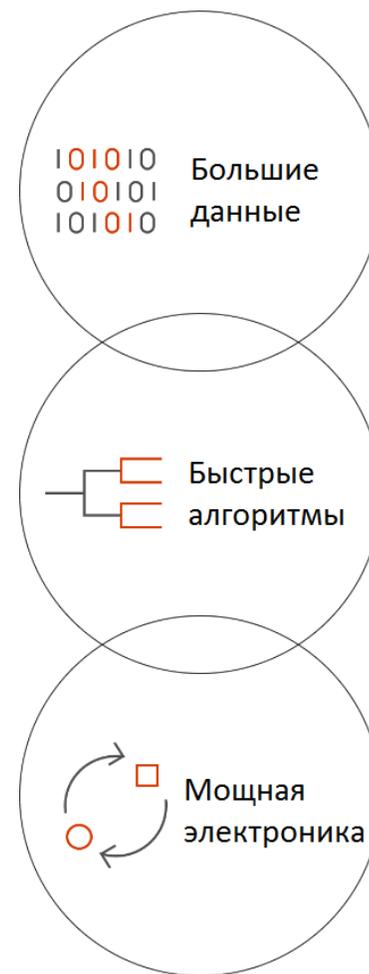
IMAGENET



Старт в 2009 г. Человеческий уровень ошибок 5% пройден в 2015 г.

Три составляющих успеха Deep Learning

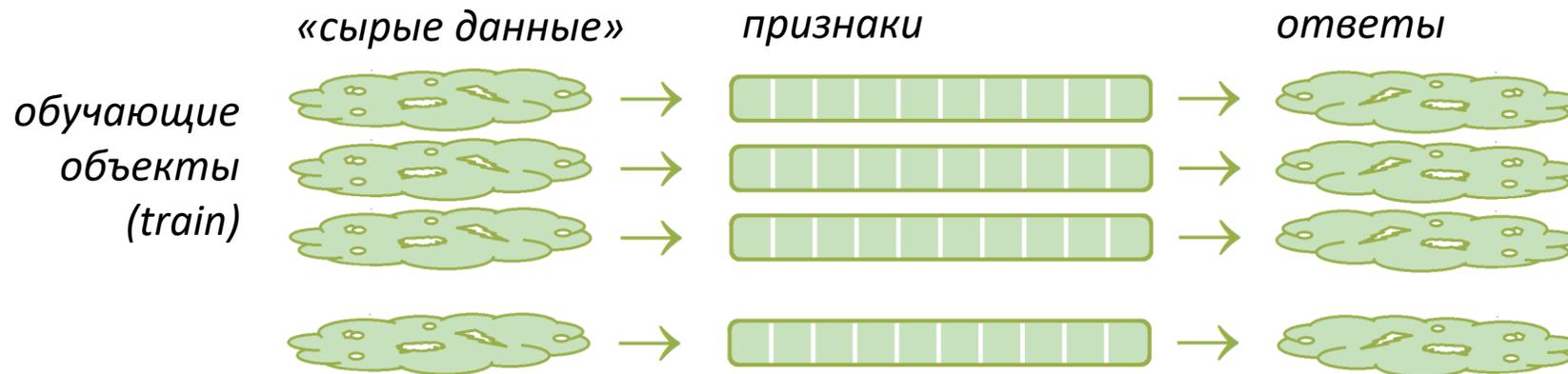
- Повсеместное применение компьютерных технологий
→ *накопление больших выборок данных*
в частности, ImageNet
- Развитие математических методов и алгоритмов
→ *накопление критической массы опыта*
методы оптимизации, контроль переобучения
- Достижения микроэлектроники
→ *рост вычислительных мощностей по закону Мура*
в частности, GPU



Нейронные сети для синтеза объектов

Вход: сложно структурированные объекты

Выход: сложно структурированные ответы



Примеры: синтез изображений, перенос стиля, машинный перевод, суммаризация текстов

Модели: seq2seq, CNN, RNN, LSTM, GAN, BERT, GPT-3 и др.

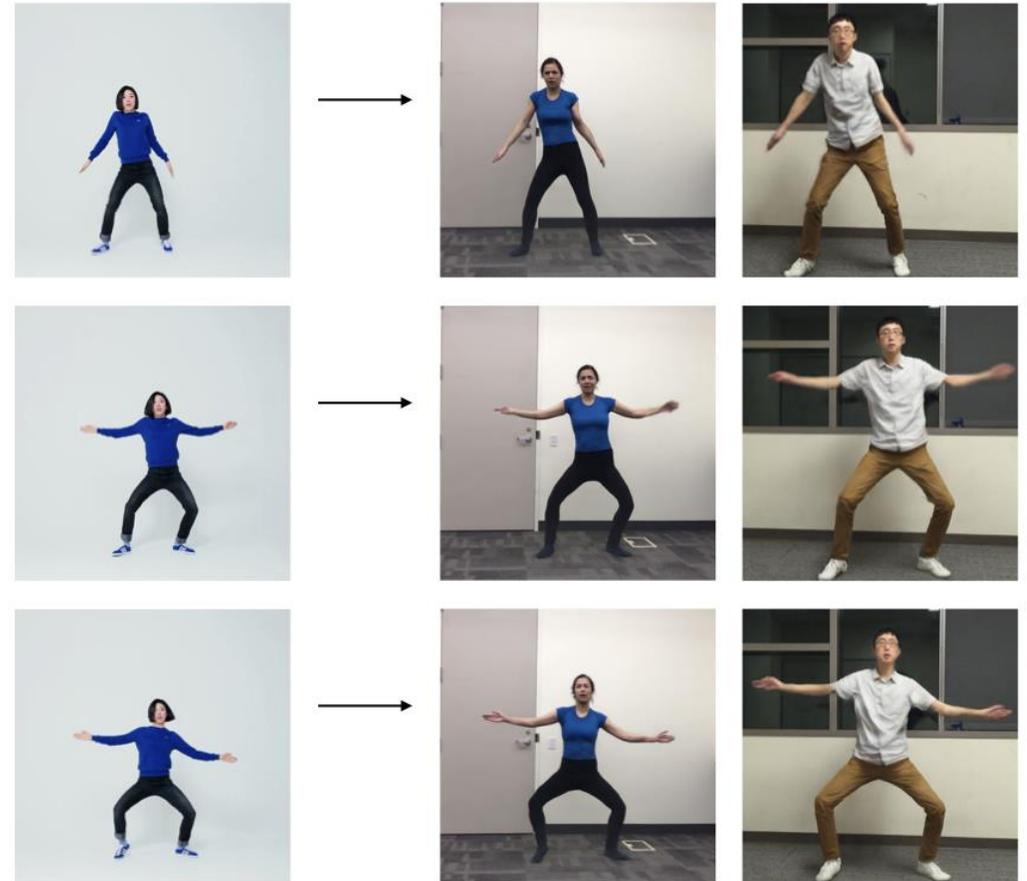
Синтез изображений и видео



(d) input image

(e) output 3d face

(f) textured 3d face



Source Subject

Target Subject 1

Target Subject 2

Особенности реальных данных

В реальных приложениях данные бывают ...

- разнородные (признаки измерены в разных шкалах)
- неполные (признаки измерены не все, имеются пропуски)
- неточные (признаки измерены с погрешностями)
- противоречивые (объекты одинаковые, ответы разные)
- избыточные (сверхбольшие, не помещаются в память)
- недостаточные (объектов меньше, чем признаков)
- неструктурированные (нет признаковых описаний)
- «грязные» (ошибочные, грубо не соответствующие истине)

*со всем этим
можно
работать*

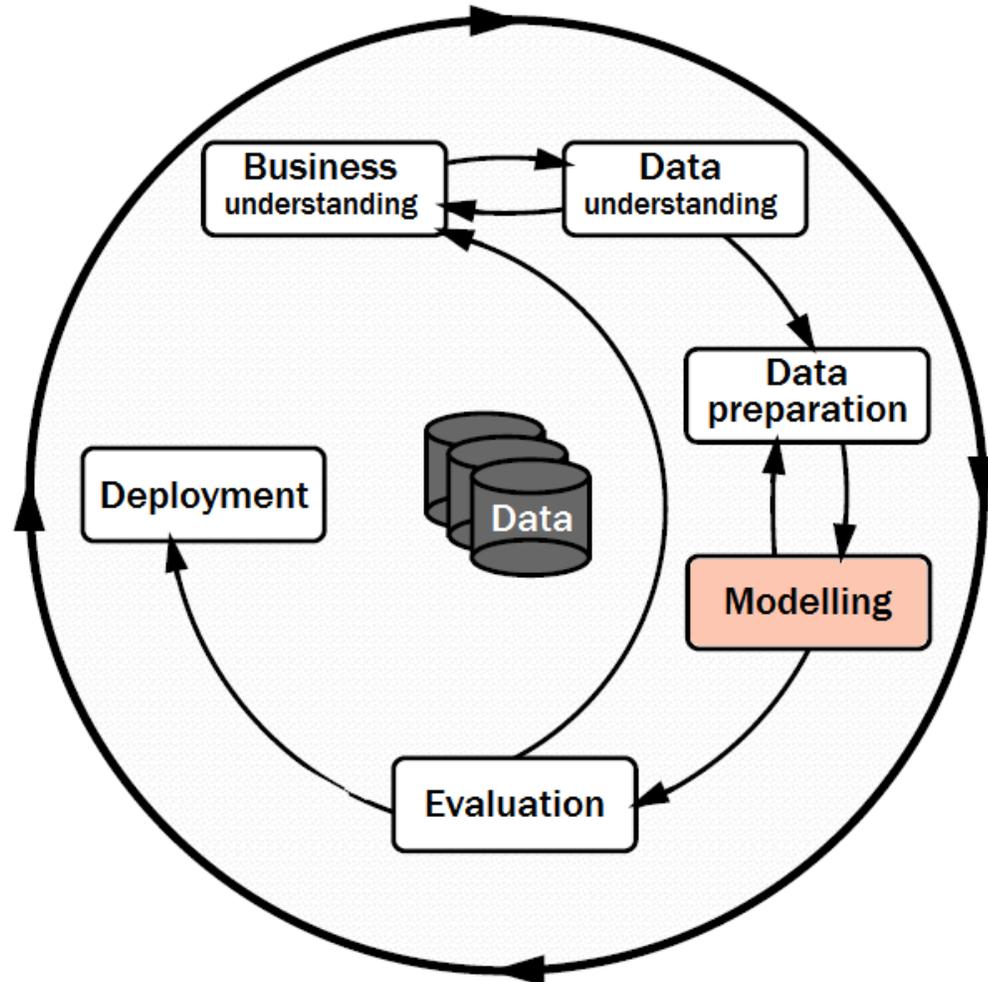


*но только не
с грязными
данными!*



Этапы решения задач ML/DS/AI

CRISP-DM: Cross Industry Standard Process for Data Mining (1999)

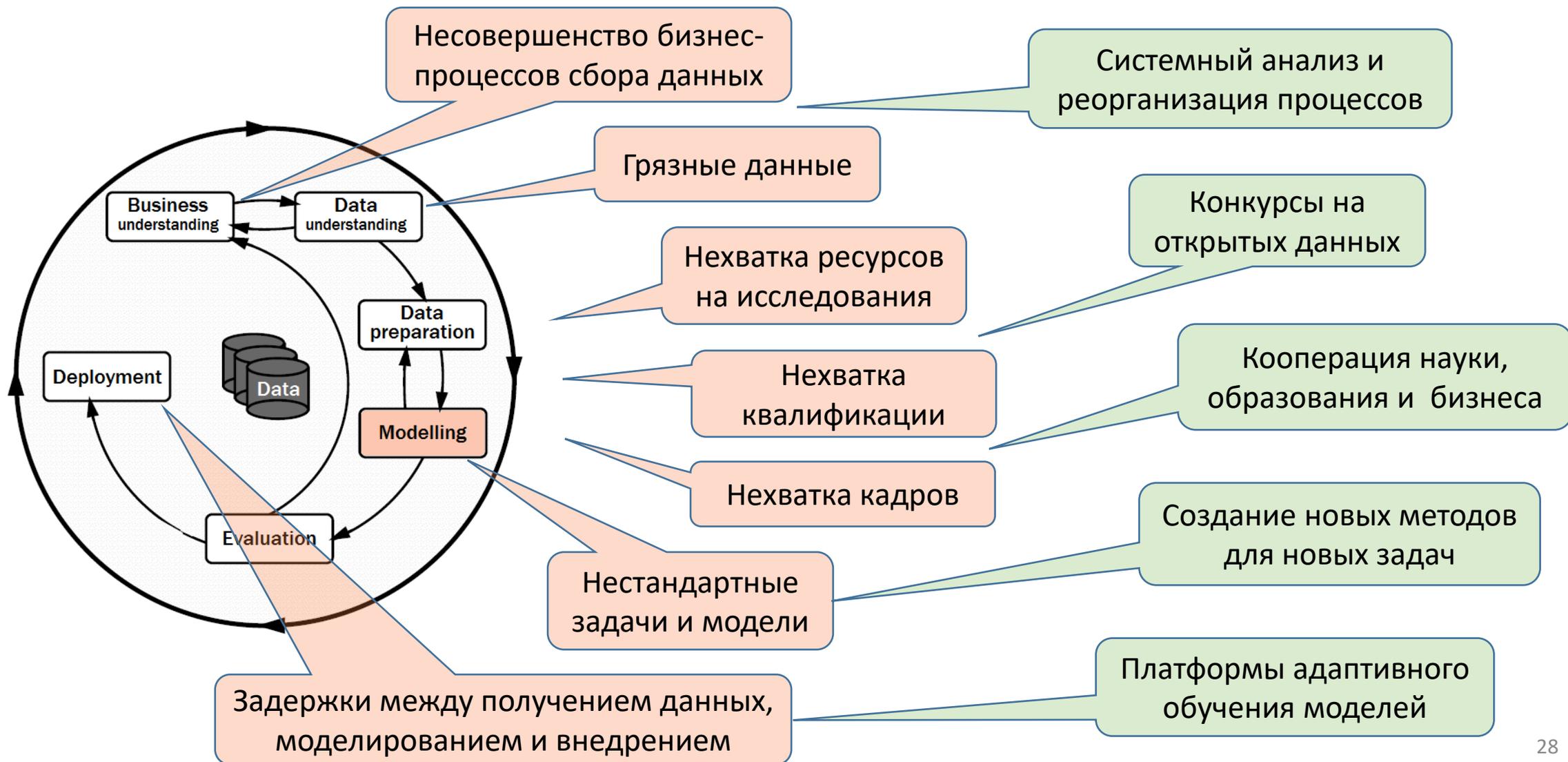


- понимание бизнес-задач
- понимание данных
- предобработка данных
- инженерия признаков
- построение моделей
- оптимизация параметров
- контроль переобучения
- (кросс-)валидация решения
- внедрение и эксплуатация

Искусственный интеллект и машинное обучение

1. Задачи, возможности и ограничения машинного обучения
 - Бум искусственного интеллекта и нейронных сетей
 - Постановки задач и терминология машинного обучения
 - Примеры задач машинного обучения
2. Методология машинного обучения
 - Обучение и переобучение
 - Нейронные сети и глубокое обучение
 - Методология решения прикладных задач
3. Проблемы и перспективы применения
 - Решение прикладных задач на практике
 - Мифы об искусственном интеллекте
 - Перспективные направления машинного обучения

Факторы риска и точки приложения силы



Необходимые условия применения ИИ

- **Полнота, чистота, достоверность данных**
 - Автоматизация бизнес-процессов
 - Улучшение качества данных (от «цифрового чучела» к цифровому двойнику)
 - Трудовая и технологическая дисциплина
- **Культура постановки задач**
 - Предметная экспертиза вместо «абстрактной веры во всемогущий ИИ»
 - Понимание бизнес-целей и их формализация через количественные KPI
 - Готовность пилотировать новые технологии
- **Культура анализа данных**
 - Владение средствами визуализации и понимания данных
 - Тщательный анализ ошибок при выборе моделей
 - Умение находить «простые но гениальные» решения

Рынок труда в области анализа данных

Инженер по данным (Data Engineer)

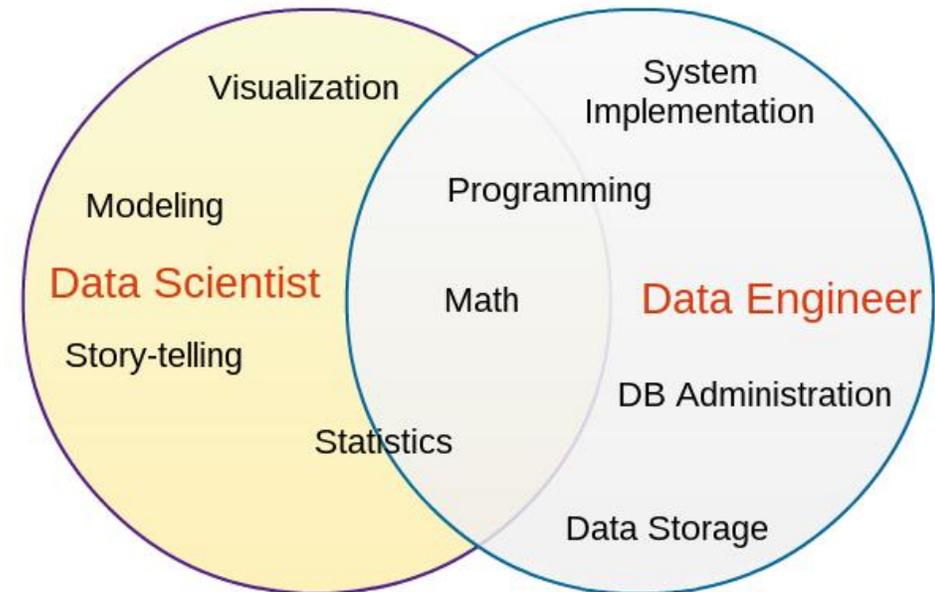
- Понимает бизнес-процессы, порождающие данные
- Работает с данными в различных форматах
- Визуализирует, понимает, очищает, готовит данные

Исследователь данных (Data Scientist)

- Моделирует, строит признаки (feature engineering)
- Выбирает модели и методы, оценивает решения
- Ходит по кругу CRISP-DM

Менеджер проектов по анализу данных

- Организует бизнес-процессы сбора и очистки данных
- Видит бизнес задачи и формализует их в терминах «Дано-Найти-Критерий»
- Организует открытые конкурсы и пилотные проекты
- Оценивает сложность задач и трудозатраты



Миф №1

«Сейчас наблюдается прорыв в области Искусственного Интеллекта»

- Нет, это лишь прорыв в технологиях глубоких нейронных сетей
- Точнее, в технологиях эффективного решения задач численной оптимизации больших размерностей
- Прикладной потенциал этих технологий намного шире «ИИ»

Миф №2

«Скоро будет создан Общий Искусственный Интеллект (GAI)»

- Пока создаётся лишь функциональный **ИИ = Имитация Интеллекта**
- Artificial Intelligence – это мечта учёных, поэтичное название перспективного научного направления, придуманное в 1955 г.

Отличия естественного биологического интеллекта:

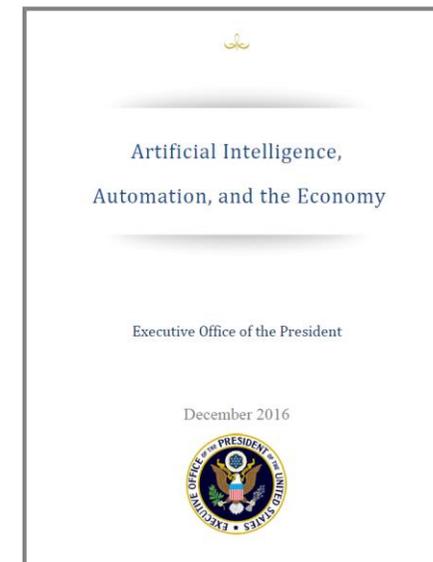
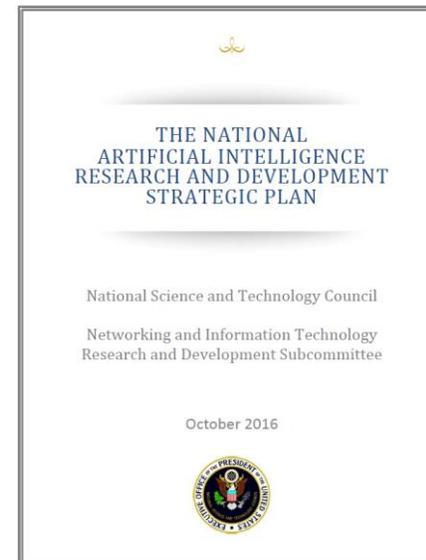
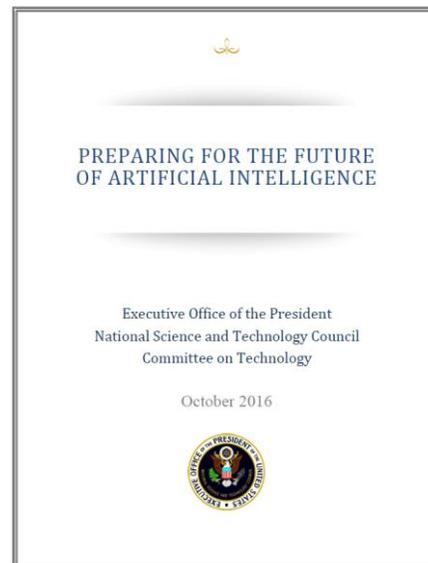
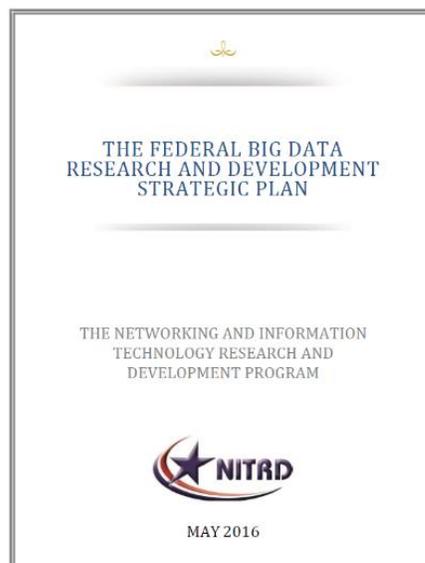
- Мы обучаемся не по выборкам, а на основе объяснений учителей, воспитания, опыта, коммуникации
- Мы строим картину мира и имеем целеполагание
- У нас 80 млрд. нейронов, и они устроены намного сложнее

Миф №3

«Тот, кто станет лидером в сфере ИИ, будет властелином мира»

Отчёты Белого дома США, май-октябрь 2016:

«Nations with the strongest presence in AI R&D will establish leading positions in the automation of the future»



Некоторые из 23 рекомендаций

- #1. Организации должны активно развивать партнёрство с научными коллективами для эффективного использования данных.
- #2. В приоритетном порядке развивать стандарты *открытых данных* для привлечения научного сообщества к решению задач.
- #8. Инвестировать в разработку систем автоматического управления воздушным трафиком.
- #11. Вести постоянный мониторинг развития ИИ в других странах.
- #13. Приоритетно поддерживать фундаментальные и долгосрочные исследования в области искусственного интеллекта.
- #14. Развивать образовательные программы по ИИ и курсы повышения квалификации для прикладных специалистов.
- #20. Развивать международную кооперацию по ИИ.
- #22. Учитывать взаимовлияние ИИ и кибербезопасности.

Перспективные подходы: открытые данные

Выгоды открытых данных

- *для государства:* новые сервисы, кооперация бизнеса и науки
- *для индустрии:* бенчмаркинг, стандартизация, популяризация
- *для компаний:* подбор исполнителей, сокращение издержек и рисков
- *для университетов:* интеграция практических задач в учебный процесс
- *для исследователей:* проверка новых теорий и технологий в деле
- *для студентов:* получение опыта, наработка портфолио

Конкурсы анализа данных

- www.NetflixPrize.com (2006-2009) – первый крупный конкурс, \$1 млн.
- www.kaggle.com – наиболее известная в мире платформа

Перспективные подходы: адаптивное обучение

Обычная схема решения задач DS|ML|AI:

- Забираем данные из промышленной системы (долго!)
- Строим модели, экспериментируем в удобной для нас среде
- Переносим модели обратно в пром (долго!)

Будущее – за онлайн-машинным обучением:

- Предобработка данных и дообучение моделей – налету
- Валидация моделей по совокупности критериев
- Адаптивная селекция и композиция моделей
- Работа аналитика – мониторинг, визуализация и доработка моделей

Сухой остаток

- ИИ – это лишь Имитация Интеллекта
- Нет прорыва в ИИ, но есть прорыв в глубоком обучении, то есть в решении задач оптимизации большой размерности
- Качество данных и предметная экспертиза важнее технологий ИИ
- Культура анализа данных у инженеров и исследователей важнее глубокого понимания технологий ИИ у предпринимателя

Воронцов Константин Вячеславович

д.ф.-м.н., профессор РАН,
руководитель лаборатории Машинного интеллекта МФТИ

k.v.vorontsov@phystech.edu

Рекомендуемая литература

- *Домингос П.* Верховный алгоритм. 2016.
- *Коэльо Л. П., Ричарт В.* Построение систем машинного обучения на языке Python. 2016.
- *Мерков А. Б.* Распознавание образов. Введение в методы статистического обучения. 2011.
- *Мерков А. Б.* Распознавание образов. Построение и обучение вероятностных моделей. 2014.
- *Бенджио И., Гудфеллоу Я., Курвилль А.* Глубокое обучение. ДМК-Пресс, 2018.
- *Николенко С., Кадурын А., Архангельская Е.* Глубокое обучение. Питер, 2018.
- *Воронцов К. В.* Лекции по машинному обучению. www.MachineLearning.ru, 2004-2018.
- *Hastie T., Tibshirani R., Friedman J.* The Elements of Statistical Learning. Springer, 2014.
- *Bishop C. M.* Pattern Recognition and Machine Learning. - Springer, 2006.