

# Искусственный интеллект и машинное обучение

Уткин Л.В.



# Новости искусственного интеллекта

Президент *Baidu* Чжан Яцинь: «Искусственный интеллект станет новым электричеством»

# Новости искусственного интеллекта

- General Electric внедряет ИИ-систему в электрические сети, которая позволит сэкономить \$200 млрд во всем мире за счет повышения эффективности
- ЦРУ разрабатывает 137 ИИ-проектов
- NEC разработала ИИ-систему контроля качества продукции
- Alibaba решит проблему нехватки врачей в Китае с помощью ИИ

# Новости искусственного интеллекта

- Intel представила первый визуальный процессор с нейросетью для запуска глубоких нейронных сетей
- К 2020 году вся линейка бытовых приборов Samsung получит ИИ-функции
- В Лаборатории ВШЭ применили нейросетевой ИИ для распознавания запахов
- Самосвалы на автопилоте и роботизированные бурильные машины тестируются уже во многих карьерах мира.

# Последняя новость

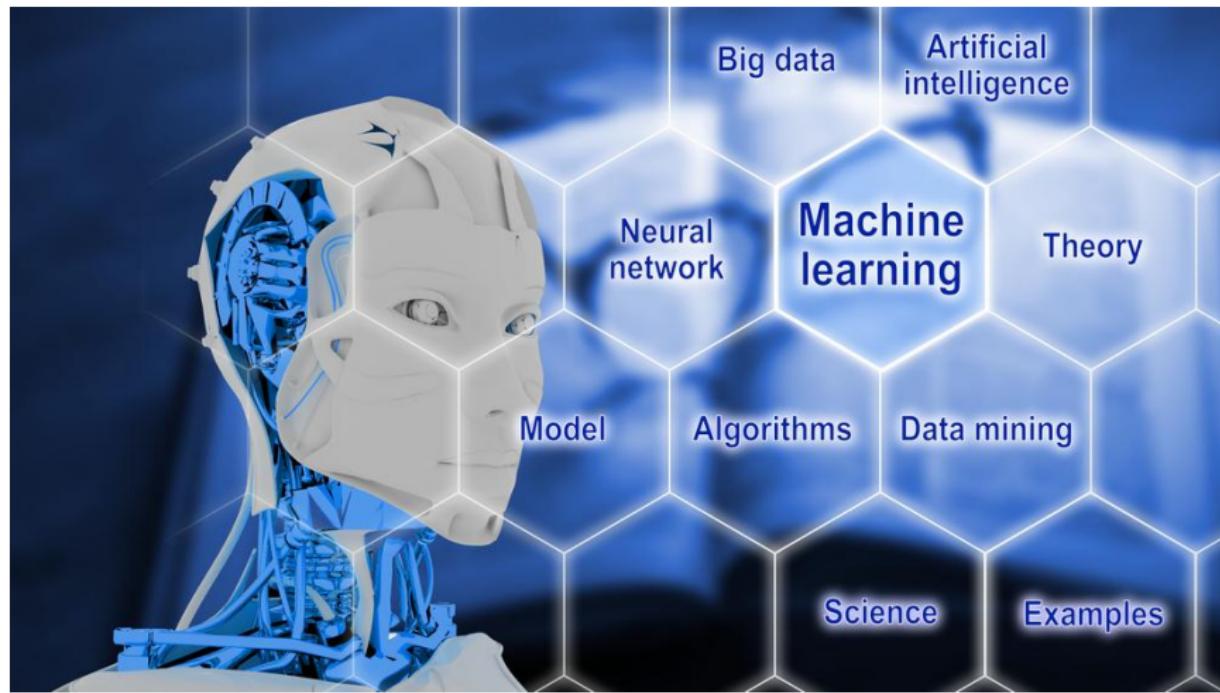
**ИИ помог хедж-фонду *Man Group* увеличить объем активов на 77%**

- В основе - алгоритм для поиска наиболее выгодных стратегий инвестирования
- Алгоритм учитывает данные с биржевых тикеров, прогнозы погоды и даже передвижения грузовых кораблей.
- ИИ распознает паттерны и со временем учится «предсказывать будущее».
- Использует тысячи терабайтов данных  $\approx$  объем памяти 10 000 станд. офисных комп.

# Инвестиции в искусственный интеллект

- Intel инвестировала более \$1 млрд в ИИ-компании
- ЦРУ разрабатывает 137 ИИ-проектов
- Китай обнародовал стратегию развития технологий ИИ в стране до 2030 года. Главная цель — стать мировым лидером в этой области и обойти США
- В МТИ создается новый центр стоимостью \$240 млн для изучения ИИ. Он запускается при поддержке IBM

# Поток понятий



# Что такое ИИ?

*Искусственный интеллект – свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека (из Википедии)*

*Искусственный интеллект – это область знаний, для которой компьютер (система) развивает способность успешно решать сложные задачи, которые требуют обычно интеллекта человека, например, распознавание образов, речи, принятие решений, перевод с одного языка на другой и т.д.*

# Дедуктивное и индуктивное методы обучения

Способы обучения в компьютерных системах:

- ① **Дедуктивное**, или аналитическое, обучение (экспертные системы). Имеются знания, сформулированные экспертом и как-то формализованные. Программа выводит из этих правил конкретные факты и новые правила.
- ② **Индуктивное** обучение (статистическое обучение, машинное обучение). На основе эмпирических данных программа строит общее правило.
- ③ **Комбинированное** обучение.

# Что такое машинное обучение (machine learning)?

*Машинное обучение – это подраздел ИИ, включающий методы построения алгоритмов, способных обучаться*

*Машинное обучение – подраздел ИИ, математическая дисциплина, использующая разделы математической статистики, численных методов оптимизации, теории вероятностей, дискретного анализа, выделяющая знания из данных (из Википедии)*

# Машинное обучение – От данных к знаниям

# Сфера приложения

- 1 Компьютерное зрение (computer vision)
- 2 Распознавание речи (speech recognition)
- 3 Компьютерная лингвистика и обработка естественных языков (natural language processing)
- 4 Медицинская диагностика
- 5 Биоинформатика
- 6 Техническая диагностика
- 7 Финансовые приложения
- 8 Рубрикация, аннотирование и упрощение текстов
- 9 Информационный поиск
- 10 . . .

# Смежные и близкие области и понятия

- Pattern Recognition (распознавание образов)
- Data Mining (интеллектуальный анализ данных)
- Big Data (большие данные)

# Нужно ли посвящать время машинному обучению?

По оценке *McKinsey Global Institute*, в 2018 году в одних только Соединенных Штатах спрос на экспертов по машинному обучению будет превышать предложение на 140–190 тысяч человек. Кроме того, потребуется дополнительно полтора миллиона разбирающихся в данных управленцев.

(Домингос П. Верховный алгоритм: как машинное обучение изменит наш мир. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2016.)

# Классификация задач индуктивного обучения

- Обучение с учителем, или обучение по прецедентам (supervised learning): **классификация; восстановление регрессии; сегментация**
- Обучение без учителя (unsupervised learning): **кластеризация; визуализация данных; понижение размерности;**
- Обучение с подкреплением (reinforcement learning)

Что определяет тип задачи машинного обучения: **Данные (обучающая выборка) и Цель**

# Обучение с учителем - классификация

Мужчины



Женщины



Кто это?



# Обучение с учителем - Классификация

0	1	2	3	4	5
0	1	2	3	4	5
0	1	2	3	4	5
0	1	2	3	4	5
0	1	2	3	4	5

4

0

1

5

3

2

# Обучение с учителем - Классификация

Брак



Не брак



Брак или не брак?



# Пример обучающей выборки (кредиты)

	возраст	доход	образование	кр. ист.	кредит
1	46	76	универс.	-	нет
2	60	180	школа	+	нет
3	54	165	универс.	+	да
4	23	178	техникум	-	да
	...	...		...	...
1000	44	193	универс.	+	да

Давать кредит объекту: (35, 184, техникум, -)?

# Рекомендательные системы

Петроградский  
Каменный остров  
Гражданка  
Купчино



# Обучение с учителем - пример регрессии

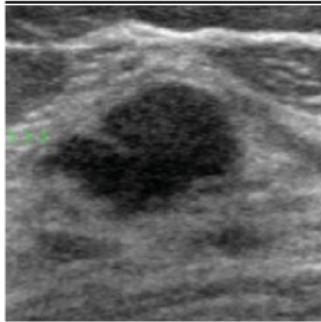
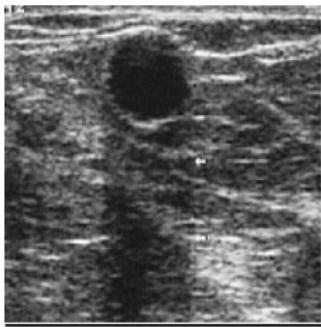
## Котировки акций



# Черный лебедь



# Обучение с учителем - сегментация



# Обучение с учителем - сегментация



# Обучение без учителя

- В этом случае нет “учителя” и “обучающая выборка” состоит только из объектов без их меток классов.
- Задача **кластеризации**: разбить объекты на группы (кластеры), так, чтобы в одном кластере оказались близкие друг к другу объекты, а в разных кластерах объекты были существенно различные.
- **Кластер** можно охарактеризовать как группу объектов, имеющих общие свойства.

# Обучение без учителя - кластеризация

- **Данные:** марка автомобиля; стоимость; возраст водителя; стаж водителя; возраст автомобиля
- **Цель:** разбиение автомобилей и их владельцев на классы, каждый из которых соответствует определенной рисковой группе с одинаковой вероятностью наступления страхового случая

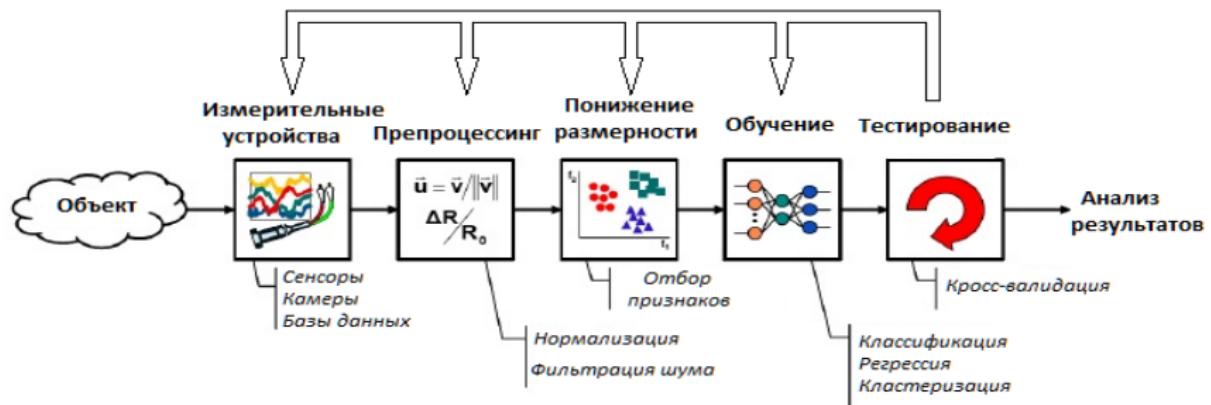
# Модель алгоритма

*Решить задачу машинного обучения означает разработать алгоритм или модель алгоритма, зависящего от параметров и позволяющих определить значение метки класса ( $Y$ ) для нового объекта ( $x$ ).*

# Основные методы классификации и регрессии

- Линейная регрессия (Лассо, гребневая регрессия)
- Логистическая регрессия
- Метод k ближайших соседей
- Байесовский подход (вероятностный)
- Машина опорных векторов (Support Vector Machine - SVM)
- Нейронные сети
- Деревья решений
- Методы композиции: Бустинг (AdaBoost, Random Forest) и бэггинг

# Схема всего процесса машинного обучения



# Обучение с учителем

Множество  $X$  — **объекты, примеры, образцы** (samples)

Множество  $Y$  — **ответы, отклики, «метки», классы** (responses)

Имеется некоторая зависимость  $g : X \rightarrow Y$ , позволяющая по  $\mathbf{x} \in X$  предсказать (или оценить вероятность появления)  $y \in Y$ .

Зависимость известна только на объектах из **обучающей выборки**:

$$T = (\mathbf{x}_1, y_1), (\mathbf{x}_2, y_2), \dots, (\mathbf{x}_n, y_n)$$

Пара  $(\mathbf{x}_i, y_i) \in X \times Y$  - **прецедент**. Каждый элемент вектора  $\mathbf{x}$  - **признак**.

**Задача обучения с учителем:** научиться по новым объектам  $x \in X$  предсказывать ответы  $y \in Y$ .

# Пример обучающей выборки (классификация)

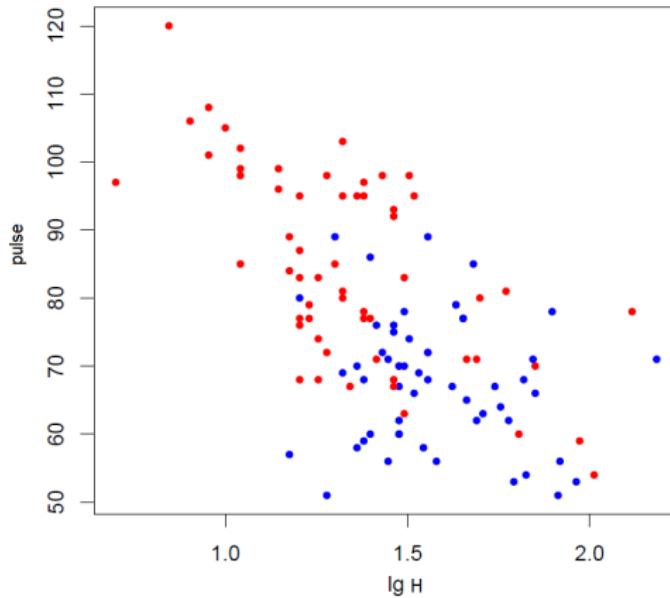
	пульс	гемоглобин	диагноз
$x_1$	70	140	здоров ( $y = -1$ )
$x_2$	60	160	здоров ( $y = -1$ )
$x_3$	94	120	миокардит ( $y = 1$ )
...	...	...	...
$x_{114}$	86	98	миокардит ( $y = 1$ )

Обучающая выборка:

$$((70, 140), -1), (60, 160), -1), (94, 120), 1) \dots, (86, 98), 1))$$

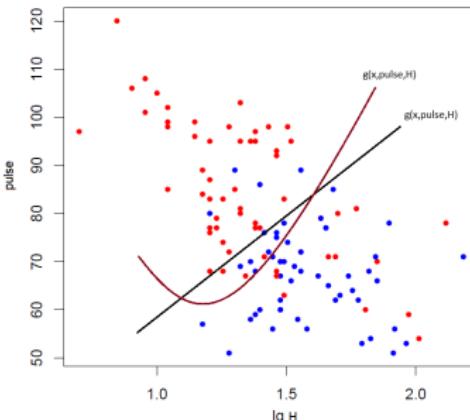
Задача обучения: новый пациент  $x = (75, 128)$ ,  $y = ?$

# Графическое представление обучающей выборки



# Модель алгоритма

- **Моделью алгоритма  $a$**  называется параметрическое семейство функций  $g : X \rightarrow Y$  или  $g(x, \theta)$ , где  $\theta \in \Theta$  — параметры в пространстве параметров.
- Процесс подбора оптимальной функции  $g$  и оптимальных параметров  $\theta$  по обучающей выборке называют **настройкой** (fitting, tuning) или **обучением** (training) алгоритма  $a$ .



“Essentially, all models are wrong, but some are useful”  
- George E. P. Box



# Эмпирический функционал качества

- Эмпирический функционал риска или качества алгоритма  $a$  на выборке  $X$  есть

$$Q(a, X) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mathcal{L}(a, x_i)$$

- Задача выбора “наилучшего” метода обучения
  - это минимизация функционала риска по множеству  $A$  или по множеству параметров  $\Theta$ .
- **No Free Lunch теорема** (Вольперта и Макриди):  
Если предположить, что метки классов  $y_i$  вычисляются как  $f(x_i)$  для функции, выбранной случайным образом равномерно из всех возможных функций, то

$$\mathbb{E}_f(\text{ошибки на тесте}) = \frac{1}{2}.$$

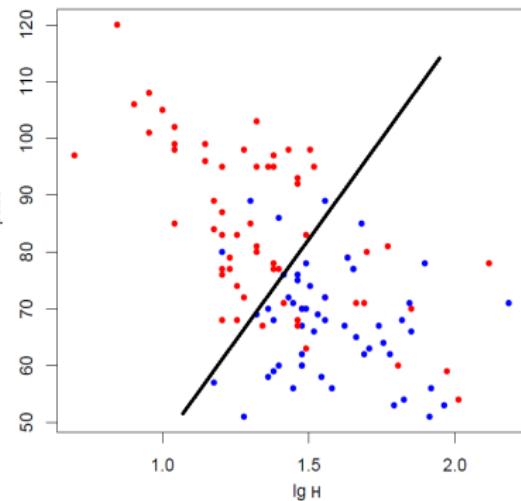
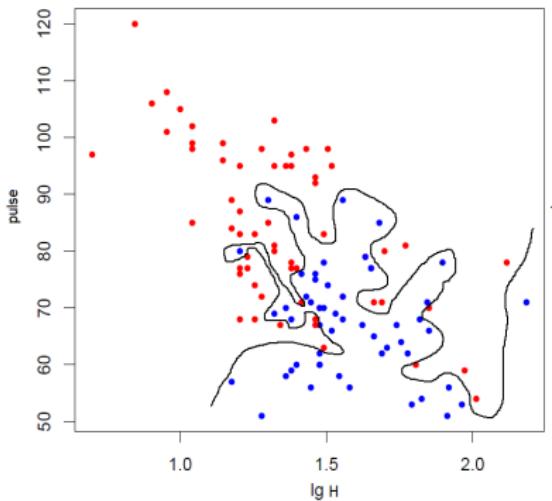
# Проблема переобучения и недообучения

**Переобучение** (*overfitting*) — нежелательное явление, возникающее при решении задач обучения по прецедентам, когда вероятность ошибки обученного алгоритма на объектах тестовой выборки оказывается существенно выше, чем средняя ошибка на обучающей выборке. Переобучение возникает при использовании избыточно сложных моделей.

**Недообучение** — нежелательное явление, возникающее при решении задач обучения по прецедентам, когда алгоритм обучения не обеспечивает достаточно малой величины средней ошибки на обучающей выборке.

Недообучение возникает при использовании недостаточно сложных моделей.

# Переобучение и недообучение в классификации



# Метод k ближайших соседей

Метод  $k$  ближайших соседей ( $k$ NN —  $k$  nearest neighbours) метрический алгоритм для классификации объектов, основанный на оценивании сходства объектов.

Классифицируемый объект относится к тому классу, которому принадлежат ближайшие к нему объекты обучающей выборки.

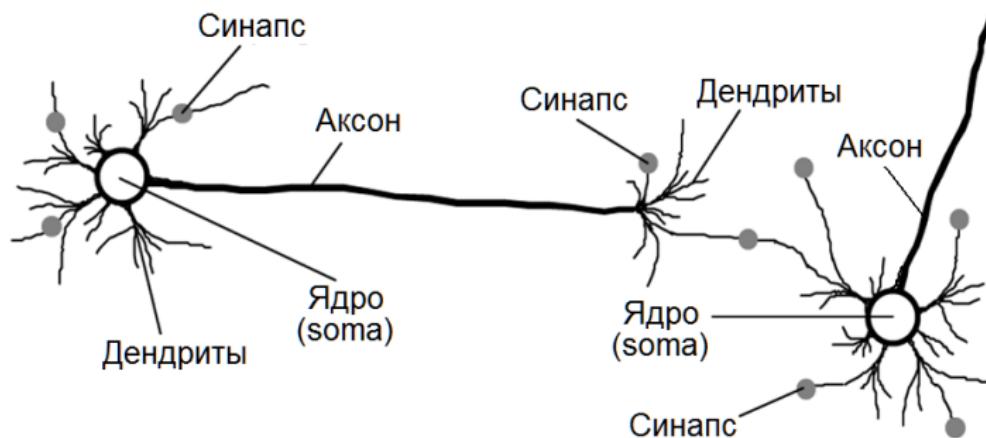
**Алгоритм:**

- ➊ Вычислить расстояние до каждого из объектов обучающей выборки
- ➋ Отобрать  $k$  объектов обучающей выборки, расстояние до которых минимально
- ➌ Класс классифицируемого объекта — это класс, наиболее часто встречающийся среди  $k$  ближайших соседей

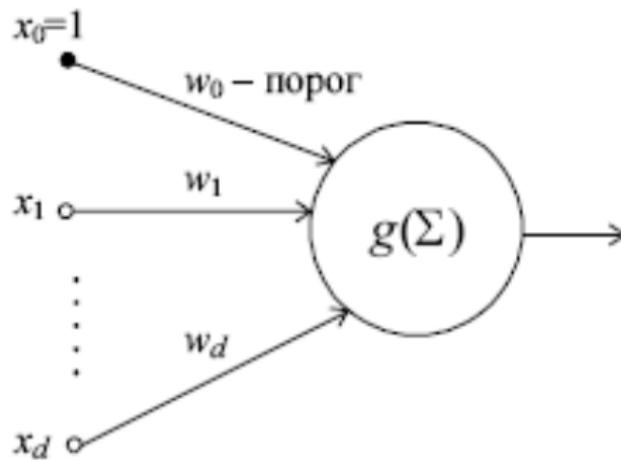
# Метод k ближайших соседей (классификация)



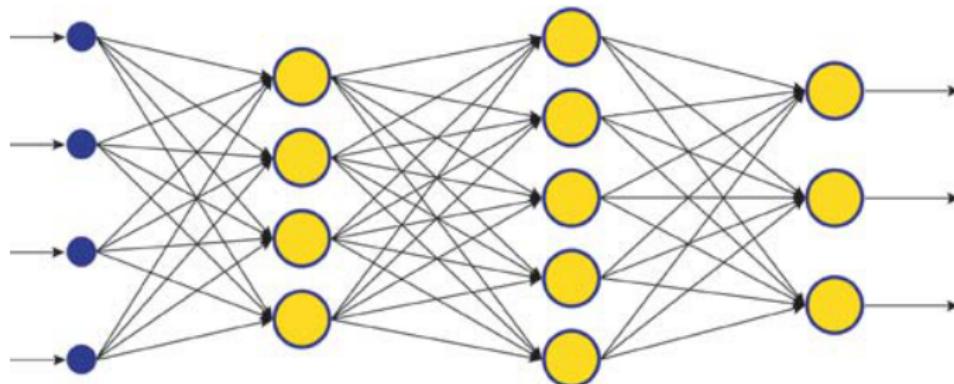
# Биологический прототип



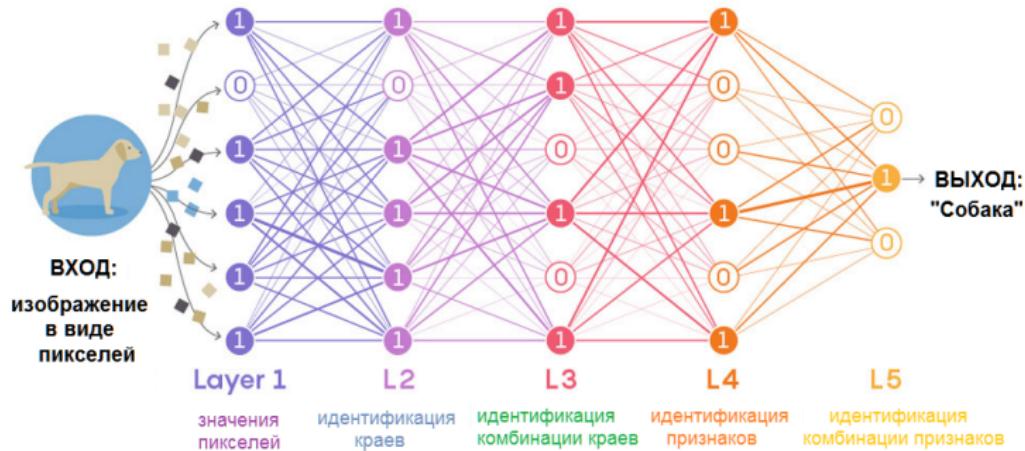
# Структура нейрона



# Многослойный перцептрон или нейронная сеть



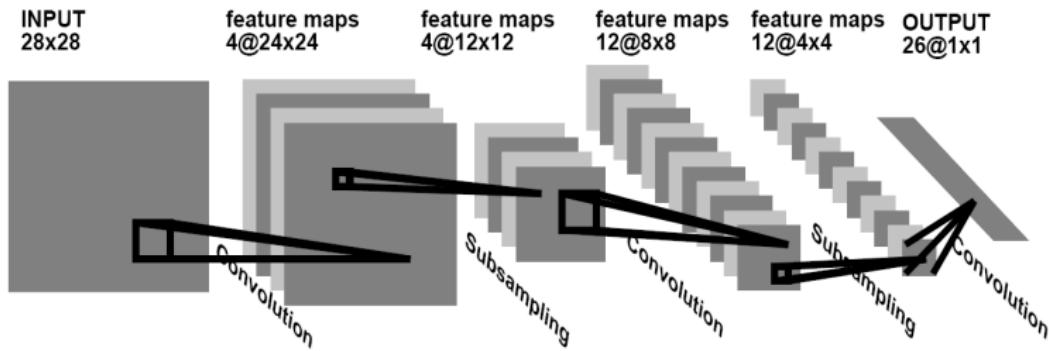
# Глубокая нейронная сеть



# Проблемы нейронных сетей

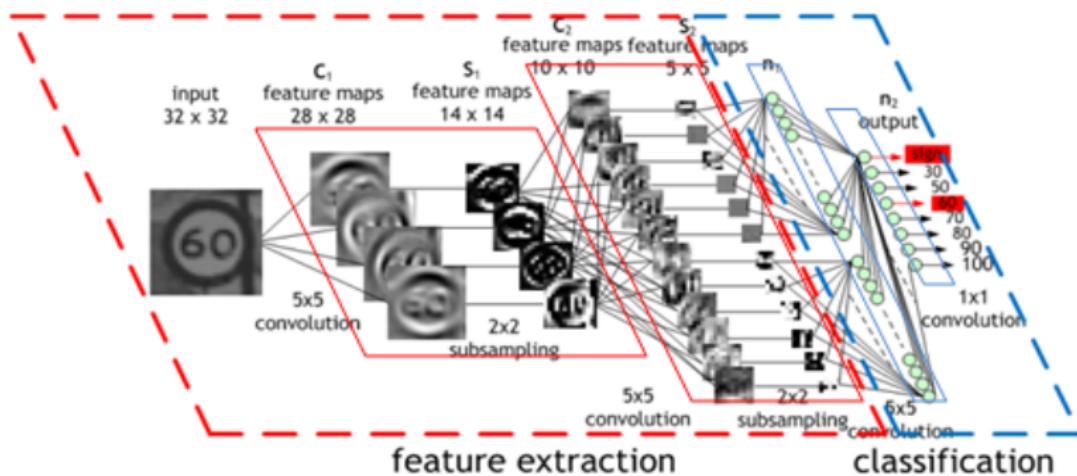
*Главная проблема: много соединений и весов (обучаемых параметров), что требует в несколько раз больше обучающих примеров!*

# Иллюстрация сверточной сети



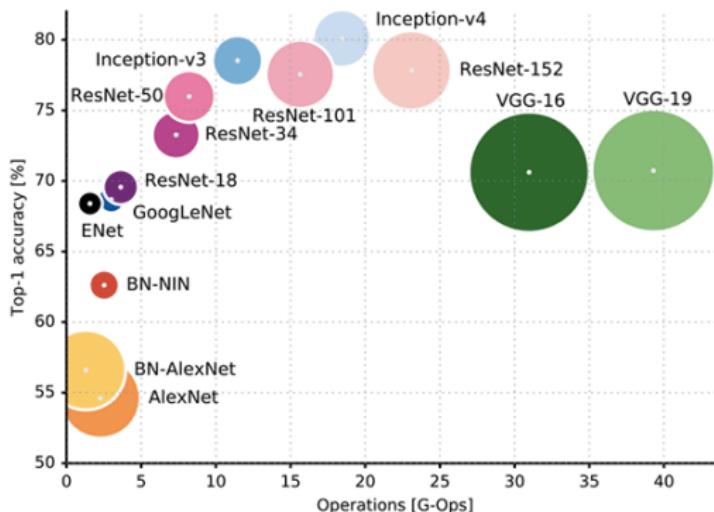
LeCun Y., Bengio Y. Convolutional Networks for Images, Speech, and Time-Series //  
The Handbook of Brain Theory and Neural Networks, MIT Press, 1995

# Сверточная сеть



<https://devblogs.nvidia.com/parallelforall/deep-learning-nutshell-core-concepts/>

# Типовые сверточные сети



<http://www.topbots.com/14-design-patterns-improve-convolutional-neural-network-cnn-architecture>

# Сверточные сети не всесильны



- Требуют огромное количество данных
- Никто не знает толком как они делают вывод (почти черный ящик)

# Мотивация

Генерация новых объектов с заданными свойствами

<https://www.youtube.com/watch?v=XNZIN7Jh3Sg>

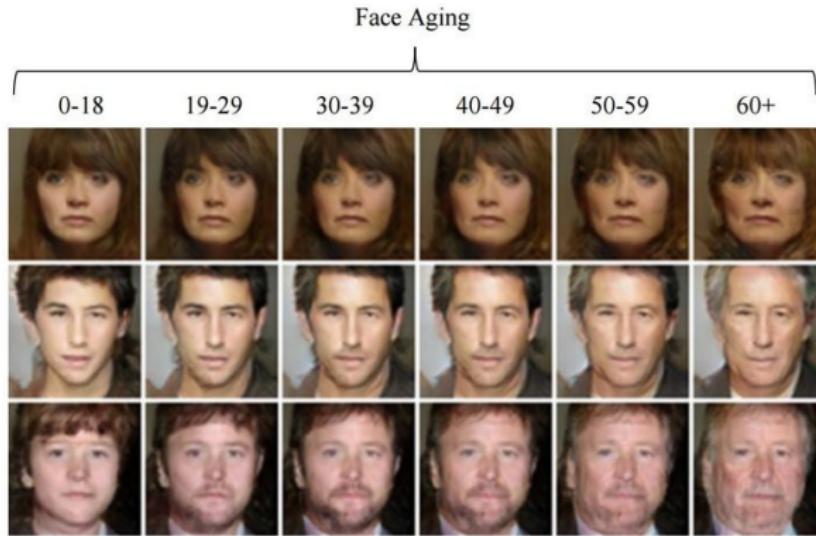


# Порождающие модели на основе нейронных сетей

- ① Вариационный автокодер (**Variational AutoEncoder (VAE)**)
- ② Порождающие конкурирующие сети (**Generative Adversarial Networks (GANs)**)
- ③ Соперничающие автокодеры (**Adversarial autoencoders**)

# Примеры использования порождающих моделей

- Изменение возраста лица с помощью GAN



# Примеры использования порождающих моделей

- Генерирование картинок по тексту с помощью GAN



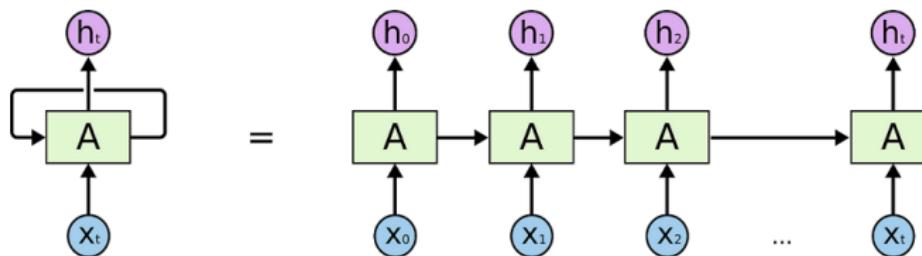
# Примеры использования порождающих моделей

- Поиск новых лекарств для борьбы с раком: с помощью Adversarial Auto Encoder (AAE) можно выучить латентное представление молекул и дальше с его помощью искать новые



# Рекуррентные сети

- Элементы рекуррентной сети изображают как обычные нейроны с дополнительной циклической стрелкой.
- Если “развернуть” такое изображение, получится цепочка одинаковых нейронов, каждый из которых получает на вход свой элемент последовательности, выдает предсказание и передает его дальше по цепочке как своего рода ячейку памяти.



# Применение RNN

- Google Translate
- Генерирующая модель для необработанного аудио
- Чтение по губам: RNN на аудио, CNN + RNN на видео, эти два вектора подаются в итоговую LSTM, которая генерирует результат (слова).

# Этапы решения задач машинного обучения

- понимание задачи и данных;
- предобработка данных и изобретение признаков;
- построение модели;
- сведение обучения к оптимизации;
- решение проблем оптимизации и переобучения;
- оценивание качества;
- внедрение и эксплуатация.

# Схема всего процесса машинного обучения

