



ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ИНТЕНСИВ

# Остров 10-22

---

**10-22** июля 2019

## От AI-хайпа к ML-технологиям

Воронцов Константин

*д.ф.-м.н., профессор РАН,*

*зав. лаб. Машинного Интеллекта МФТИ*

11.07.2019



# Хайп искусственного интеллекта

«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



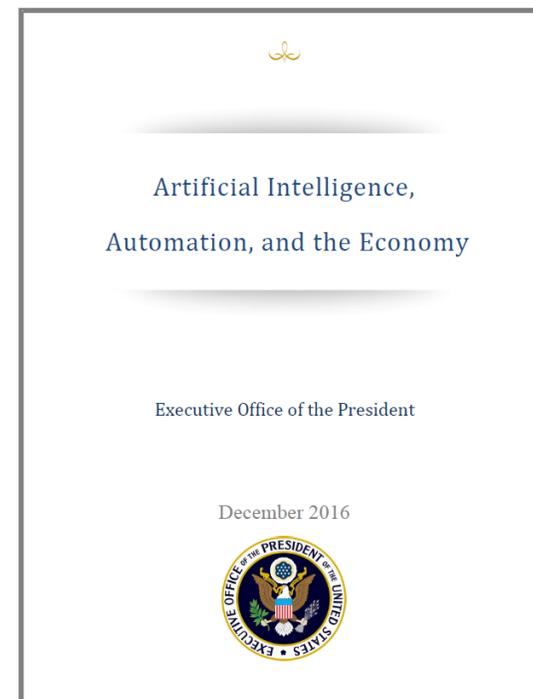
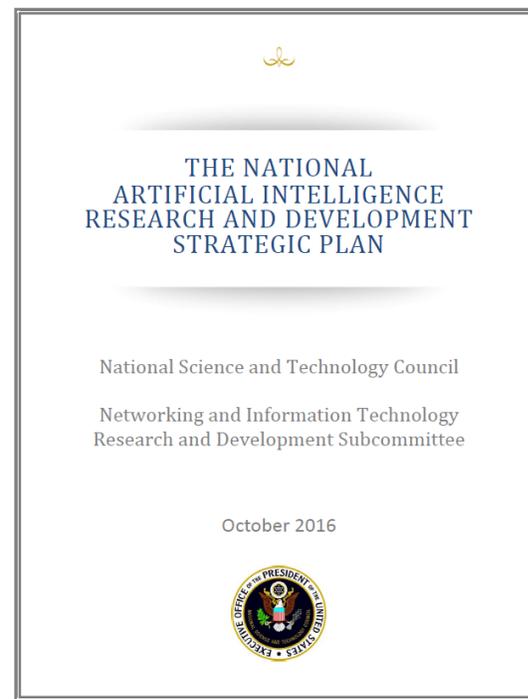
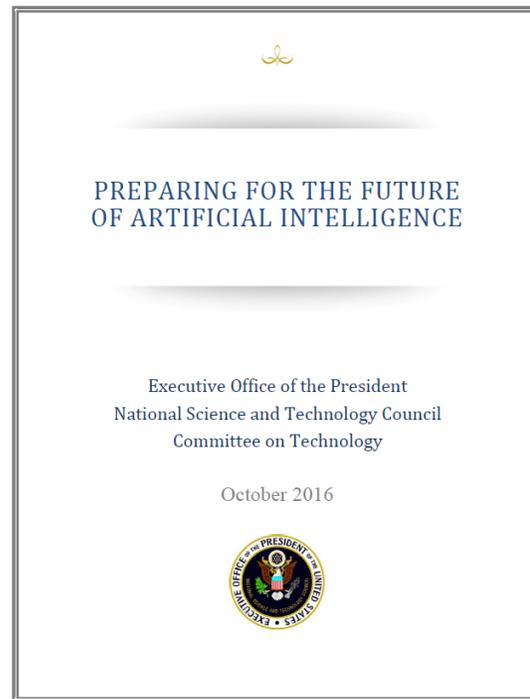
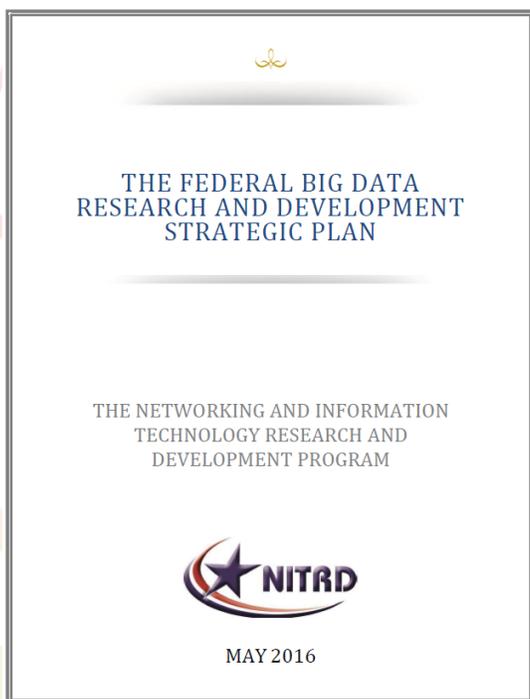
Яндекс

Найти

Google



# 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»

# Основные выгоды ИИ

- **Сокращение издержек и повышение производительности труда**
  - Автоматизация банковских и финансовых услуг (FinTech)
  - Автоматизация юридических услуг (LegalTech)
  - Автоматизация посреднической деятельности, распределённая экономика
  - Роботизация производств, автономный транспорт
  - Оптимизация логистики и цепей поставок
  - Оптимизация энергетических и транспортных сетей
  - Сенсорные сети, мониторинг сельского хозяйства
  - Персональная медицина, улучшение клинических практик
  - Персональные образовательные траектории, социальная инженерия
  - Автономные системы вооружений

# 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.

# 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



# Глубокие нейронные сети обеспечили прорыв в компьютерном зрении

**ImageNet:** открытая выборка 15М размеченных изображений



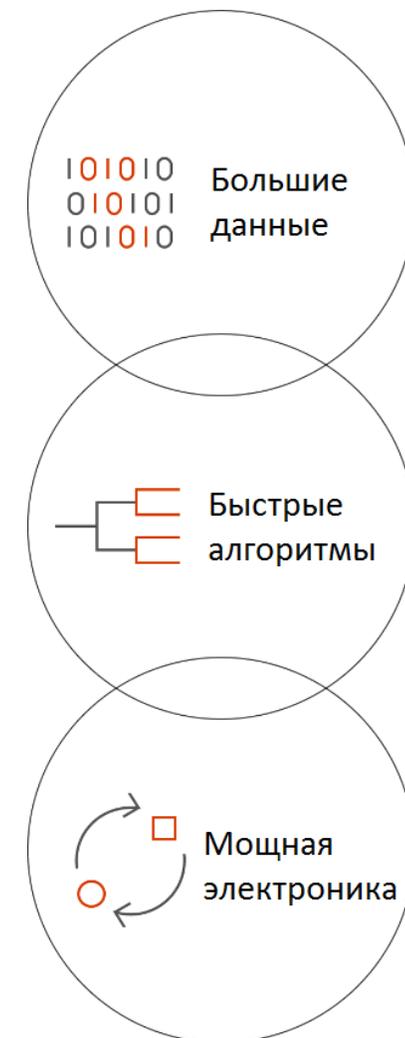
**Google:** Распознавание кадров с котами на видео из Youtube



# Три предпосылки бума ИИ

– три перехода количества в качество:

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





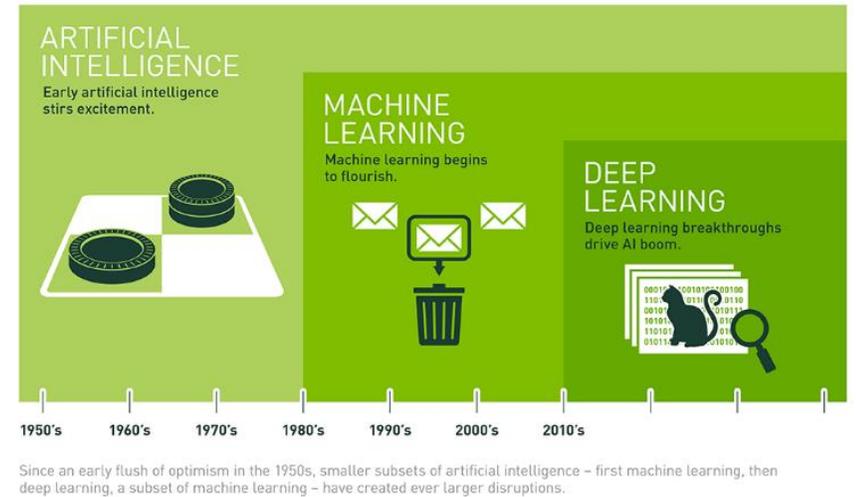
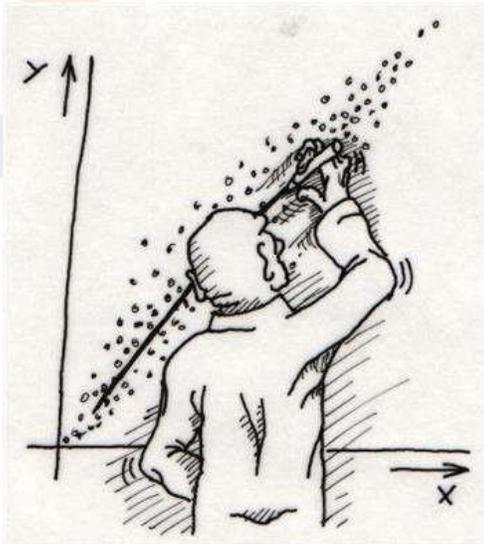
# Основы машинного обучения

# 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

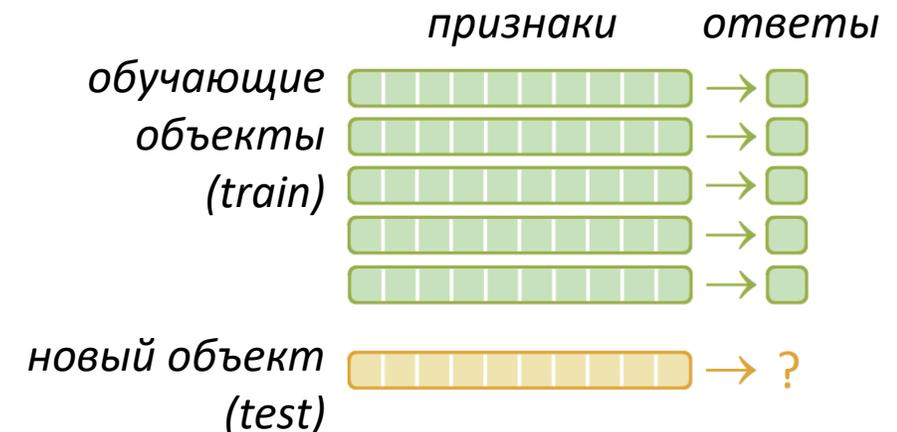
## Этап №1 – обучение с учителем

- **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

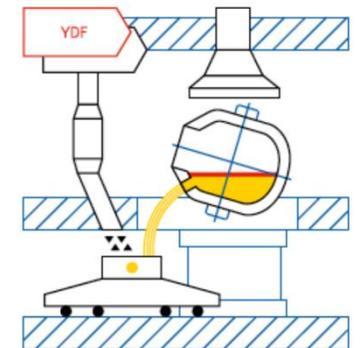
**ответ** – есть/нет месторождение



- **Управление технологическими процессами:**

**объект** – данные о сырье и управляющих параметрах

**ответ** – количество/качество полезного продукта



# Примеры задач машинного обучения

- **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 машинного обучения

- **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

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

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

**ответ** – оценка вероятности покупки / просмотра



# Примеры задач с данными сложной структуры

- **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:*

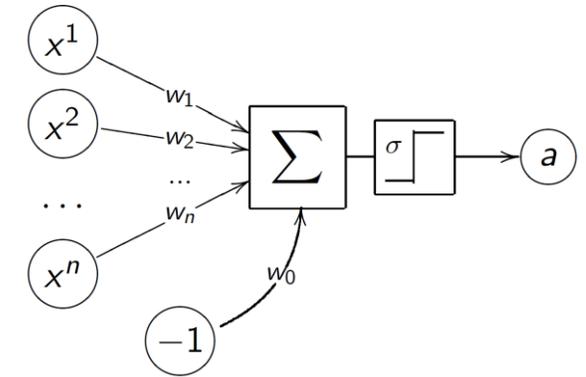
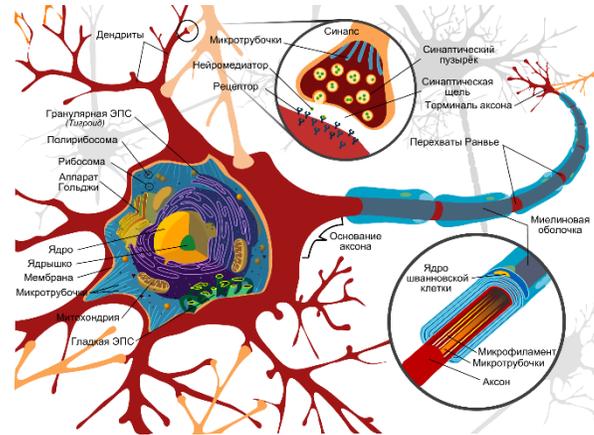
***с аккуратными  
большими данными***



Немного о нейронных сетях

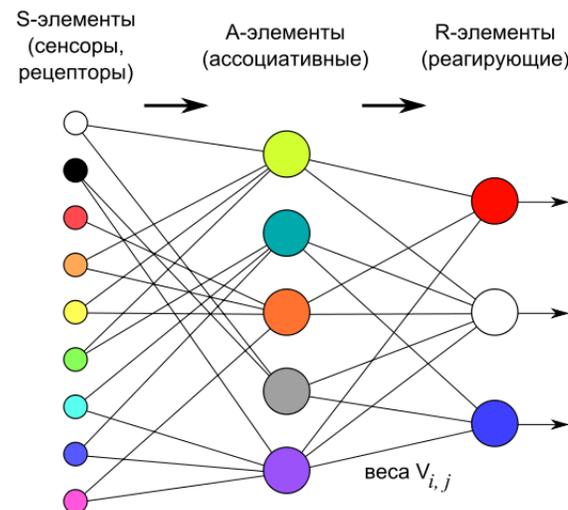
# Что такое «искусственные нейронные сети»

## Математическая модель нейрона (МакКаллок и Питтс, 1943)

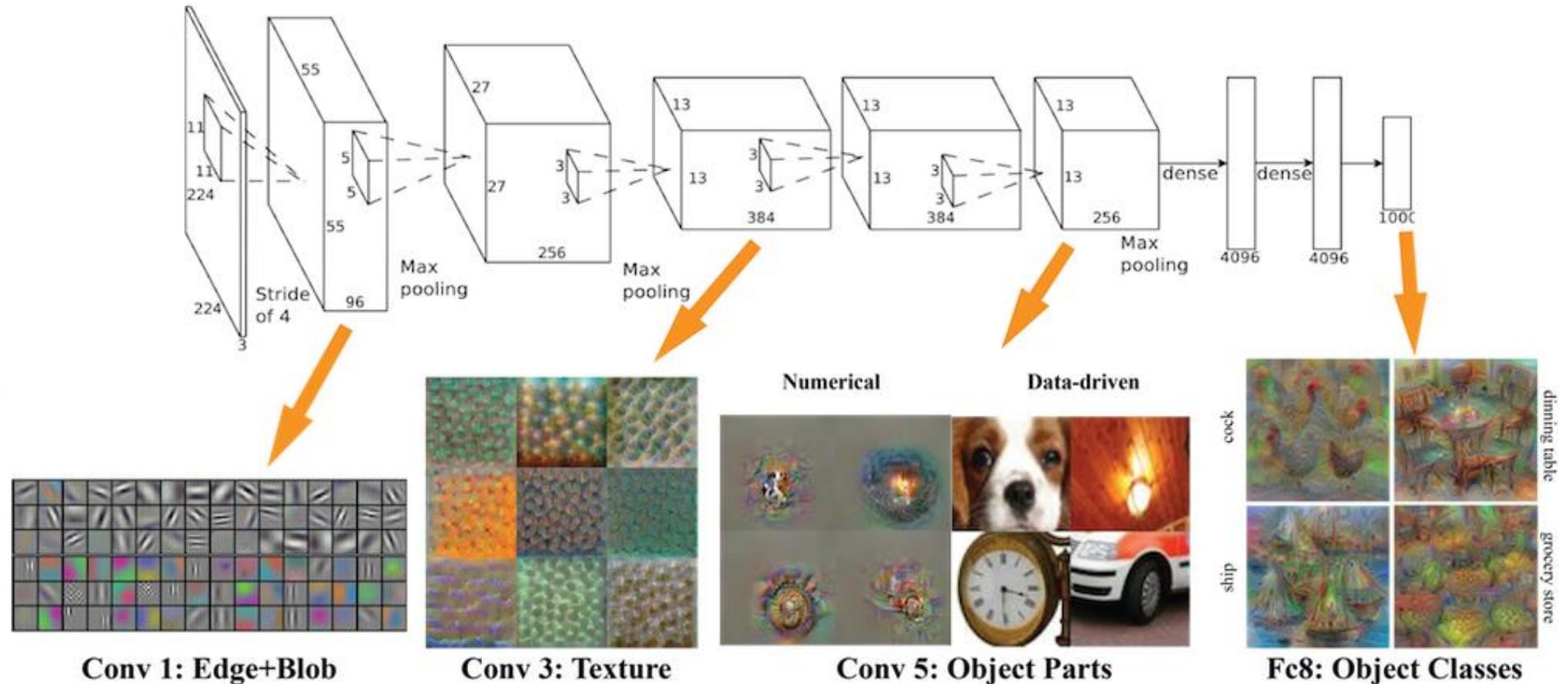


$$a(x, w) = \sigma \left( \sum_{j=1}^n w_j x^j - w_0 \right)$$

## Первый нейрокомпьютер Mark-1 (Фрэнк Розенблатт, 1960)



# Что такое «глубокие нейронные сети»



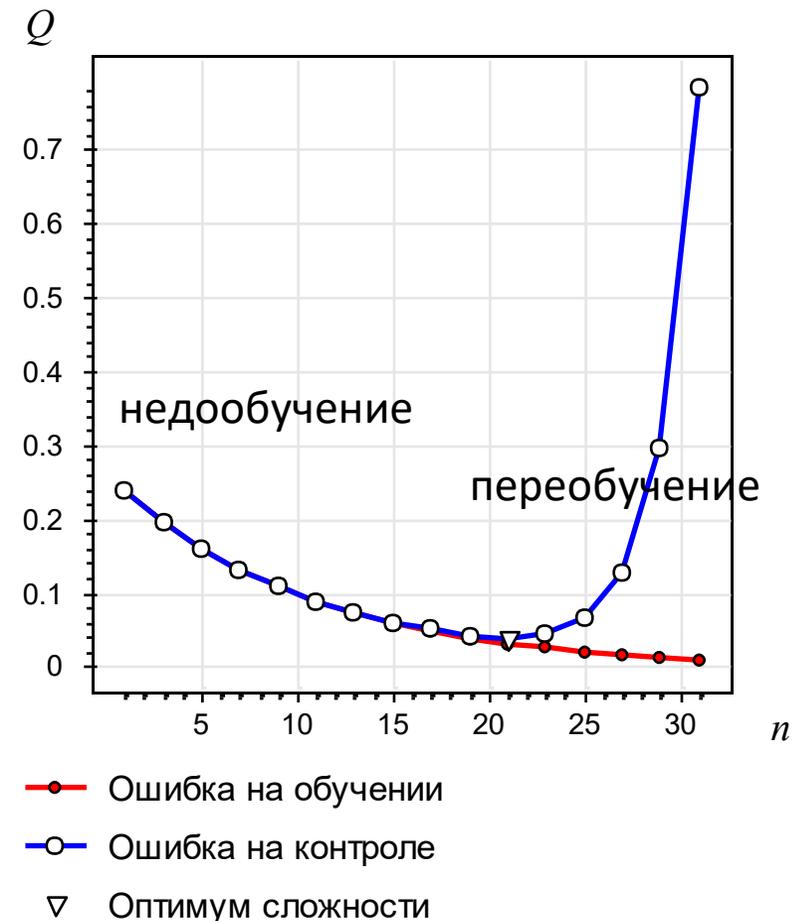
A.Krizhevsky, I.Sutskever, G.Hinton. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*. **60** (6): 84–90.

# Современные ИНН научились обходить проблемы *недообучения* и *переобучения*

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

Часто используемые внешние критерии:

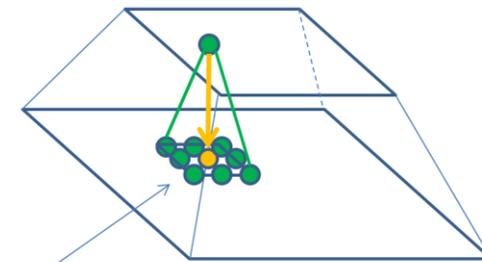
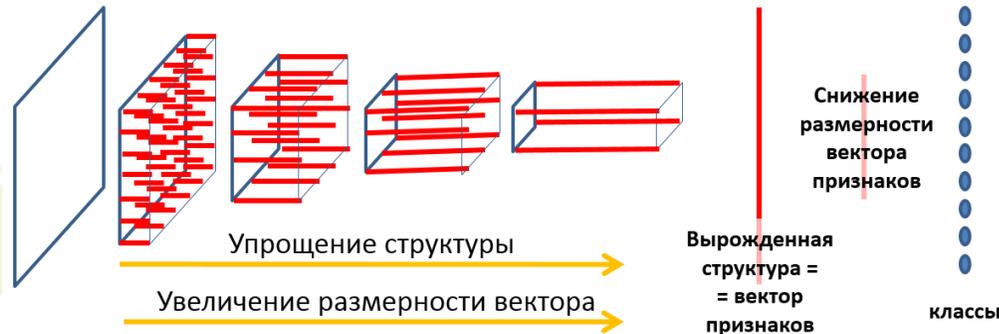
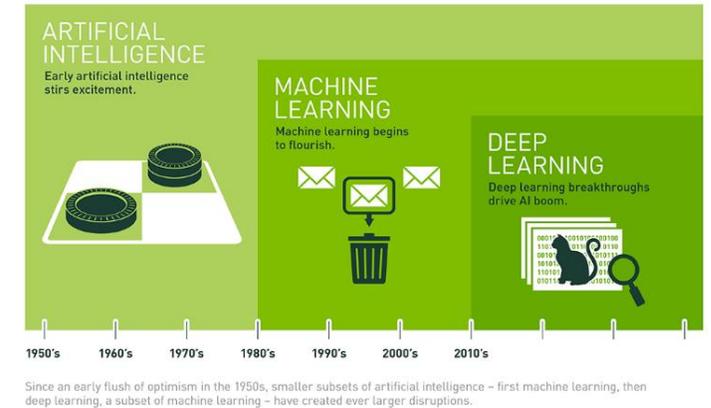
- hold-out
- (q-fold) cross-validation, leave-one-out
- out-of-sample, out-of-time



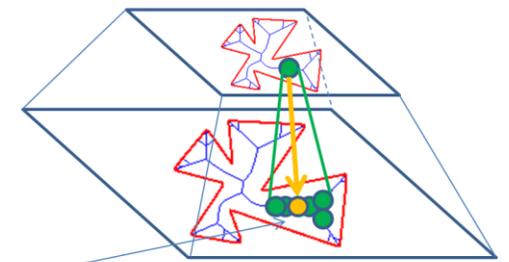
# Новые методы: вытеснит ли DL всё остальное машинное обучение?

*Глубокие сети* – это инструмент автоматизации извлечения признаков (Feature Extraction).

Ближайшее будущее: свёрточные сети обобщаются на любые данные с локальными структурами.



Прямоугольное окно заданного размера с центром в заданной точке + операция свёртки по окну



Локальная окрестность, определяемая для любой вершины графа + операция свёртки по окрестности

*Визильтер Ю.В., Горбацевич В.С.* Структурно-функциональный анализ и синтез глубоких конволюционных нейронных сетей. ММРО-2017.



# Методология решения практических задач машинного обучения

# Риски, связанные с данными

## 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 признаков описаний)
- **«грязные» (ошибочные, грубо не соответствующие истине)**

*со всем этим  
можно  
работать*



*но только не  
с грязными  
данными!*



# Риски, связанные с «человеческим фактором»

## Проблема №1: некомпетентный исполнитель

- не готов погружаться в предметную область
- не готов аргументировать необходимость изменения постановки задачи
- не способен построить адекватную модель за отведённое время

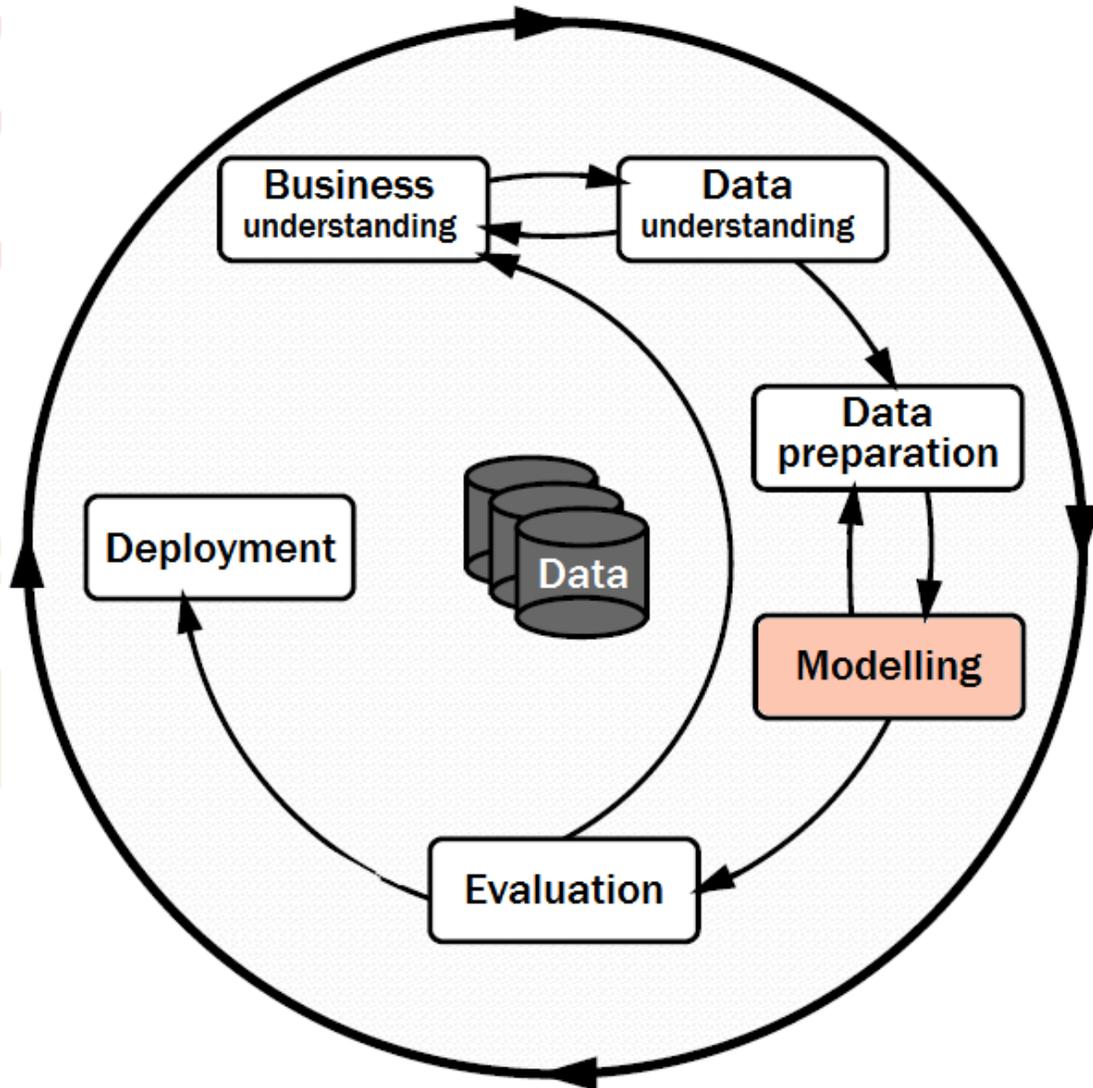
## Проблема №2: некомпетентный заказчик

- ждёт чуда от искусственного интеллекта и больших данных
- не в состоянии оценить реальную сложность задачи
- не имеет численных критериев качества (KPI) для оптимизации
- не заботится о чистоте данных
- не готов пилотировать новые технологии

*Для внедрения  
искусственного  
интеллекта  
приходится  
напрягать  
естественный*

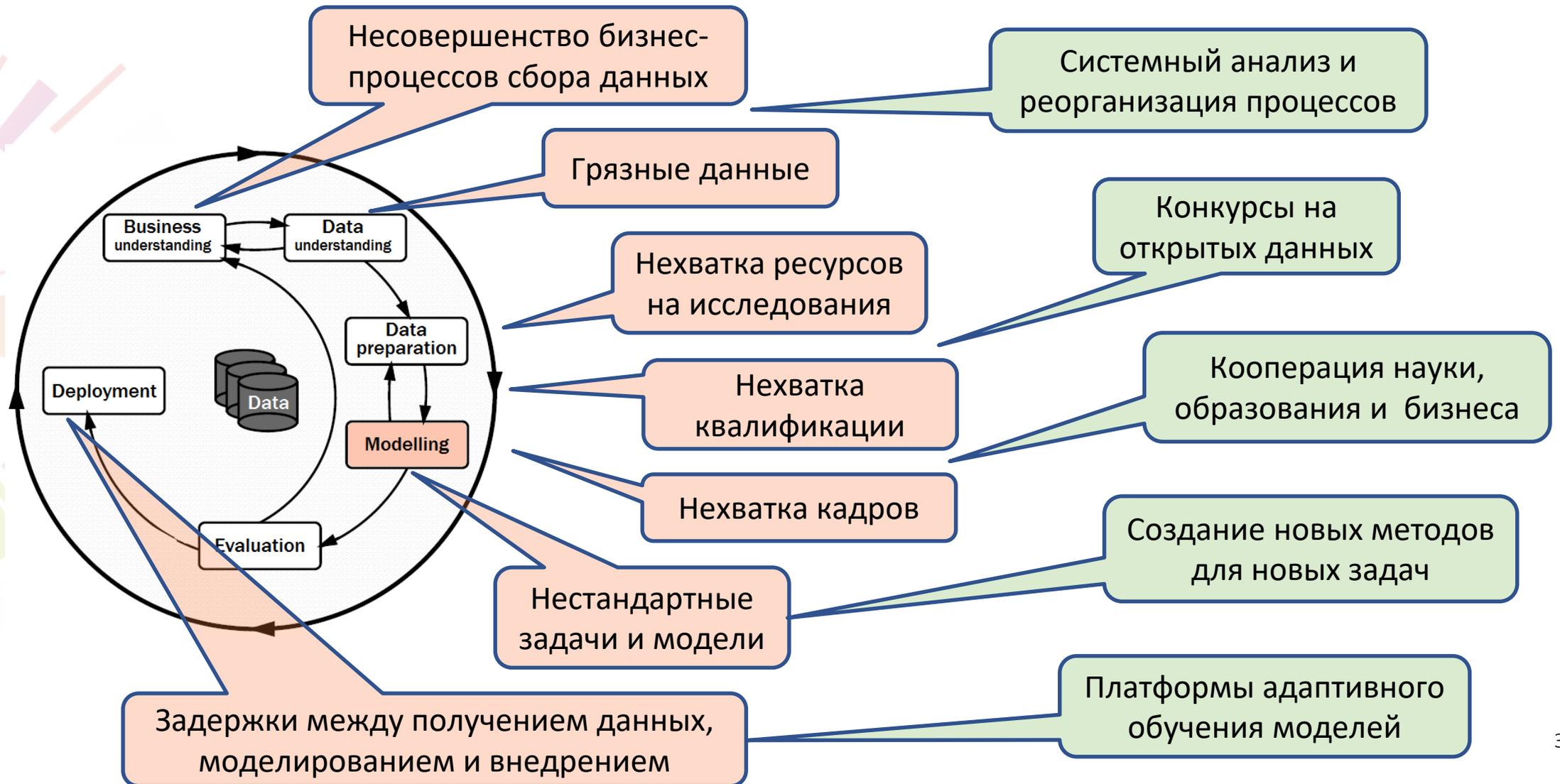
# Этапы решения задач ML/DS/AI

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

# Факторы риска и точки приложения силы



# 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](http://www.NetflixPrize.com) (2006-2009) – первый крупный конкурс, \$1 млн.
- [www.kaggle.com](http://www.kaggle.com) – наиболее известная в мире платформа
- [DataRing.ru](http://DataRing.ru) – отечественная конкурсная платформа



Кого, чему и как учить в AI/ML/DS

# Рынок труда в области анализа данных

## **Инженер по данным (Data Engineer)**

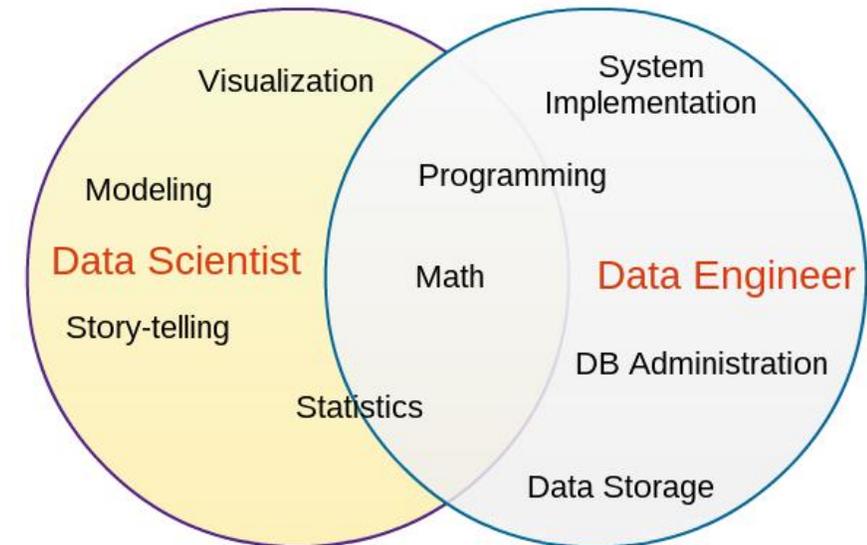
- Понимает бизнес-процессы, порождающие данные
- Работает с данными в различных форматах
- Визуализирует, понимает, очищает, готовит данные

## **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
- Адекватно оценивает сложность задач и трудозатраты



# 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., Кадурин А., Архангельская Е.* Глубокое обучение. Питер, 2018.
- *Воронцов К. В.* Лекции по машинному обучению. [www.MachineLearning.ru](http://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.