

Лекция 1. Введение

История, что такое AI причём тут машинное обучение

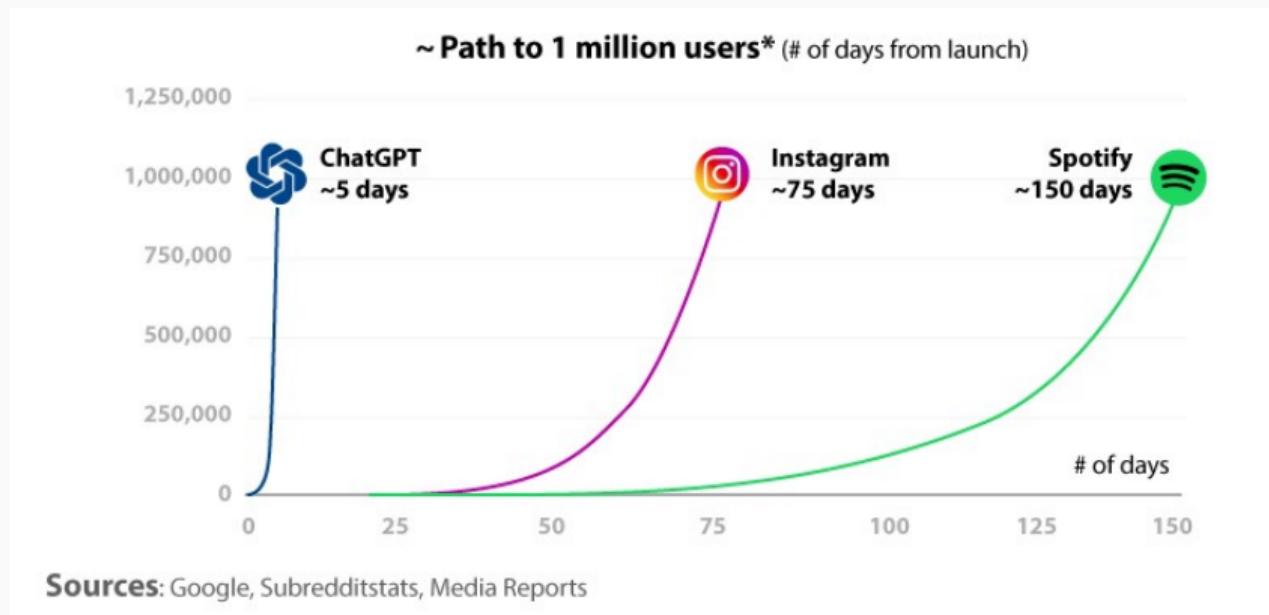
Введение в нейронные сети | 19.10.2024

Про что курс

- Цель курса - разобраться в самой базовой математике, стоящей за нейросетевыми алгоритмами, посмотреть на простых примерах их внутреннее устройство и как происходит процесс обучения
- Иногда будут домашние задания
- Практика будет в Google Colab (потребуется google-аккаунт)
- Будем использовать Python и библиотеки для него

- Определим термины: AI, ML, NN
- Узнаем что такое data driven подход и чем он отличается от обычного software engineering
- Взглянем на историю развития области
- Разберем, почему именно сейчас произошел взлет популярности нейронных сетей

2024 год: ChatGPT



2024 год: Нобелевские премии за нейросети

Illustrations: Niklas Elmehed

THE NOBEL PRIZE
IN PHYSICS 2024



John J. Hopfield Geoffrey E. Hinton

"for foundational discoveries and inventions
that enable machine learning
with artificial neural networks"

THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

Illustrations: Niklas Elmehed

THE NOBEL PRIZE
IN CHEMISTRY 2024



David Baker Demis Hassabis John M. Jumper

"for computational
protein design"

"for protein structure prediction"

THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

2024 год: ядерные реакторы для данных центров

LIVESTREAM  SIGN IN

CLIMATE

Amazon goes nuclear, to invest more than \$500 million to develop small modular reactors

PUBLISHED WED, OCT 16 2024 8:45 AM EDT
UPDATED 2 HOURS AGO

Diana Olick @IN/DIANAOICK @DIANAOLICKCNBC @DIANAOLICK

 WATCH LIVE

ENERGY

Google signs deal with nuclear company as data center power demand surges

PUBLISHED MON, OCT 14 2024 3:00 PM EDT
UPDATED TUE, OCT 15 2024 11:03 AM EDT

    DONATE

NATIONAL

Three Mile Island nuclear plant will reopen to power Microsoft data centers

SEPTEMBER 20, 2024 · 1:40 PM ET

By C Mandler

Как термины связаны между собой?



Определения: AI

Искусственный интеллект (ИИ, AI) — область науки, изучающая построение вычислимых алгоритмов для решения задач, которые люди каким-то образом решают, но которые сходу непонятно как автоматизировать.

Например:

- корректный перевод с одного языка на другой
- определение объектов на изображении
- постановка диагноза по симптомам
- рекомендация фильма на вечер
- управление автомобилем
- ...

Иногда используют термин "когнитивные задачи".

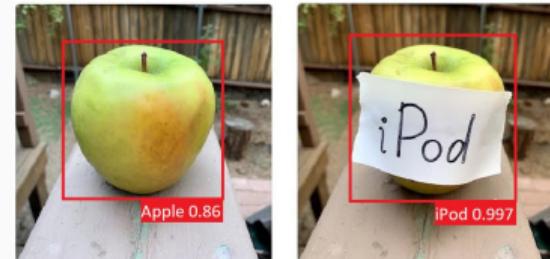
Определения: AI

Разделяют сильный (strong, general, AGI) и слабый (weak) AI:



Сильный ИИ

захватывает человечество



Слабый ИИ
невероятно наивен

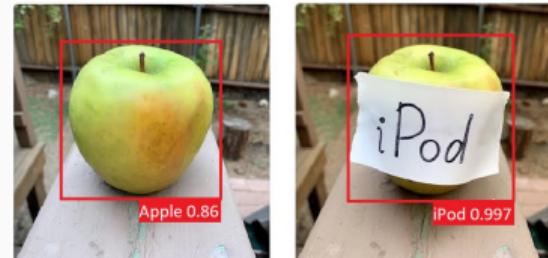
Определения: AI

Разделяют сильный (strong, general, AGI) и слабый (weak) AI:



Сильный ИИ

автономен, может заменить
человека



Слабый ИИ

решает одну узкую задачу

Определения: ML, NN

- Машинное обучение (ML) — область искусственного интеллекта, изучающая алгоритмы, автоматически улучшающиеся благодаря опыту (примерам решения задачи)
- Нейронные сети — один из множества алгоритмов машинного обучения
- Глубокое обучение — специальное название для глубоких нейронных сетей (на данный момент - практически синоним для нейронных сетей)

Как термины связаны между собой?



Посмотрим еще раз на задачи

- корректный перевод с одного языка на другой
- определение объектов на изображении
- постановка диагноза по симптомам
- рекомендация фильма на вечер
- управление автомобилем
- ...

Что объединяет эти задачи?

- Их решение (или часть решения) можно записать как функцию, которая отображает **объекты** (примеры, samples) в **предсказания** (targets)
 - $f("Hello world!") \rightarrow \text{"Привет, мир!"}$
 - $f(\text{netflix history}) \rightarrow [\text{Головоломка 2}]$
 - $f(t = 37^\circ C) \rightarrow \text{вы больны с вероятностью 0.5}$

Что объединяет эти задачи?

- Их решение (или часть решения) можно записать как функцию, которая отображает **объекты** (примеры, samples) в **предсказания** (targets)
 - $f("Hello world!") \rightarrow \text{"Привет, мир!"}$
 - $f(\text{netflix history}) \rightarrow [\text{Головоломка 2}]$
 - $f(t = 37^\circ C) \rightarrow \text{вы больны с вероятностью 0.5}$
- Можно собрать примеры правильных и неправильных решений

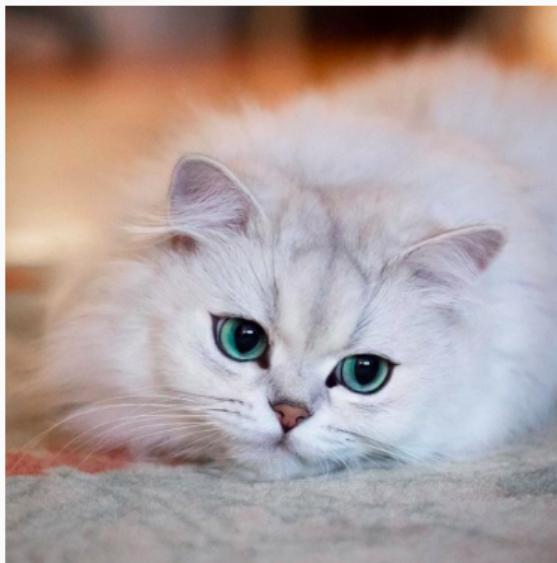
Что объединяет эти задачи?

- Их решение (или часть решения) можно записать как функцию, которая отображает **объекты** (примеры, samples) в **предсказания** (targets)
 - $f("Hello world!") \rightarrow \text{"Привет, мир!"}$
 - $f(\text{netflix history}) \rightarrow [\text{Головоломка 2}]$
 - $f(t = 37^\circ C) \rightarrow \text{вы больны с вероятностью 0.5}$
- Можно собрать примеры правильных и неправильных решений
- Подходит не идеальное, а просто достаточно хорошее решение (люди тоже нередко ошибаются)

Более подробно разберем особенности на примере задачи классификации изображений (именно с этой задачи началась популярность нейросетей)

Задача классификации изображений

Для заданного изображения нужно найти правильную метку из конечного дискретного набора C



$$C = \{dog, cat, parrot, human, car, ninja, \dots\}$$

\Rightarrow cat

Задача классификации изображений

Более формально: построить функцию $f(x) \rightarrow l$, $l \in C$, x — входное изображение



```
def bubble_sort(a):
    n = len(a)

    for i in range(n):
        for j in range(n - i - 1):
            if a[j] > a[j + 1]:
                a[j], a[j + 1] = a[j + 1], a[j]
    return arr
```

Сортировка пузырьком



```
def classify_image(img):
    # здесь какая-то магия
    # ...
    # PROFIT
    return label
```

Классификация

Ученые недооценили сложность

Ожидание в 1966

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

PROJECT MAC

Artificial Intelligence Group
Vision Memo. No. 100.

July 7, 1966

THE SUMMER VISION PROJECT

Seymour Papert

The summer vision project is an attempt to use our summer workers effectively in the construction of a significant part of a visual system. The particular task was chosen partly because it can be segmented into sub-problems which will allow individuals to work independently and yet participate in the construction of a system complex enough to be a real landmark in the development of "pattern recognition".

Ученые недооценили сложность

Ожидание в 1966

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

PROJECT MAC

Artificial Intelligence Group
Vision Memo. No. 100.

July 7, 1966

THE SUMMER VISION PROJECT

Seymour Papert

The summer vision project is an attempt to use our summer workers effectively in the construction of a significant part of a visual system. The particular task was chosen partly because it can be segmented into sub-problems which will allow individuals to work independently and yet participate in the construction of a system complex enough to be a real landmark in the development of "pattern recognition".

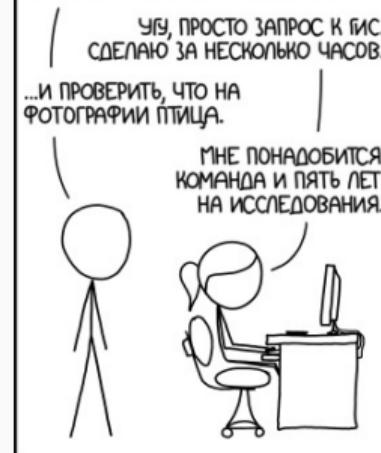
Реальность до 2012

КОГДА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ ДЕЛАЕТ ФОТО,
ПРИЛОЖЕНИЕ ДОЛЖНО ПРОВЕРИТЬ,
НАХОДИТСЯ ЛИ ОН В ЗАПОВЕДНИКЕ...

УГУ, ПРОСТО ЗАПРОС К ГИС.
СДЕЛАЮ ЗА НЕСКОЛЬКО ЧАСОВ.

...И ПРОВЕРИТЬ, ЧТО НА
ФОТОГРАФИИ ПТИЦА.

МНЕ ПОНЯДОБИТСЯ
КОМАНДА И ПЯТЬ ЛЕТ
НА ИССЛЕДОВАНИЯ.



В ИНФОРМАТИКЕ БЫВАЕТ ТРУДНО
ОБЪЯСНИТЬ РАЗНИЦУ МЕЖДУ ПРОСТЫМ
И ПРАКТИЧЕСКИ НЕВОЗМОЖНЫМ.

Ученые недооценили сложность



Семантический разрыв (semantic gap)

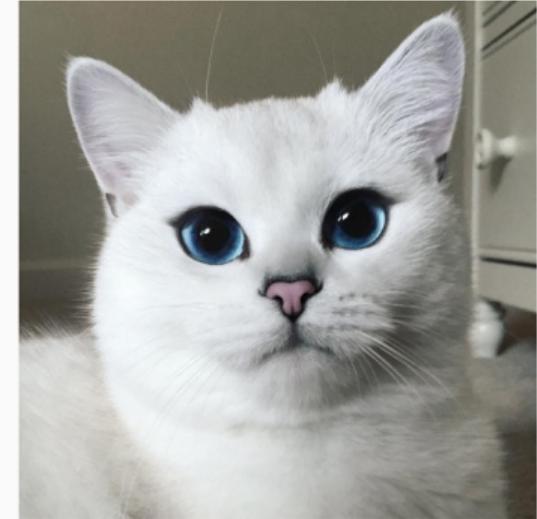
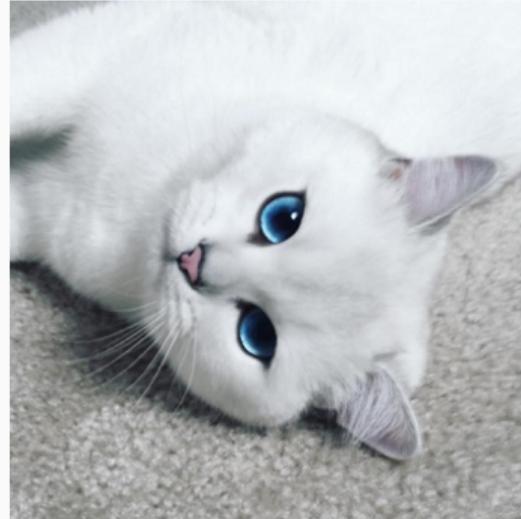


Мы: кошка

```
>>> img.shape  
(587, 587, 3)  
>>> img[:16, :16, 0]  
array([[56, 52, 50, 52, 53, 52, 51, 51, 53, 47, 47, 49, 49, 49, 50, 51, 52],  
       [61, 57, 56, 58, 57, 52, 51, 53, 56, 45, 48, 50, 49, 49, 51, 52],  
       [64, 63, 62, 62, 61, 59, 59, 57, 56, 52, 54, 54, 53, 54, 55, 54],  
       [68, 69, 64, 61, 61, 64, 65, 61, 56, 56, 58, 57, 54, 54, 55, 53],  
       [70, 72, 69, 69, 69, 66, 62, 59, 61, 60, 62, 60, 58, 57, 58, 56],  
       [79, 77, 73, 74, 74, 69, 62, 61, 66, 60, 61, 58, 59, 60, 59],  
       [82, 81, 76, 72, 73, 74, 71, 67, 68, 59, 60, 61, 58, 60, 61, 60],  
       [80, 82, 80, 72, 74, 76, 73, 69, 71, 69, 70, 70, 69, 69, 70, 70],  
       [79, 83, 83, 80, 80, 74, 67, 68, 78, 67, 68, 68, 66, 66, 67, 66],  
       [83, 82, 80, 82, 82, 74, 78, 87, 80, 72, 69, 75, 71, 76, 72, 74],  
       [84, 81, 80, 82, 80, 77, 79, 85, 80, 81, 75, 78, 75, 79, 76, 77],  
       [86, 83, 84, 84, 80, 81, 83, 82, 84, 83, 77, 78, 76, 80, 78, 79],  
       [86, 84, 88, 88, 83, 87, 87, 82, 90, 81, 79, 80, 78, 77, 78, 80],  
       [86, 86, 90, 90, 87, 90, 88, 84, 91, 84, 87, 87, 84, 78, 80, 82],  
       [92, 91, 90, 90, 91, 91, 88, 87, 90, 90, 93, 90, 90, 83, 85, 84],  
       [97, 95, 91, 91, 96, 92, 88, 92, 91, 92, 92, 87, 93, 91, 93, 88]],  
      dtype=uint8)
```

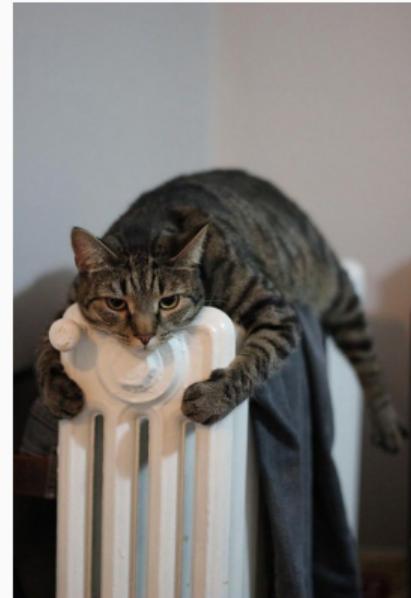
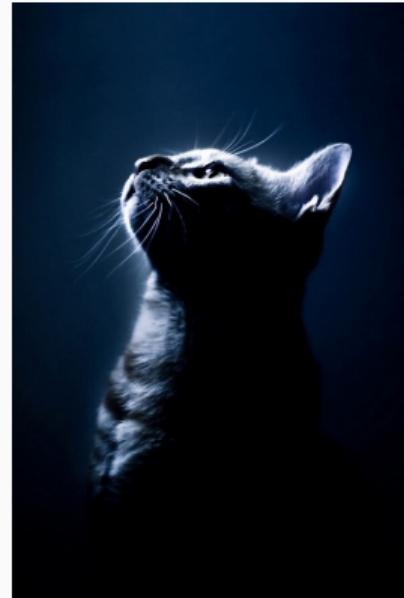
Компьютер: какая кошка?

Смена ракурса



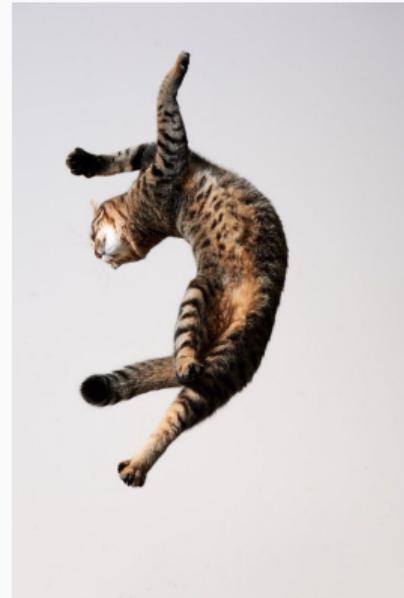
Меняются практически все пиксели изображения

Разное освещение



Меняются практически все пиксели изображения

Вариация форм (коты жидкые)



© Alina Fother

Меняются практически все пиксели изображения

Внутриклассовая вариативность



Поражение детерминированных алгоритмов



```
def classify_image(img):  
    # здесь какая-то магия  
    # ...  
    # PROFIT  
    return label
```

Простого способа построить такую функцию так и не нашлось

Поражение детерминированных алгоритмов

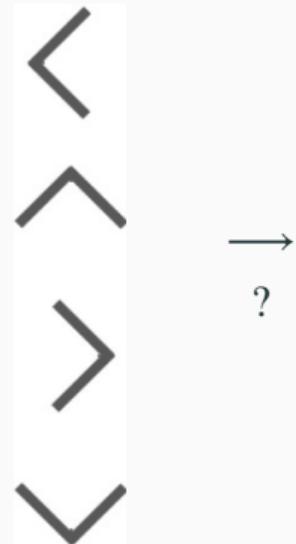
Было предпринято множество попыток, однако они работали только в ограниченном числе случаев и переставали работать при изменении условий



→
границы



→
углы



A wild data driven machine learning appears



Машинное обучение: data driven approach

- Машинное обучение изучает алгоритмы, улучшающиеся благодаря опыту
- Функция решения задачи — **модель**
- Набор примеров — **обучающая выборка, датасет**
 - объекты (**сэмплы**) + ответы (**таргеты**)



'cat'



'dog'



'ninja'



'cat'



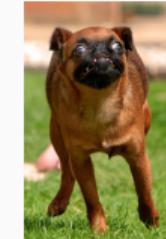
'dog'



'cat'



'ninja'



'dog'



'cat'

Машинное обучение: data driven approach

Теперь наша функция превращается в две:



```
def classify_image(img):  
    # здесь какая-то магия  
    # ...  
    # PROFIT  
    return label
```



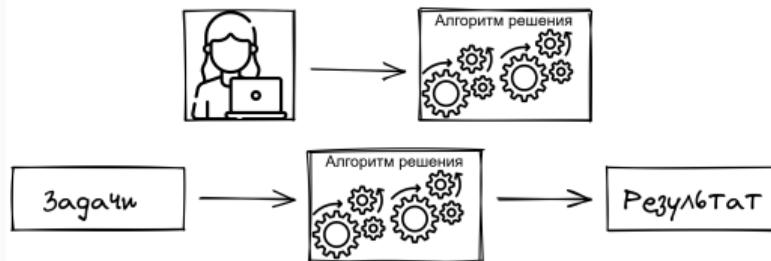
```
def train(images, labels):  
    # machine learning magic!  
    model = MLModel(...)  
    model.train(images, labels)  
    return model
```



```
def predict(image, model):  
    # используем обученную модель  
    label = model.predict(image)  
    return label
```

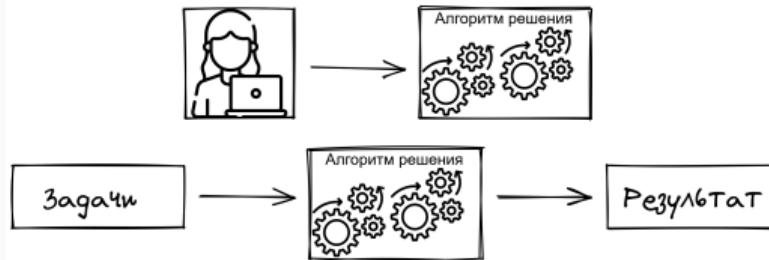
Software Engineering vs. Machine Learning

Computer Science & Software Engineering

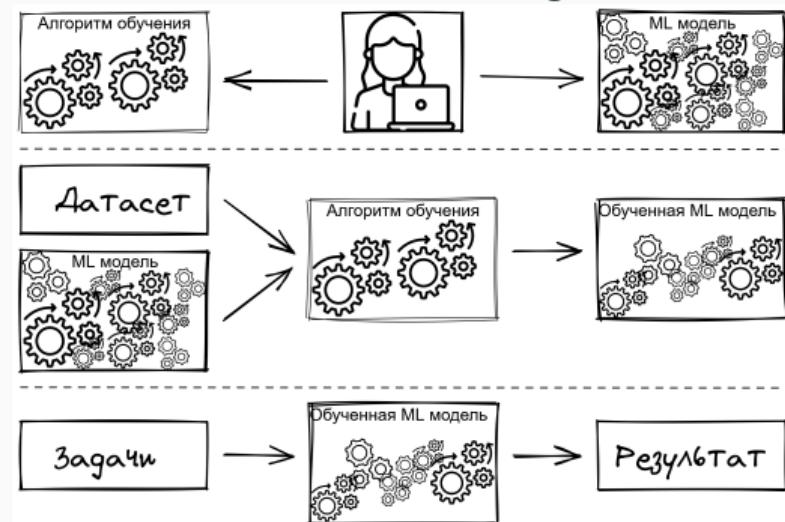


Software Engineering vs. Machine Learning

Computer Science & Software Engineering



Machine Learning



Когда применим ML?

Алгоритмы ML хорошо подходят в случаях, когда:

- мы не можем создать точный алгоритм решения задачи, потому что плохо понимаем лежащие в её основах процессы и **не можем построить** точную модель этих процессов

Когда применим ML?

Алгоритмы ML хорошо подходят в случаях, когда:

- мы не можем создать точный алгоритм решения задачи, потому что плохо понимаем лежащие в её основах процессы и **не можем построить** точную модель этих процессов
- или же модель есть, но ее полный расчет невозможен ввиду вычислительных ограничений (примеры — квантовая химия (AlphaFold2), игра в го (AlphaZero))

Когда применим ML?

Алгоритмы ML хорошо подходят в случаях, когда:

- мы не можем создать точный алгоритм решения задачи, потому что плохо понимаем лежащие в её основах процессы и **не можем построить** точную модель этих процессов
- или же модель есть, но ее полный расчет невозможен ввиду вычислительных ограничений (примеры — квантовая химия (AlphaFold2), игра в го (AlphaZero))
- **но** при этом мы можем собрать **достаточное** количество данных с примерами решения задачи

Когда применим ML?

- Модели машинного обучения пытаются **восстанавливать закономерности** на основе **данных**, а не исходя из понимания природы или здравого смысла
- “Золотое” правило машинного обучения



garbage in — garbage out

Почему применять ML сложно?

- Машинное обучение находится на стыке матстатистики, computer science и вычислительной математики (численной оптимизации)

Почему применять ML сложно?

- Машинное обучение находится на стыке матстатистики, computer science и вычислительной математики (численной оптимизации)
- ML алгоритмы являются статистическими по своей сути, поэтому их использование включает в себя допущение о “стационарности” (сохранении характеристик) задачи (отрицательный пример - предсказание курса акций)

Почему применять ML сложно?

- Машинное обучение находится на стыке матстатистики, computer science и вычислительной математики (численной оптимизации)
- ML алгоритмы являются статистическими по своей сути, поэтому их использование включает в себя допущение о “стационарности” (сохранении характеристик) задачи (отрицательный пример - предсказание курса акций)
- Модель учится на некоторой конечной выборке данных, а мы хотим чтобы она работала в будущем, на новых данных

Почему применять ML сложно?

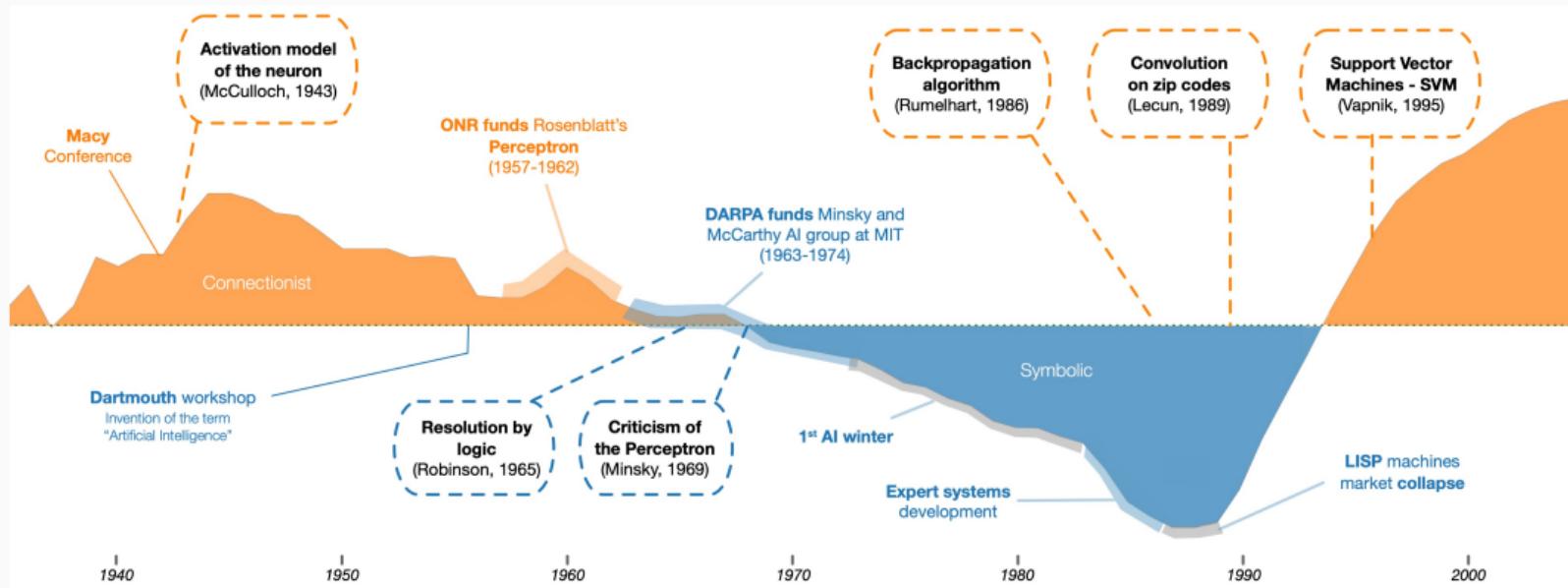
- Машинное обучение находится на стыке матстатистики, computer science и вычислительной математики (численной оптимизации)
- ML алгоритмы являются статистическими по своей сути, поэтому их использование включает в себя допущение о “стационарности” (сохранении характеристик) задачи (отрицательный пример - предсказание курса акций)
- Модель учится на некоторой конечной выборке данных, а мы хотим чтобы она работала в будущем, на новых данных
- Специфичные проблемы: недообучение, переобучение, протечки, ...
- Специфичные способы проверки корректности алгоритмов

Если это не учитывать, то...



...результат часто получается примерно таким

История исследований



82 года истории исследований АИ

Взлёт и падение модели перцептрона



Фрэнк Розенблatt и первый в мире
нейрокомпьютер (1958г.)

Взлёт и падение модели перцептрана

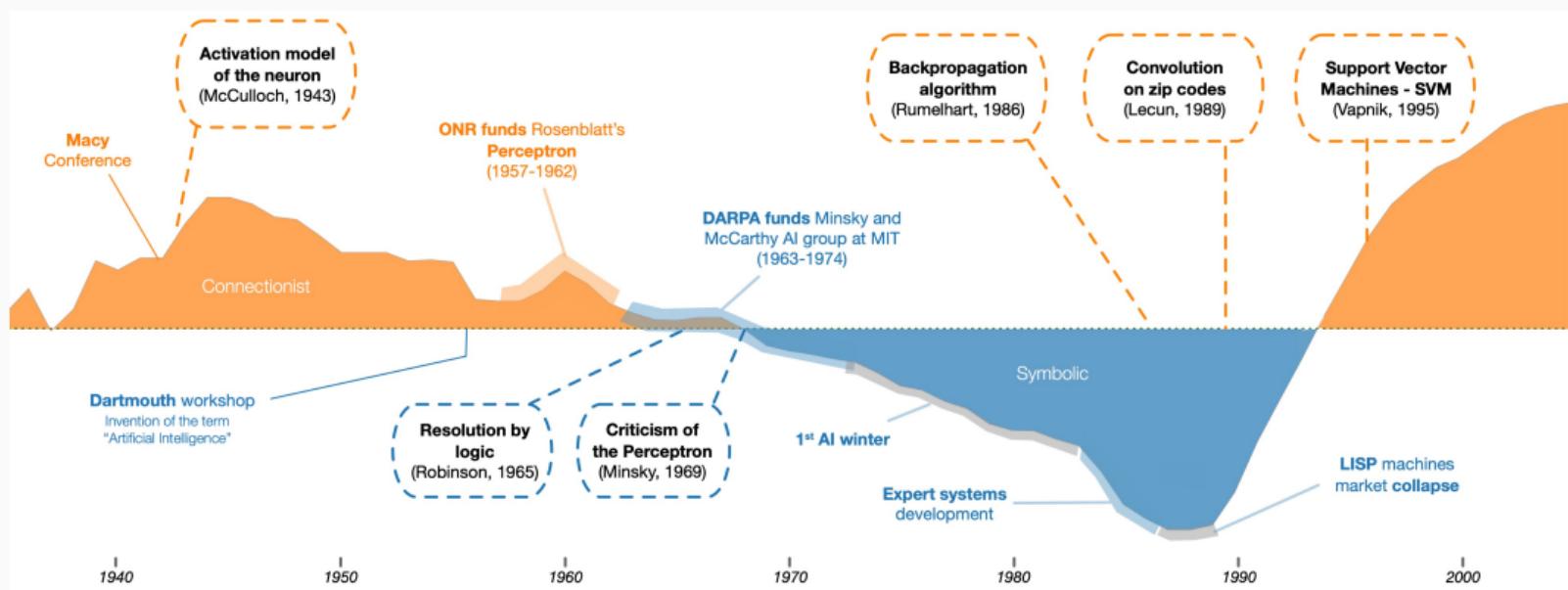


Фрэнк Розенблatt и первый в мире
нейрокомпьютер (1958г.)



Книга, которая разрушила его работу
(1969г.)

История исследований



82 года истории исследований АИ

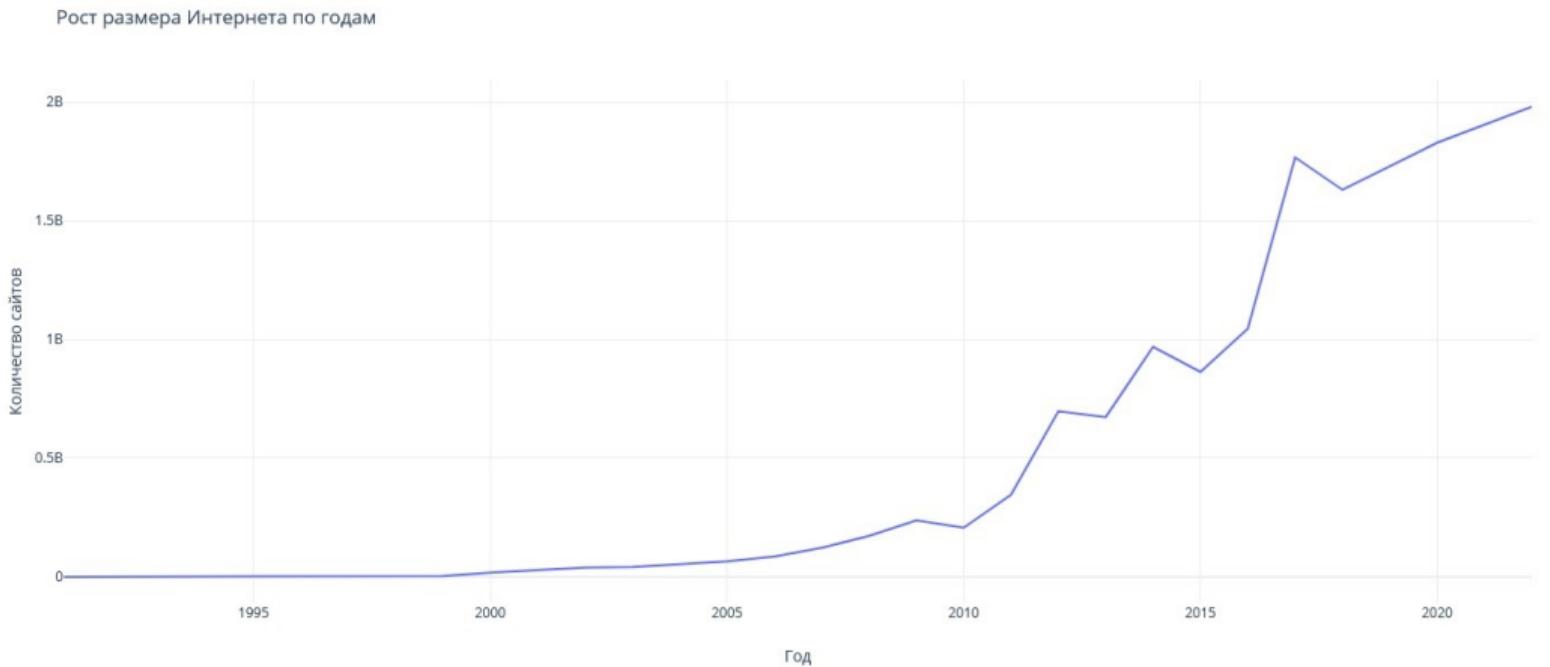
- Искусственные нейросети были изобретены не несколько лет назад, а еще в 50-е
- Со времени своего изобретения они прошли несколько пиков популярности и забвения
- До 90-х область страдала от отсутствия эффективных методов обучения моделей
- До середины 10-х ученые в области нейросетей (и шире, AI) были на “маргинальном” положении

Почему тогда сейчас нейронные сети и машинное обучение опять на хайпе?

Наступил 2012 год



Больше данных



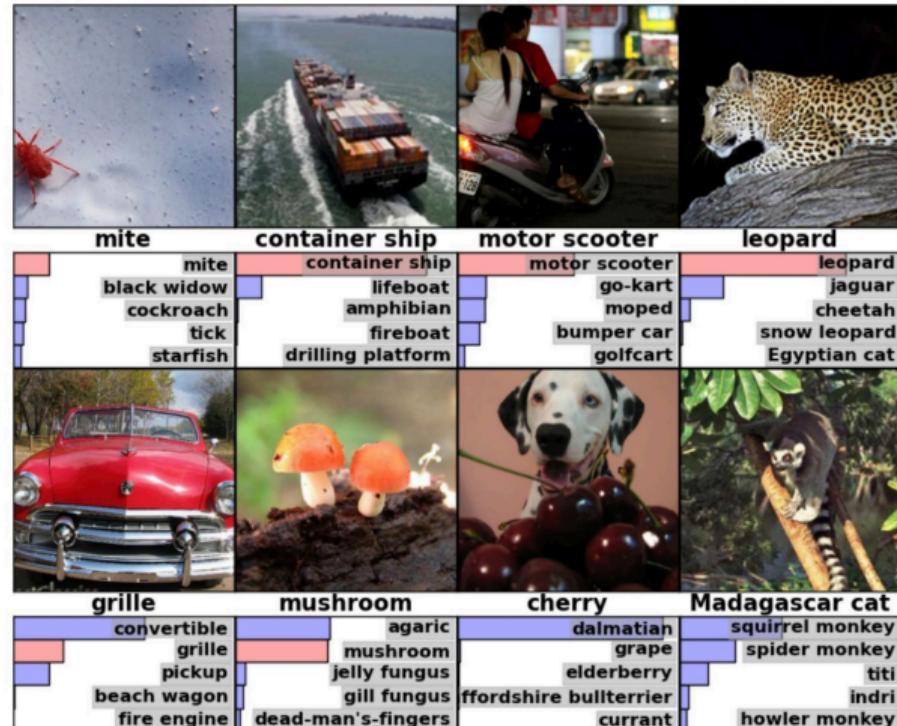
Больше размеченных данных: ImageNet



Больше размеченных данных: ImageNet



- 1000 классов
- train: 1.2 млн
test: 100к



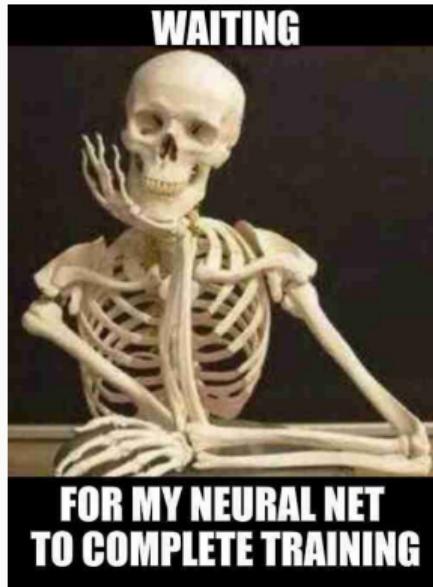
Больше размеченных данных: ImageNet

- С 2010 года проводится ILSVRC — ImageNet Large Scale Visual Recognition Competition
- Это соревнование, помимо открытого доступа к большому датасету ImageNet, дало научному сообществу простой способ сравнивать различные модели, что сильно ускорило прогресс в области компьютерного зрения, а подобный подход перенесли и в другие области (текст, звук)

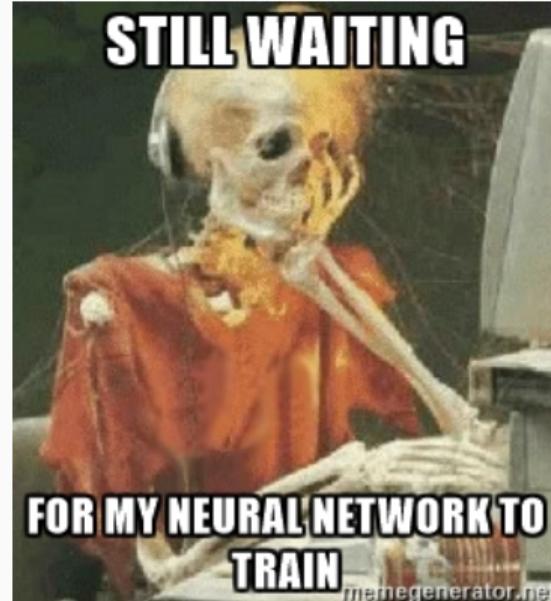


Dr. Fei-Fei Li

Много данных — тоже проблема



70е: нет эффективных алгоритмов, нет данных, нет мощностей



00е: данных подросло, но расчеты будут идти вечно

Геймеры спасают науку о данных

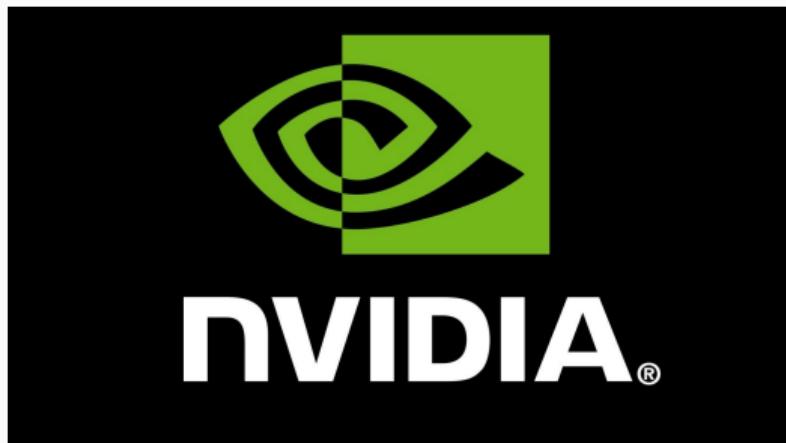


GPU - Graphics Processing Unit



LESNUMERIQUES®
DIGITALVERSUS®

GPUs: конкуренция — это прекрасно



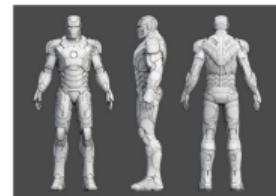
GPU vs. CPU



Ученые любят GPU

Компьютерные игры

Нейронные сети



3D графика

$$\begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & a_9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & b_3 \\ b_4 & b_5 & b_6 \\ b_7 & b_8 & b_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & c_3 \\ c_4 & c_5 & c_6 \\ c_7 & c_8 & c_9 \end{bmatrix}$$

Перемножение матриц

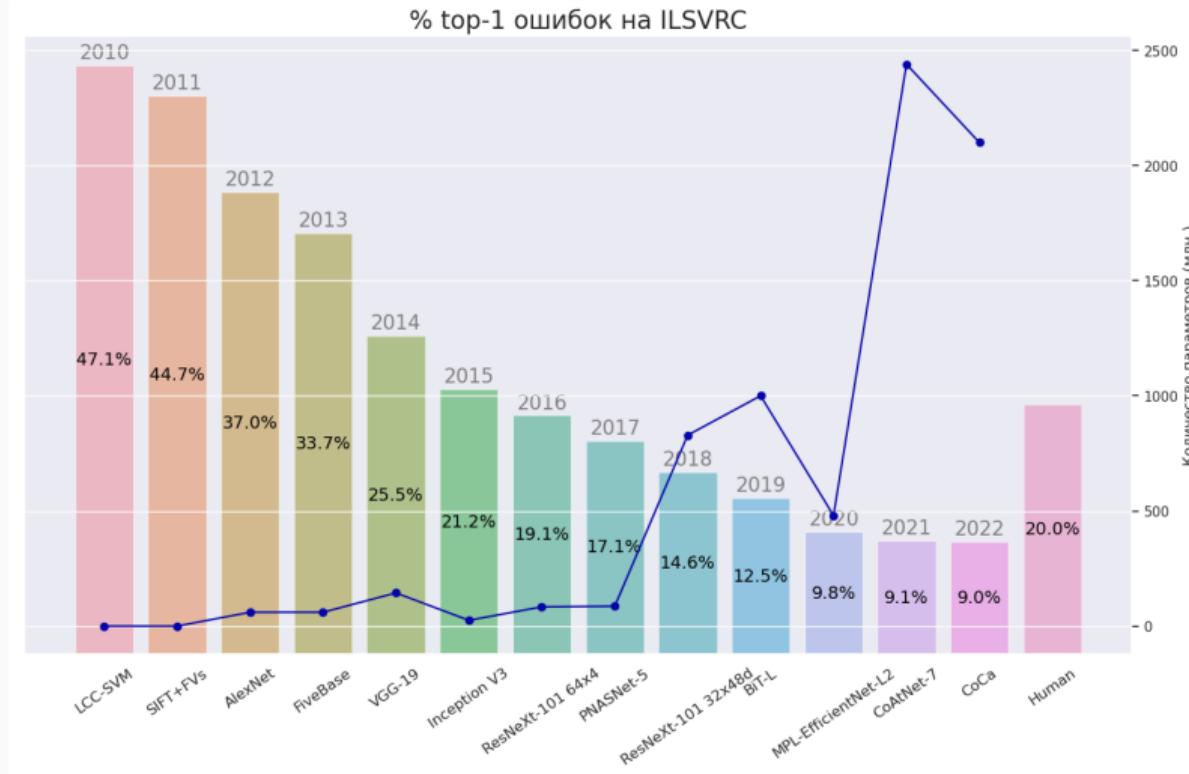


Видеокарты

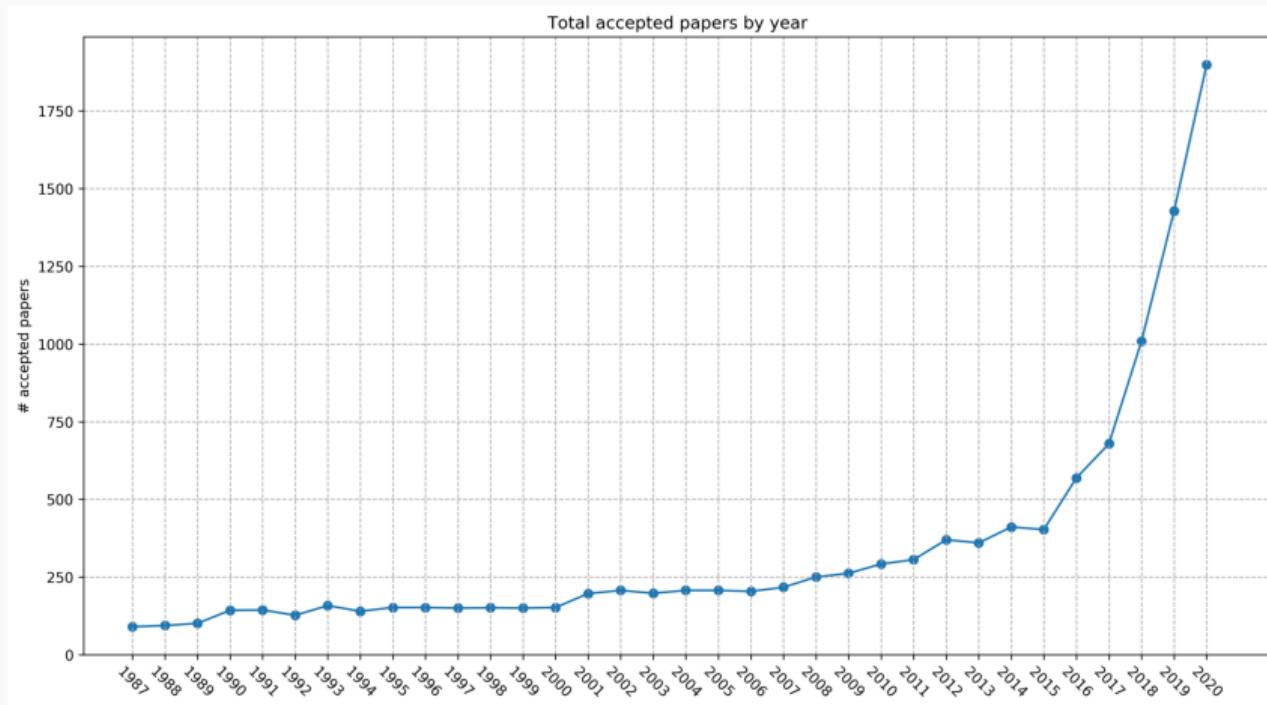
Что произошло в 2012 году

- Alex Krizhevsky принял участие в ILSVRC, взяв в качестве алгоритма вариацию нейронной сети, представленную еще в 1989 году
- Он обучил ее на данных ImageNet используя 2 GPU NVIDIA GTX 580
- Эта модель обошла конкурентов на более чем 10.8% п. п.
- Начиная с 2012 года в ILSVRC побеждали только нейросетевые алгоритмы
- Стало понятно, что нейросетевые модели забыты незаслуженно и им просто нужно больше данных и вычислительных мощностей, чтобы превзойти любые другие алгоритмы обработки изображений

Итоги DL-революции 2012 года

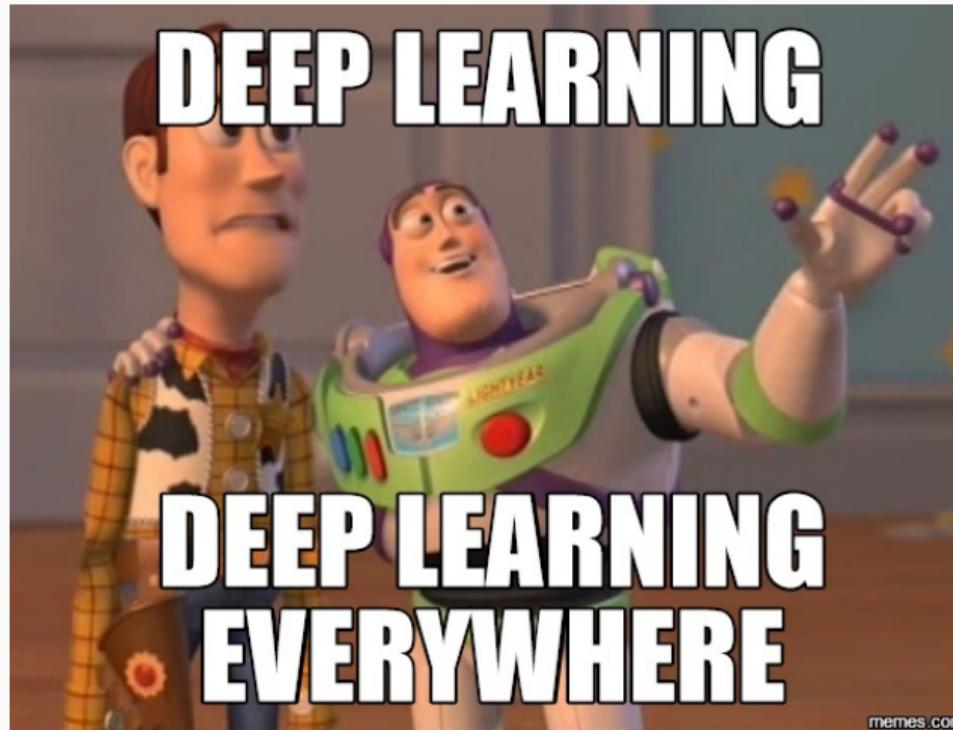


Итоги DL-революции 2012 года



Количество принятых статей на конференцию NeurIPS

Из 2012 в 2024



Суть машинного обучения



К концу курса вы сможете лучше понять этот мем