

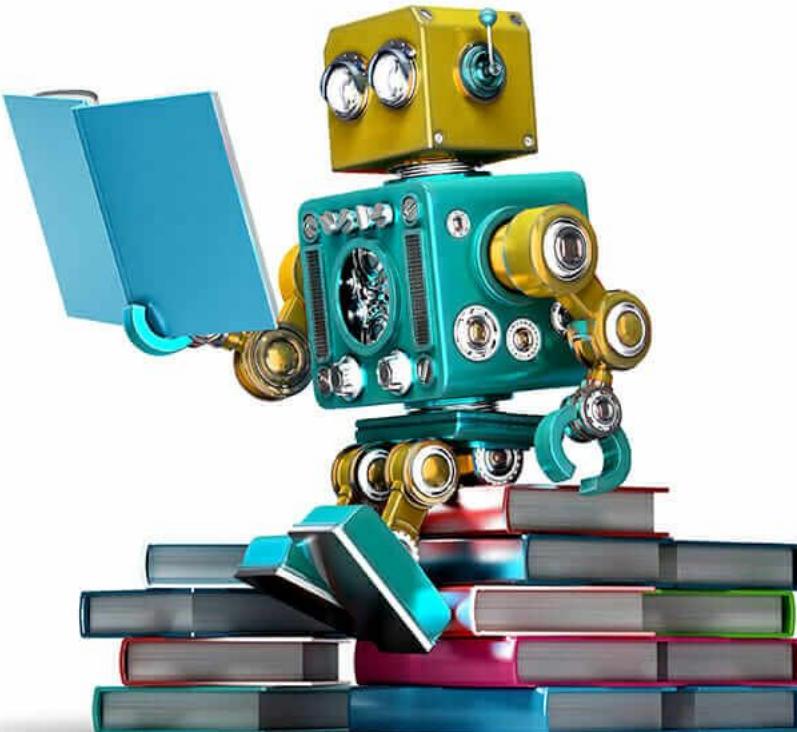
# Lecture 1

---

Bulat Ibragimov  
*Yandex Research*

# Plan

1. Course structure
2. ML definition
3. Timeline
  - a. Perceptron, Mark-1,EVA
  - b. Classic algorithms
  - c. Deep Learning
4. Basic Definitions
5. Basic Algorithms
6. Typical problems
7. Tools



# Goals & Program

1. Basics & Motivation, Metric Classifier

*NumPy, Matplotlib, Pandas, Git*

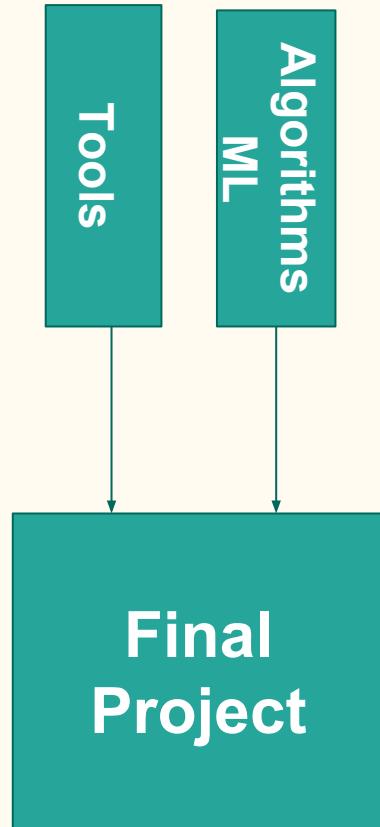
1. Supervised models overview: Logical Classifiers,

*Linear models, etc. Kaggle*

1. Decision Trees, Gradient methods, assembling

*Random Forest, Gradient Boosting*

1. Typical problems: overfitting, sparse data, multicollinearity

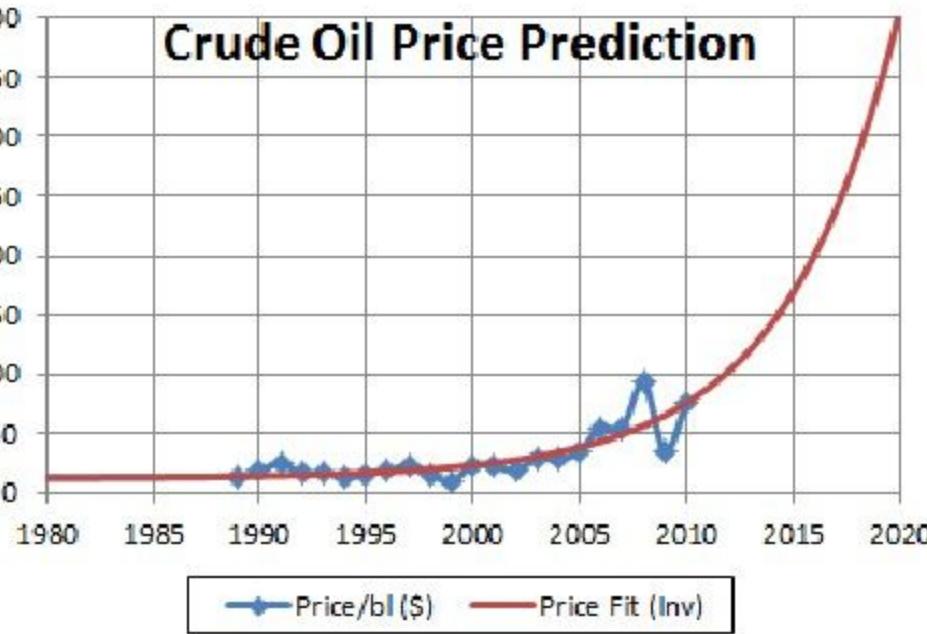


# What is ML?

---

100  
010

## Crude Oil Price Prediction



Good Credit Score

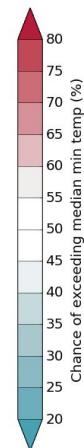


Australian Government  
Bureau of Meteorology

Chance of exceeding the median Min Temp  
May to July 2018

Product of the Bureau of Meteorology

<http://www.bom.gov.au/climate>  
© Commonwealth of Australia 2018, Australian Bureau of Meteorology



Issued: 12/04/2018  
Model Run: 08/04/2018  
Base Period: 1981-2010

Специально для Вас

Аффинаж, rsac, номер скрыт и другие

▶ СЛУШАТЬ ВСЕ



Приглядитесь к этим предложениям



3 295 ₽ -50 %

6 590 ₽

Кеды VANS



7 030 ₽ -35 %

10 800 ₽

Внешняя звуковая



1 875 000 ₽

Виниловый  
проигрыватель Spira...



4 400 ₽ -30 %

6 290 ₽

Кеды VANS



11 790 ₽

Лонгборд GoldCoast  
Standard

# Google

где найти

где найти

где найти работу

где найти девушку

где найти друзей

где найти парня

где найти мужа

где найти деньги

где найти ответы на огэ 2018

где найти ответы на егэ 2018

где найти алису

Страница



Свидание III в Москве  
Событие

УДИВИТЕЛЬНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ



Линзы ACUVUE® в  
"Очкиарик"!  
ochkarik.ru

Удивительное  
предложение на  
контактные линзы  
ACUVUE OASYS® 1-Day!

Есть противопоказания.  
Требуется консультация  
специалиста.

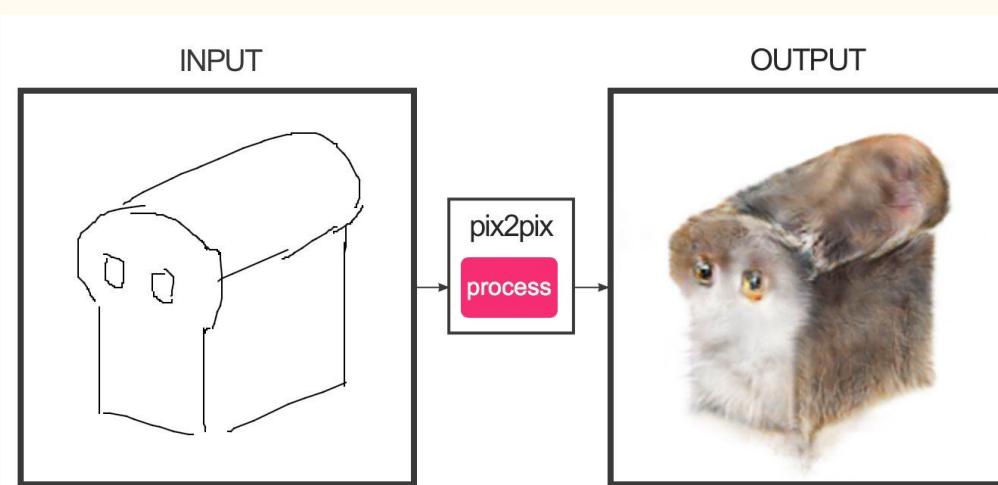
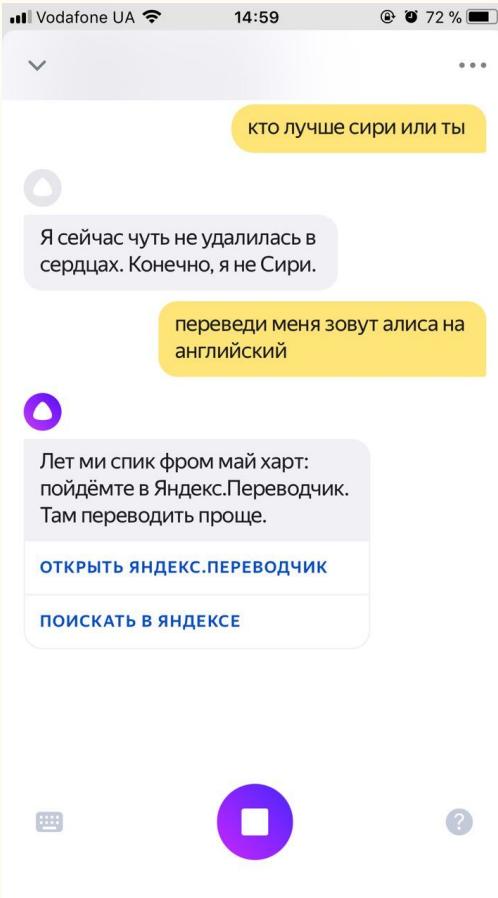
Сначала интересные



беру! BETA

Блог Разработчикам

5491\_219500906



- 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!»
- 2011–2015 ImageNet 25% → 3.5% ошибок против 5% у людей
- 2012 Google X Lab: распознавание видеокадров с котами
- 2014 Facebook DeepFace распознаёт лица с точностью 97%
- 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

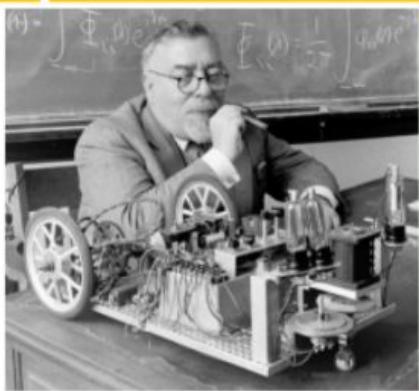
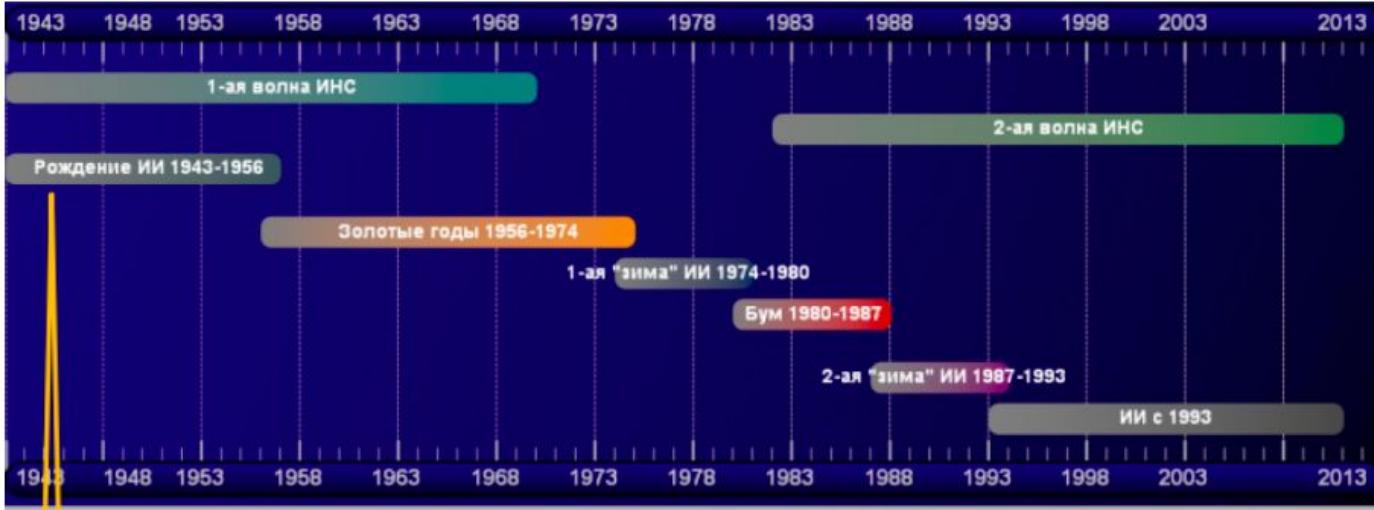
**Machine learning** is a field of computer science that uses statistical techniques to give computer systems the ability to "learn" (e.g., progressively improve performance on a specific task) with data, without being explicitly programmed.

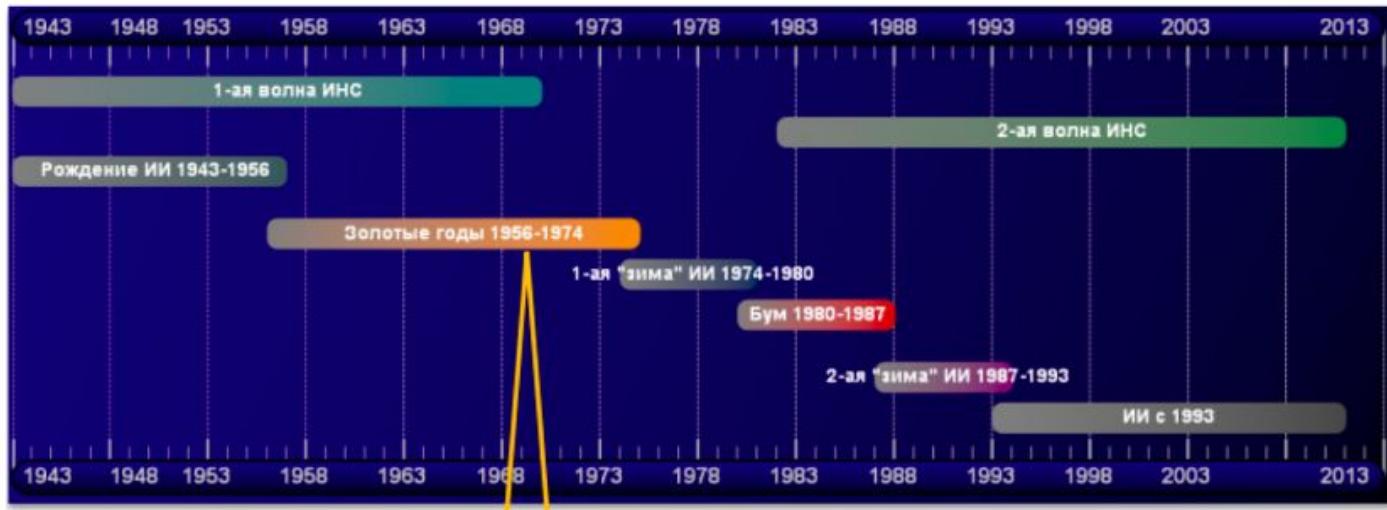
# Timeline

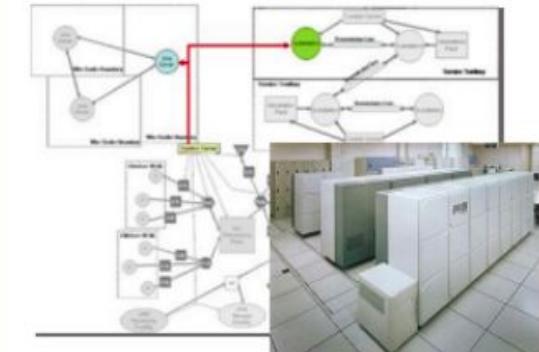
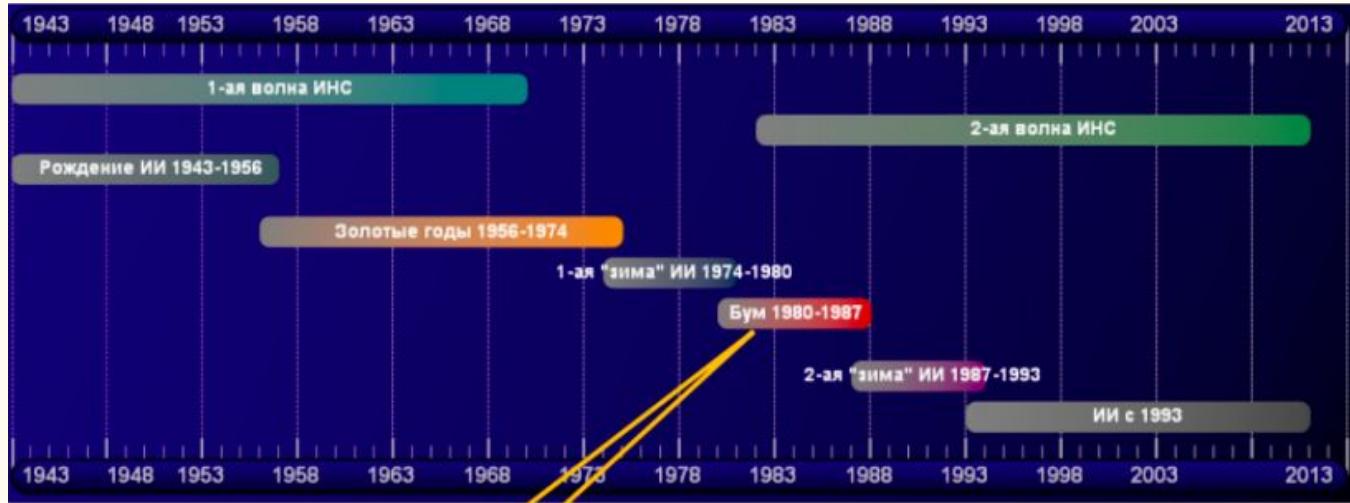
---

100  
010

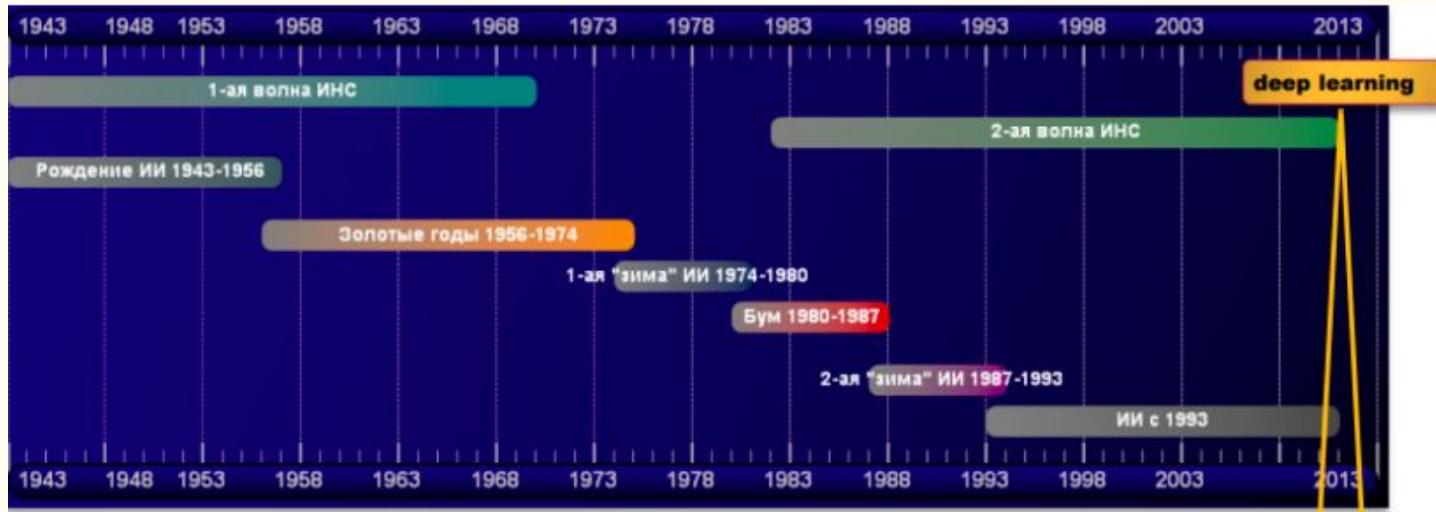
<https://mipt.ru/science/labs/laboratoriya-nevronnykh-sistem-i-glubokogo-obucheniya/>



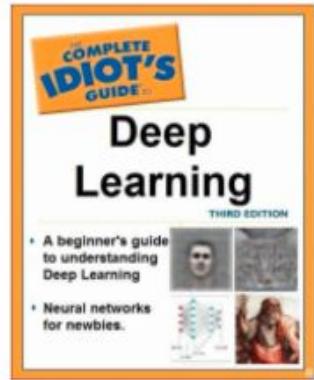
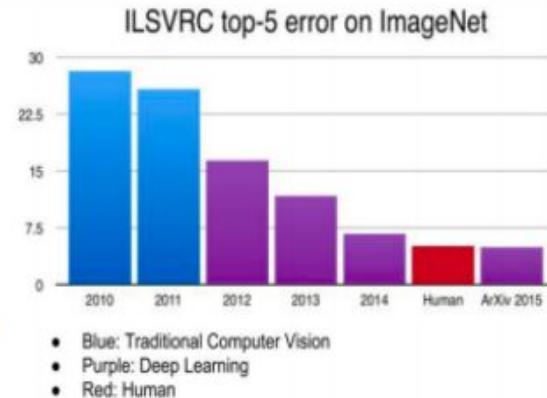


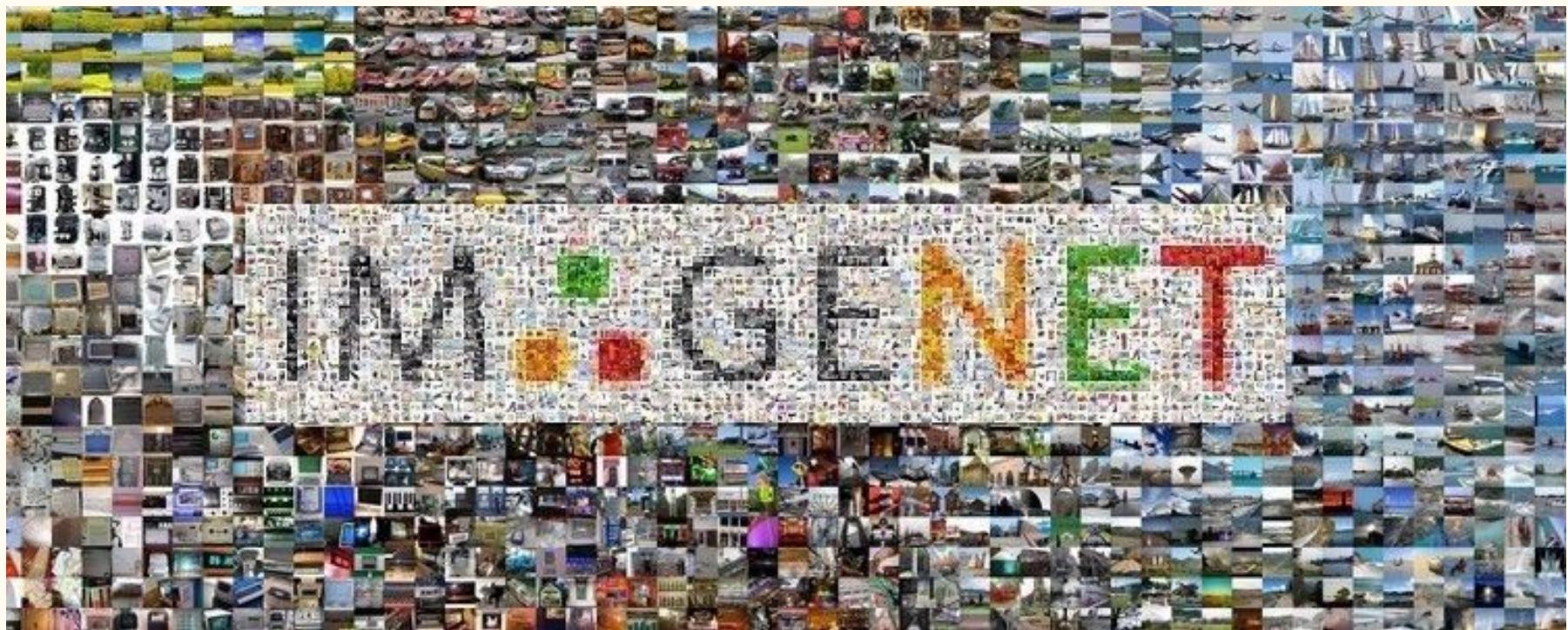


- Попытки смоделировать рассуждения человека в узкой предметной области – появление экспертных систем – систем основанных на знаниях
- Японское правительство выделяет \$850 млн. на программу «Компьютеры пятого поколения»

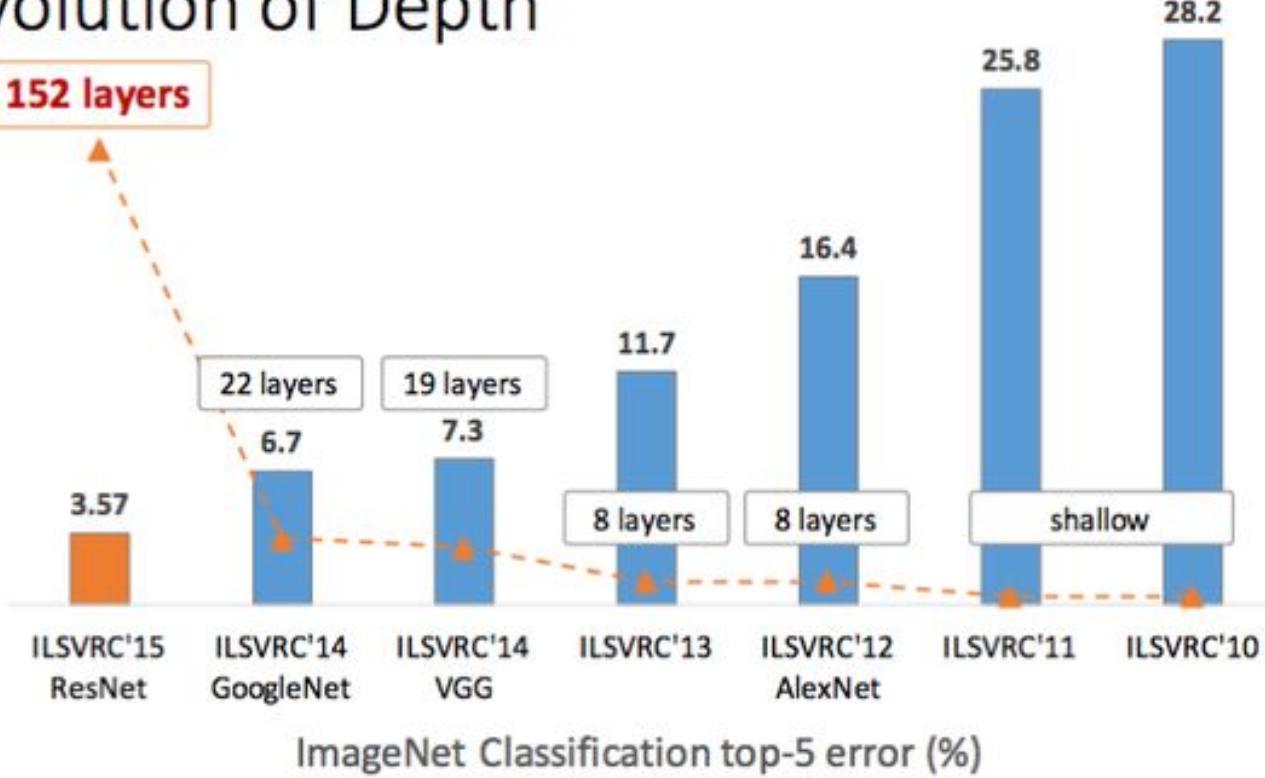


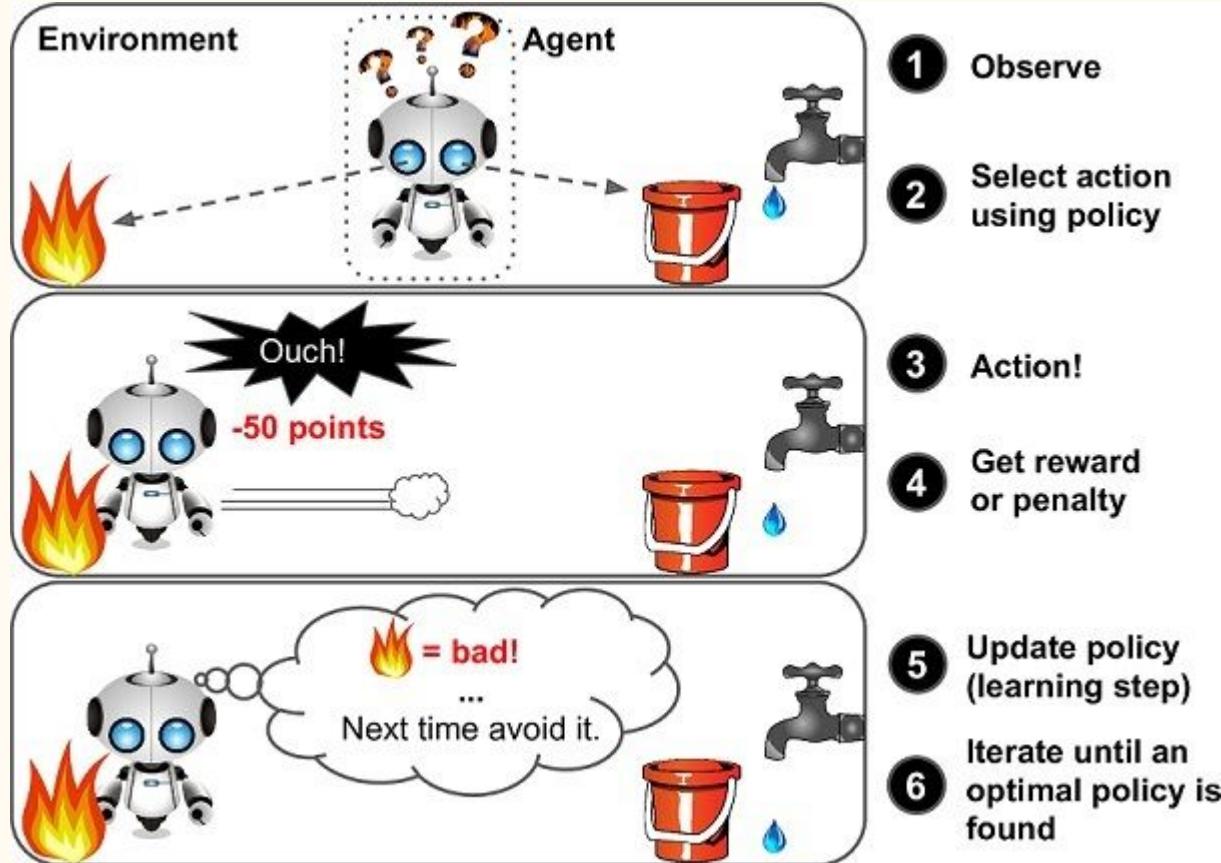
- Классификация огромных массивов изображений и видео.
- Google и Facebook охотятся за головами ученых занимающихся нейронными сетями.
- Нейросети учатся играть в игры по картинке.





# Revolution of Depth





## **Машина может**

**Предсказывать**

**Запоминать**

**Воспроизводить**

**Выбирать лучшее**

## **Машина не может**

**Создавать новое**

**Резко поумнеть**

**Выйти за рамки задачи**

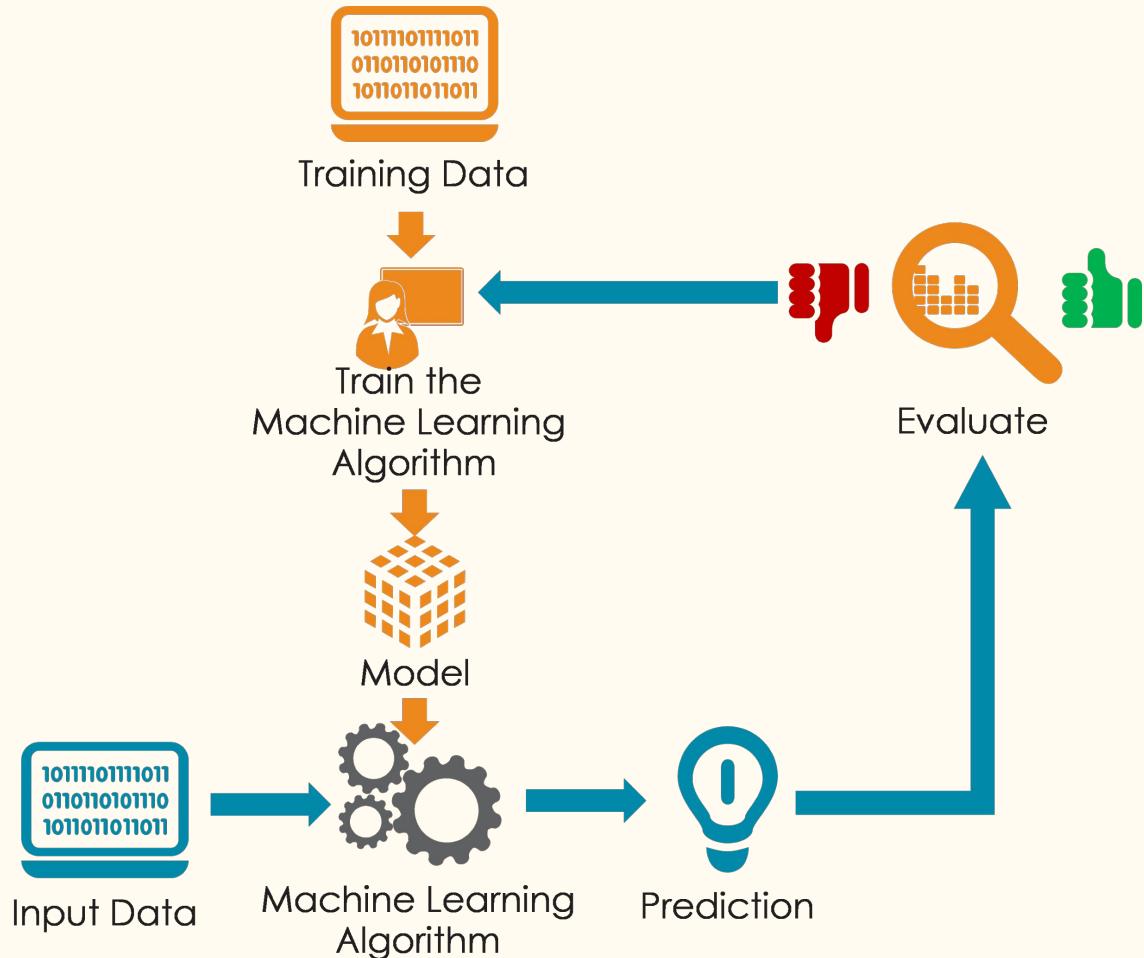
**Убить всех людей**

[https://vas3k.ru/blog/machine\\_learning/](https://vas3k.ru/blog/machine_learning/)

# ML Language

---

100  
010



$X$  – множество **объектов**

$Y$  – множество **допустимых ответов**

$y^*$  – целевая функция,  $y^*: X \rightarrow Y$ ,  $y_i = y^*(x_i)$  известны только на **конечном** подмножестве объектов  $x_1, \dots, x_m$  из  $X$

Пары  $(x_i, y_i)$  – прецеденты

Совокупность пар таких пар при  $i$  из  $1, \dots, m$  – **обучающая выборка** ( $X_{train}$ )

$a$  – **решающая функция** (алгоритм), которая любому объекту из  $X$  ставит в соответствие допустимый ответ из  $Y$  и приближает целевую функцию  $y^*$

$X_{test}$  – **выборка прецедентов** для тестирования построенного алгоритма  $a$

Для решения задачи обучения по прецедентам в первую очередь фиксируется восстанавливаемой зависимости.

PassengerId	Survived	Pclass	Name	Sex	Age	SibSp	Parch	Ticket
1	0	3	Braund, Mr. Owen Harris	male	22	1	0	A/5 21171
2	1	1	Cumings, Mrs. John Bradley (Florence Briggs Thayer)	female	38	1	0	PC 17599
3	1	3	Heikkinen, Miss. Laina	female	26	0	0	STON/O2. 310128
4	1	1	Futrelle, Mrs. Jacques Heath (Lily May Peel)	female	35	1	0	113803
5	0	3	Allen, Mr. William Henry	male	35	0	0	373450
6	0	3	Moran, Mr. James	male		0	0	330877
7	0	1	McCarthy, Mr. Timothy J	male	54	0	0	17463
8	0	3	Palsson, Master. Gosta Leonard	male	2	3	1	349909

X

 $y^*$ 

features

PassengerId	Survived	Pclass	Name	Sex	Age	SibSp	Parch	Ticket
1	0	3	Braund, Mr. Owen Harris	male	22	1	0	A/5 21171
2	1	1	Cumings, Mrs. John Bradley (Florence Briggs Thayer)	female	38	1	0	PC 17599
3	1	3	Heikkinen, Miss. Laina	female	26	0	0	STON/O2. 310128
4	1	1	Futrelle, Mrs. Jacques Heath (Lily May Peel)	female	35	1	0	113803
5	0	3	Allen, Mr. William Henry	male	35	0	0	373450
6	0	3	Moran, Mr. James	male		0	0	330877
7	0	1	McCarthy, Mr. Timothy J	male	54	0	0	17463
8	0	3	Palsson, Master. Gosta Leonard	male	2	3	1	349909

 $Y=\{0,1\}$

**Признак** (feature)  $f$  объекта  $x$  — это результат измерения некоторой характеристики объекта. Формально признаком называется отображение  $f : X \rightarrow D_f$ , где  $D_f$  — множество допустимых значений признака. В частности, любой алгоритм  $a : X \rightarrow Y$  также можно рассматривать как признак

Пусть дан набор признаков  $f_1(x), \dots, f_n(x)$ .

**Признаковое описание объекта**  $x$  — вектор (одномерный массив)  $(f_1, \dots, f_n)$ . Совокупность признаковых описаний всех объектов выборки длины  $m$ , записанную в виде таблицы размера  $mp$ , называют матрицей объектов-признаков.

## CATEGORY

## RANGE

**Excellent**  
(28% of people)

750 - 850

**Good**  
(10% of people)

700 - 749

**Fair**  
(16% of people)

**650 - 699**

**Poor**  
(32% of people)

550 - 649

**Very Poor**  
(14% of people)

350 - 549



1. Пол
2. Доход семьи
3. Опыт работы
4. Кредитная история
5. Возраст
6. Уровень образования
7. Профессия
8. Место проживания
9. Недвижимость в собственности

X

y\*

features

PassengerId	Survived	Pclass	Name	Sex	Age	SibSp	Parch	Ticket
1	0	3	Braund, Mr. Owen Harris	male	22	1	0	A/5 21171
2	1	1	Cumings, Mrs. John Bradley (Florence Briggs Thayer)	female	38	1	0	PC 17599
3	1	3	Heikkinen, Miss. Laina	female	26	0	0	STON/O2. 310128
4	1	1	Futrelle, Mrs. Jacques Heath (Lily May Peel)	female	35	1	0	113803
5	0	3	Allen, Mr. William Henry	male	35	0	0	373450
6	0	3	Moran, Mr. James	male		0	0	330877
7	0	1	McCarthy, Mr. Timothy J	male	54	0	0	17463
8	0	3	Palsson, Master. Gosta Leonard	male	2	3	1	349909

X\_train=Object\_ids+Features+y\*

X

features

PassengerId	Pclass	Name	Sex	Age	SibSp	Parch	Ticket	Fare
892	3	Kelly, Mr. James	male	34.5	0	0	330911	7.8292
893	3	Wilkes, Mrs. James (Ellen Needs)	female	47	1	0	363272	7
894	2	Myles, Mr. Thomas Francis	male	62	0	0	240276	9.6875
895	3	Wirz, Mr. Albert	male	27	0	0	315154	8.6625
896	3	Hirvonen, Mrs. Alexander (Helga E Lindqvist)	female	22	1	1	3101298	12.2875
897	3	Svensson, Mr. Johan Cervin	male	14	0	0	7538	9.225
898	3	Connolly, Miss. Kate	female	30	0	0	330972	7.6292
899	2	Caldwell, Mr. Albert Francis	male	26	1	1	248738	29
900	3	Abrahim, Mrs. Joseph (Sophie Halaut Easu)	female	18	0	0	2657	7.2292
901	3	Davies, Mr. John Samuel	male	21	2	0	A/4 48871	24.15

X\_test=Object\_ids+Features

По выборке  $X_{train}$  построить решающую функцию (*decisionfunction*)  
 $a : X \rightarrow Y$ , которая приближает целевую функцию  $y^*$ , причём не  
только на объектах ***обучающей выборки, но и на всём***  
***множестве  $X$ .***

**Решающая функция  $a$  должна быть вычислимой.**

# Как строится функция а?

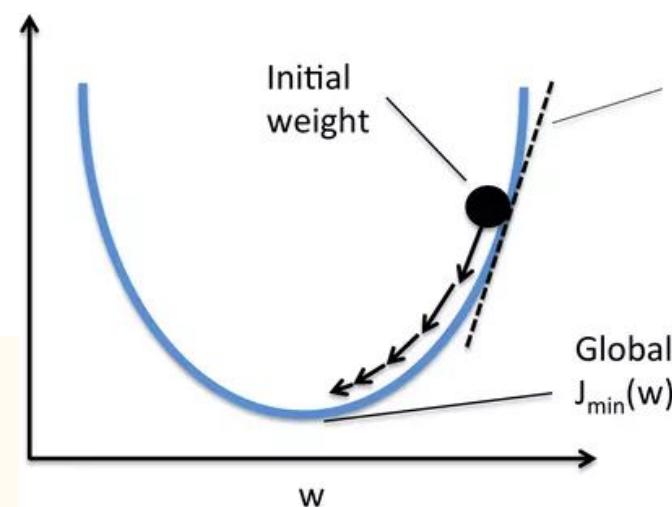
**Обучающая выборка** — выборка, по которой производится настройка (оптимизация параметров) модели зависимости.

**Тестовая выборка** — выборка, по которой оценивается качество построенной модели.

**Функционал качества (обучение с учителем)** — определяется как средняя ошибка ответов, выданных алгоритмом, по всем объектам выборки.

$$L(\hat{y}, y) = I(\hat{y} \neq y),$$

$$\text{logloss} = -\frac{1}{l} \cdot \sum_{i=1}^l (y_i \cdot \log(\hat{y}_i) + (1 - y_i) \cdot \log(1 - \hat{y}_i))$$



# ML Algorithms

---

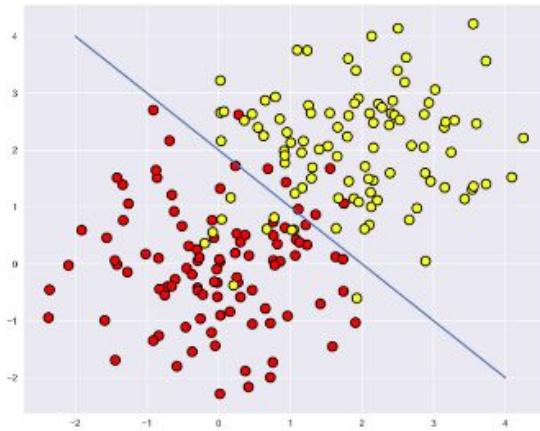
100  
010





## Классификация

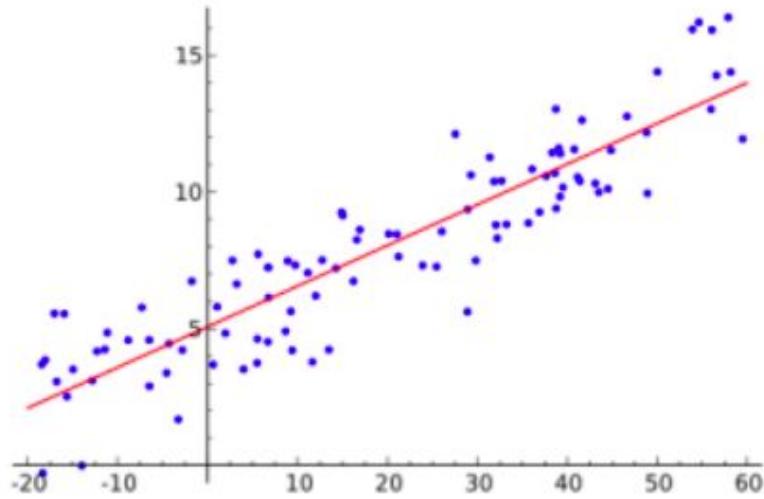
*Множество допустимых ответов конечно. Их называют метками классов (*class label*). Класс — это множество всех объектов с данным значением метки.*





## Регрессия

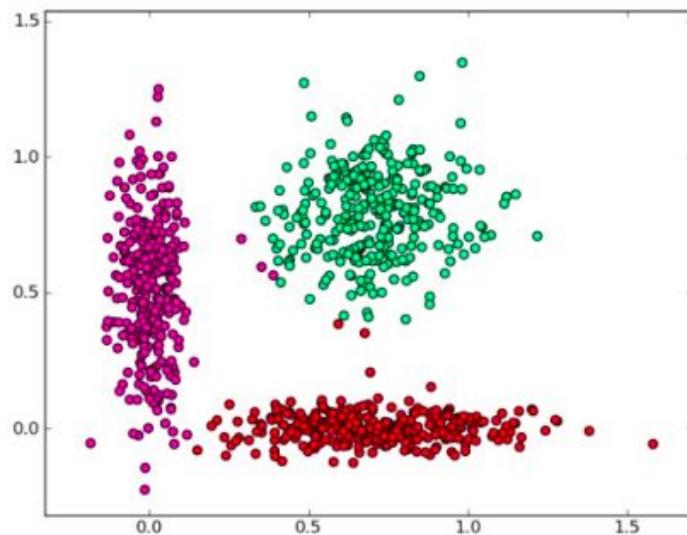
*Отличается тем, что допустимым ответом является действительное число или числовой вектор.*



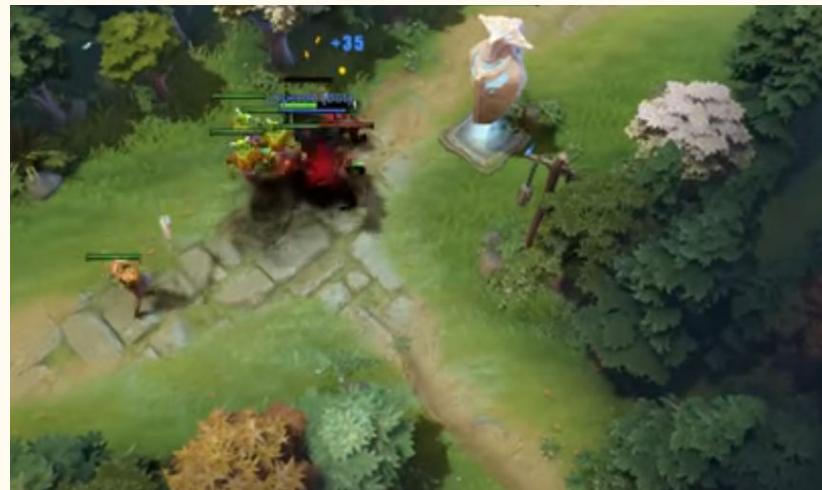


## Кластеризация

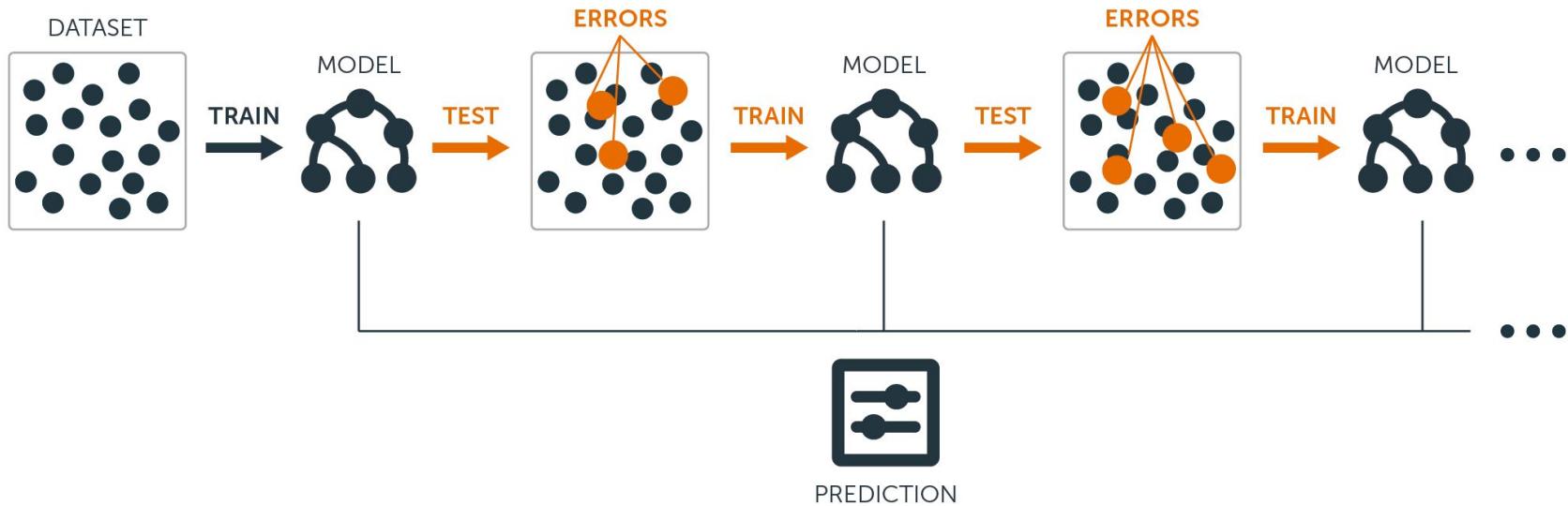
Заключается в том, чтобы сгруппировать объекты в кластеры, используя данные о попарном сходстве объектов. Функционалы качества могут определяться по-разному, например, как отношение средних межкластерных и внутрикластерных расстояний.

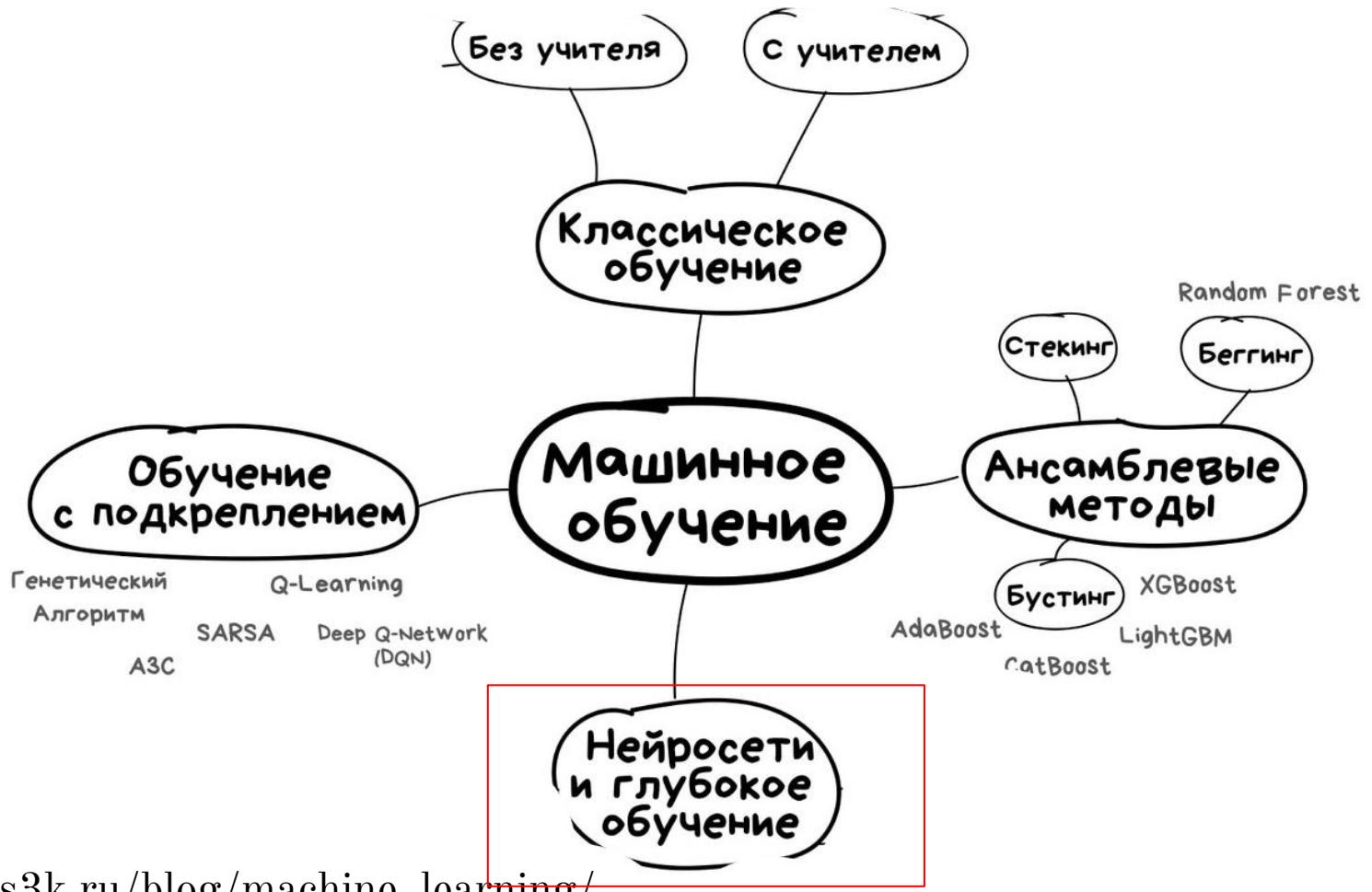




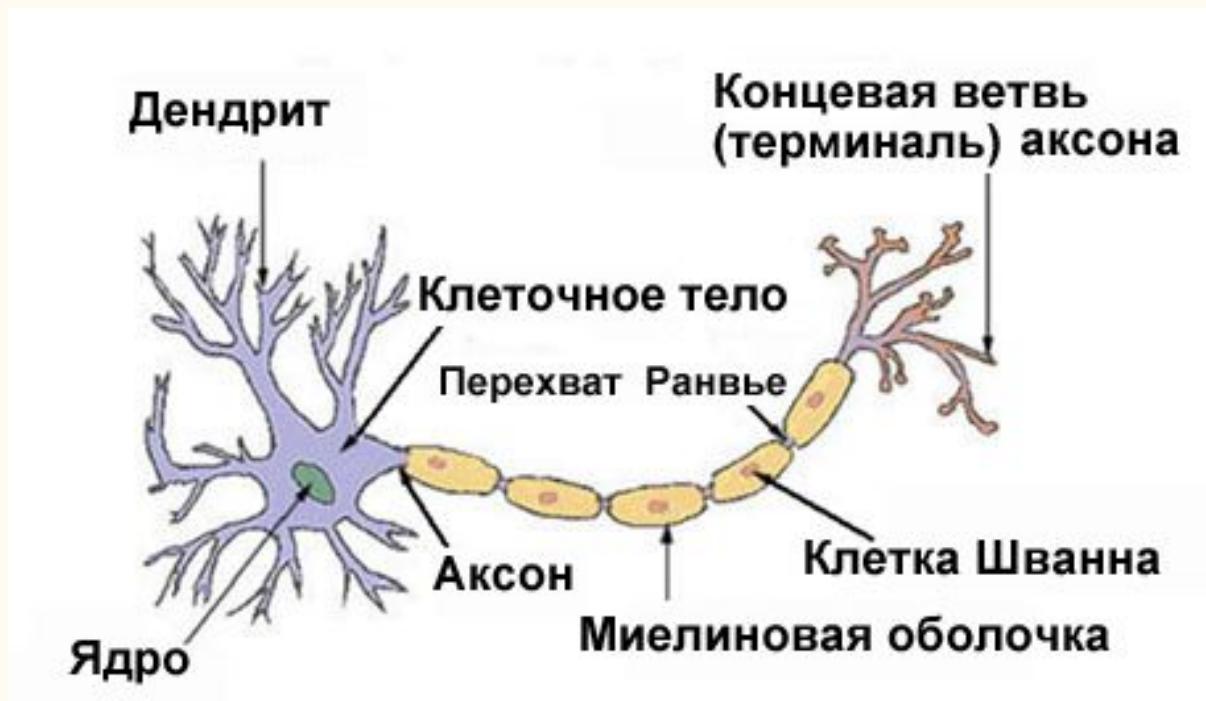




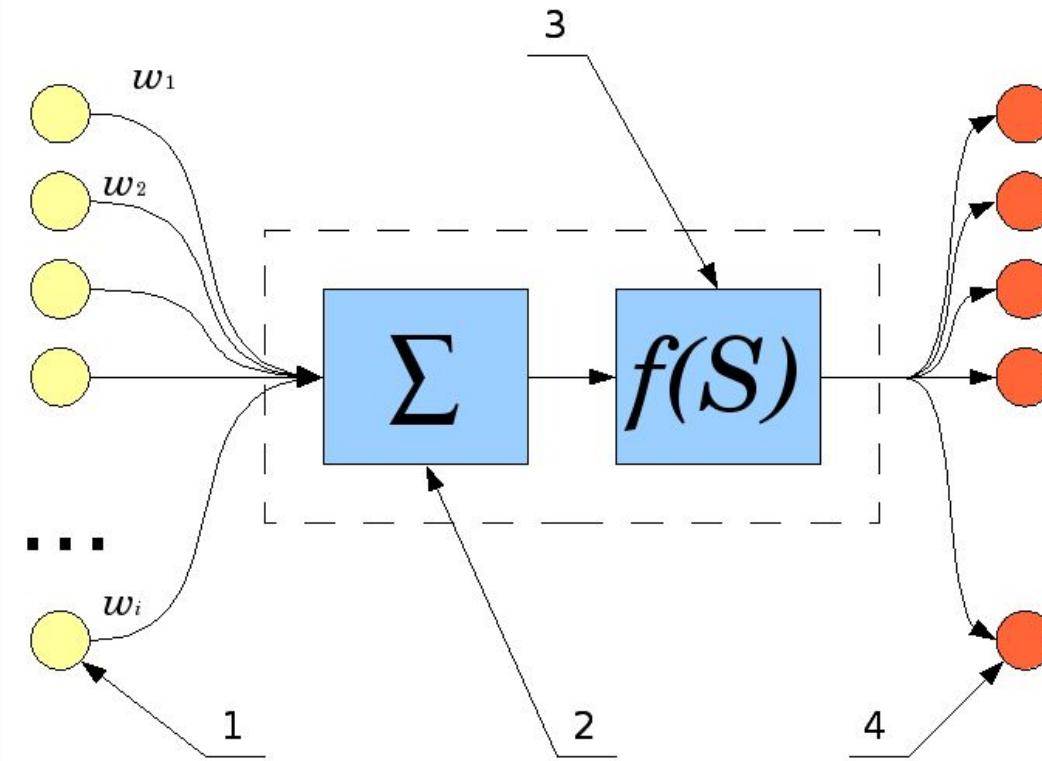


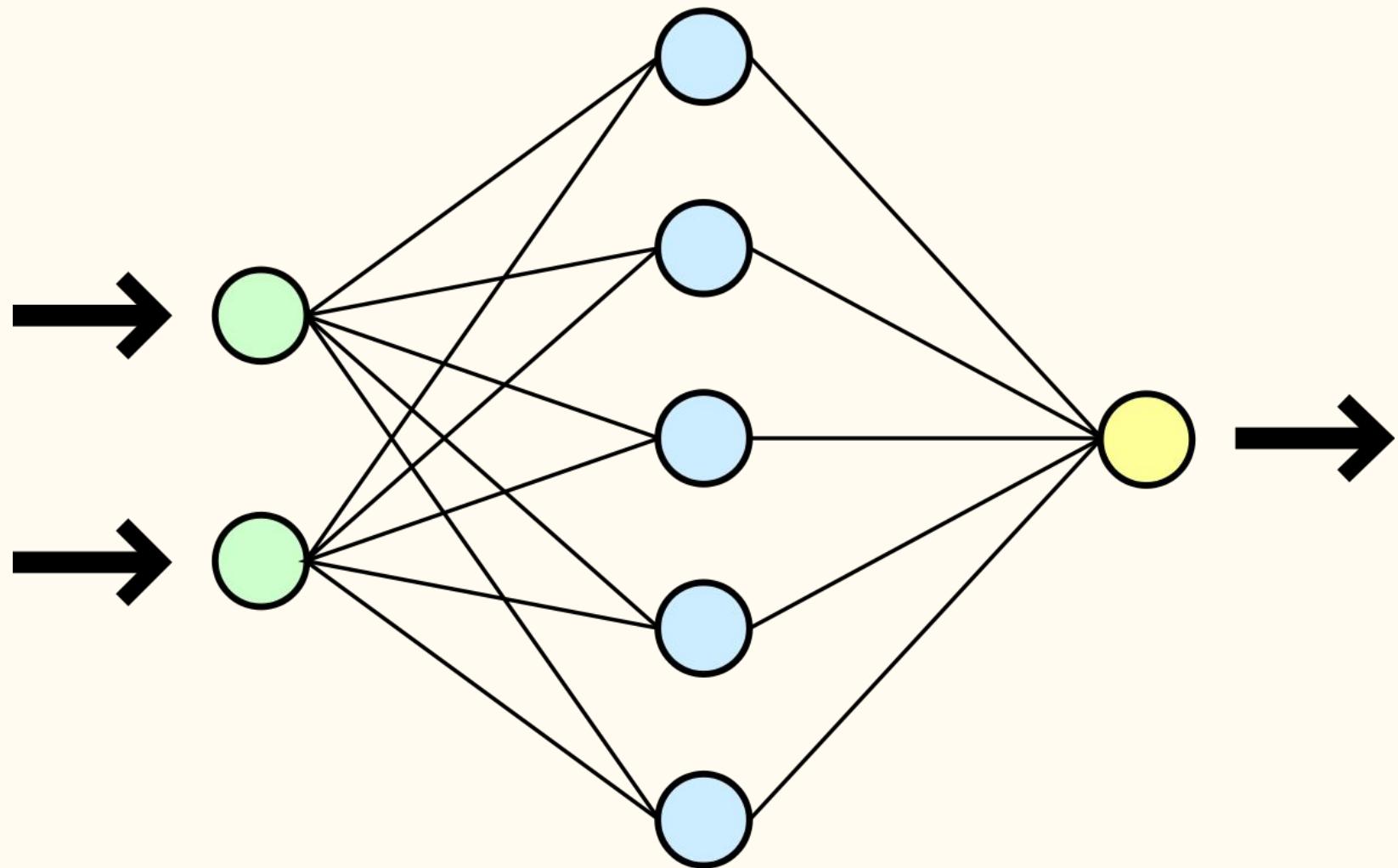


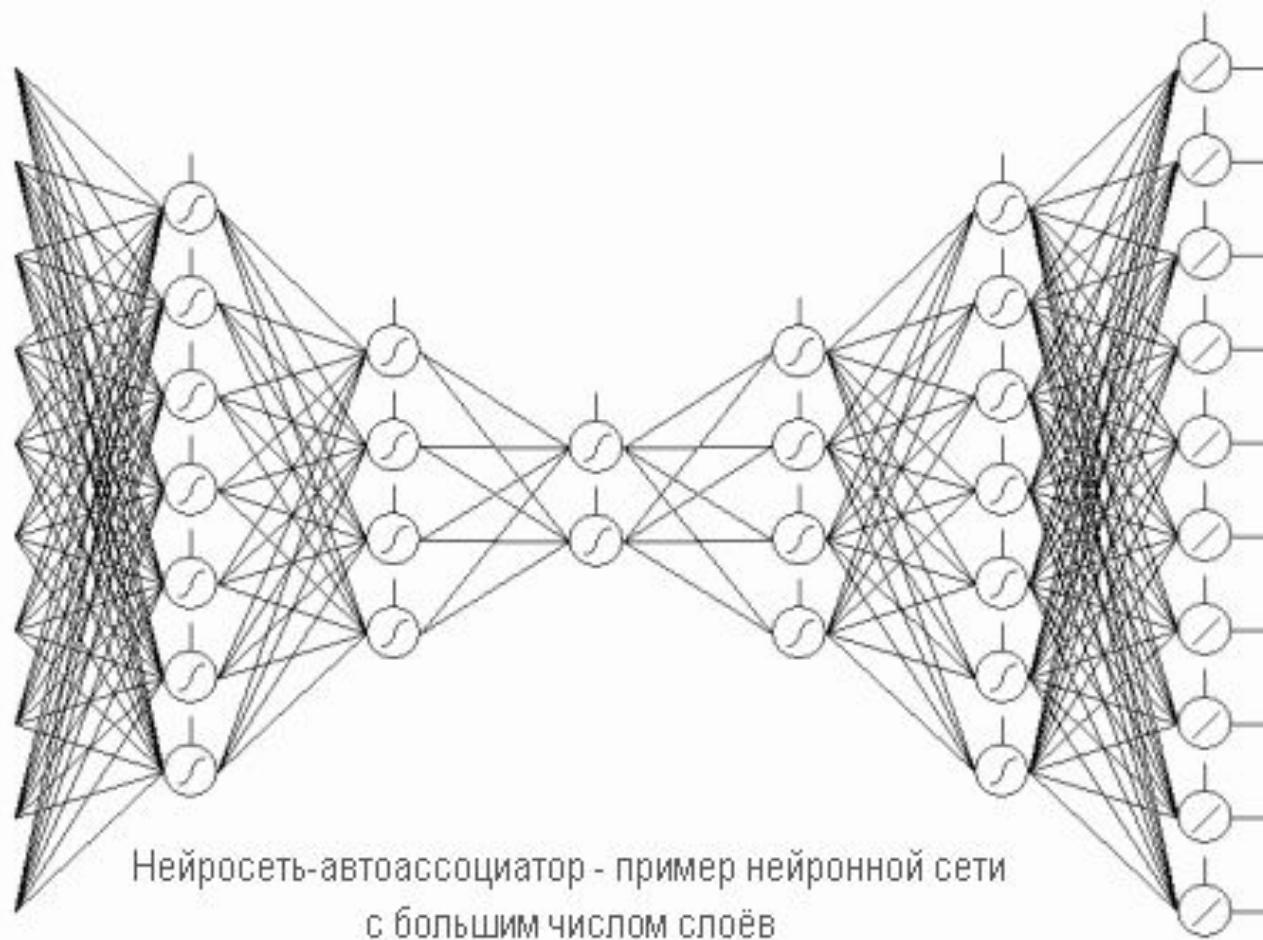
# Биологический нейрон человека



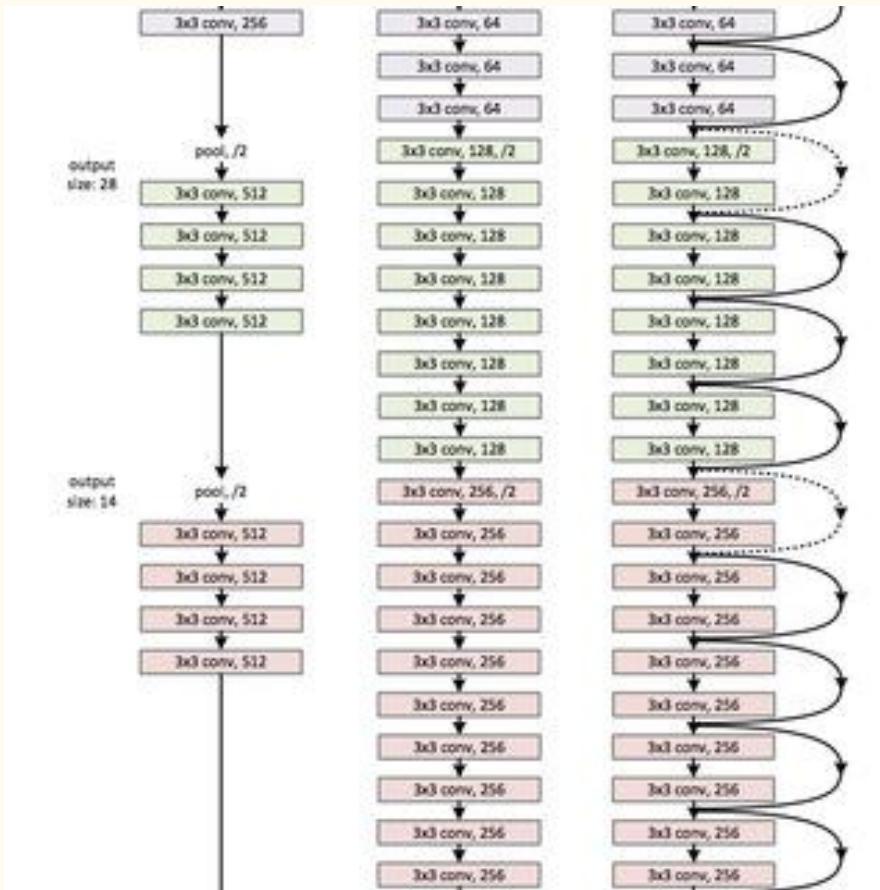
# Искусственный нейрон







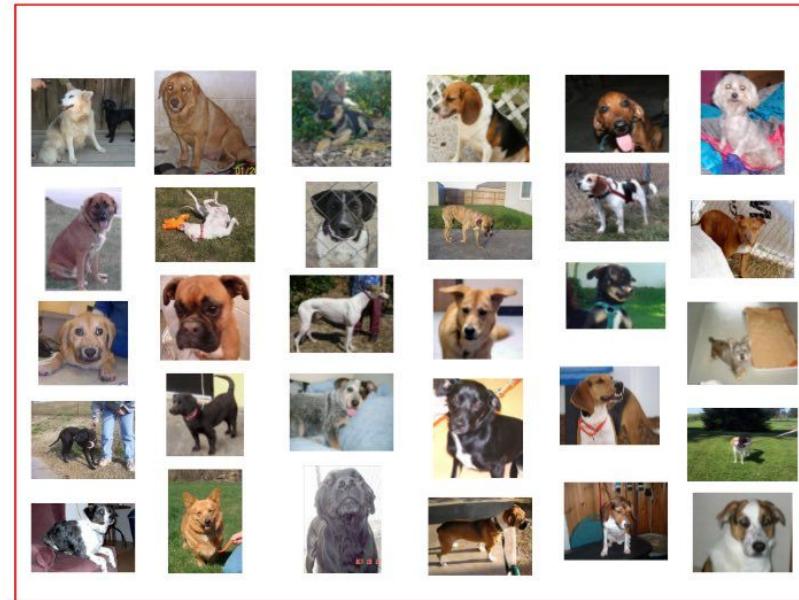
Нейросеть-автоассоциатор - пример нейронной сети  
с большим числом слоёв



## Cats



## Dogs



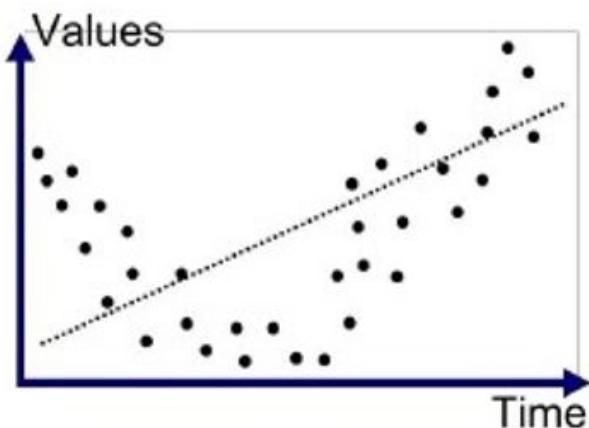
**Sample of cats & dogs images from Kaggle Dataset**

# Typical Problems

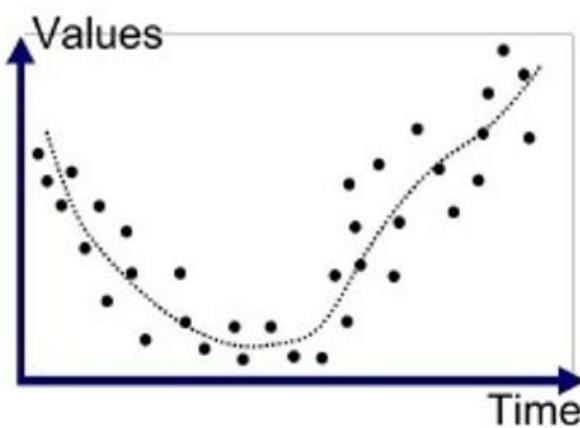
---

100  
010

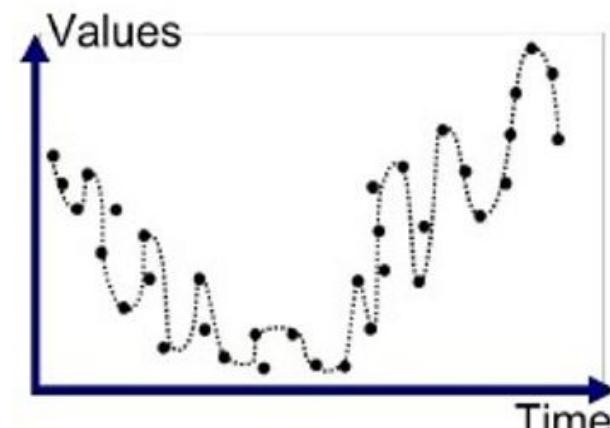
# Overfitting/Underfitting



Underfitted

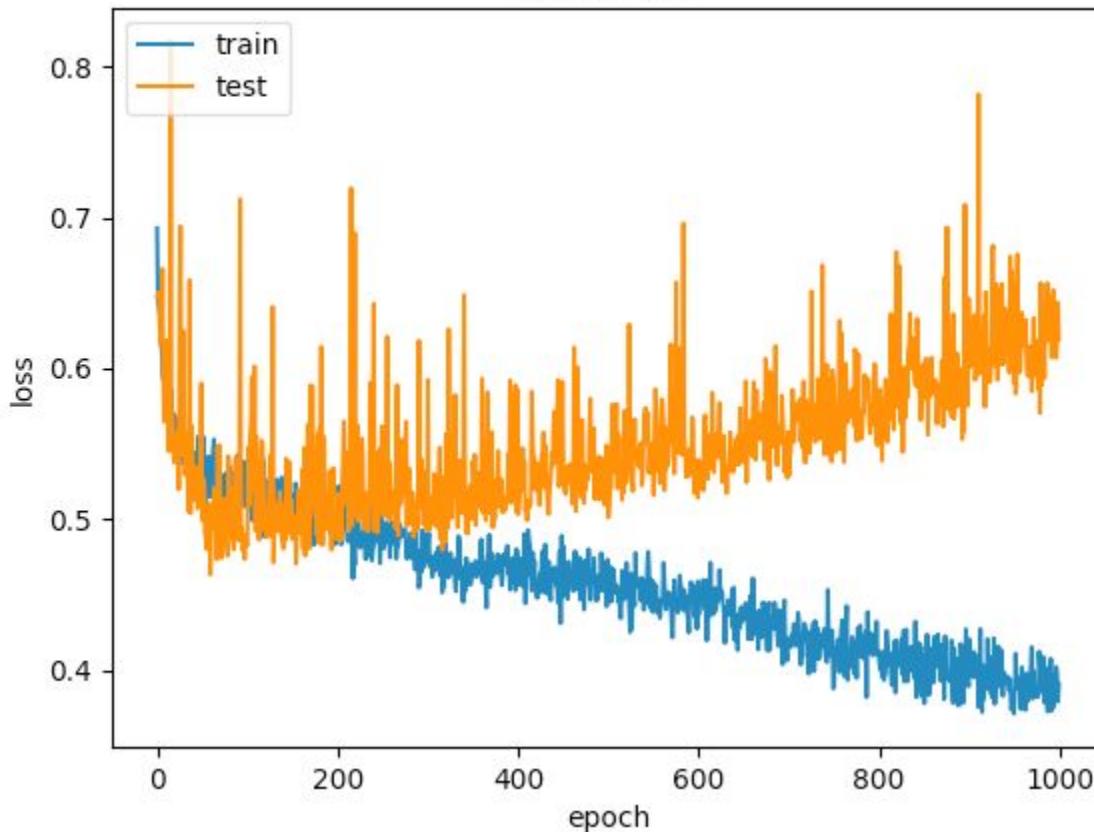


Good Fit/Robust

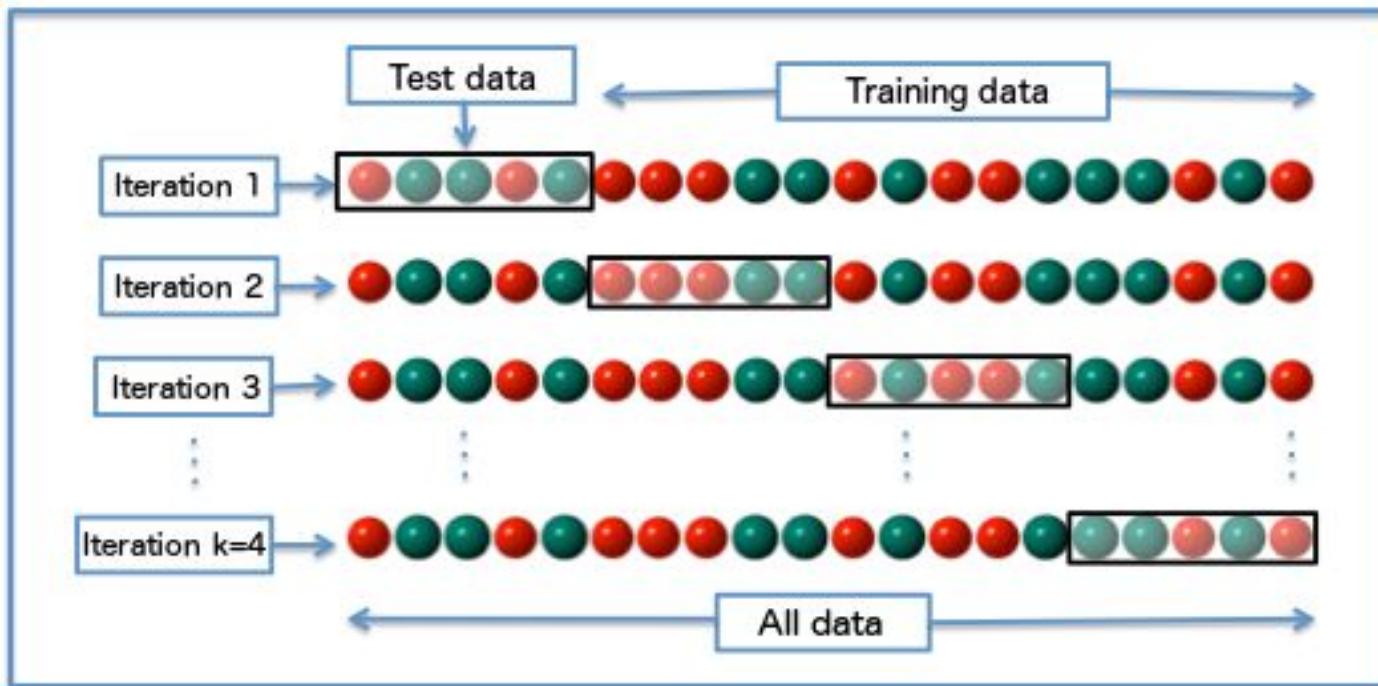


Overfitted

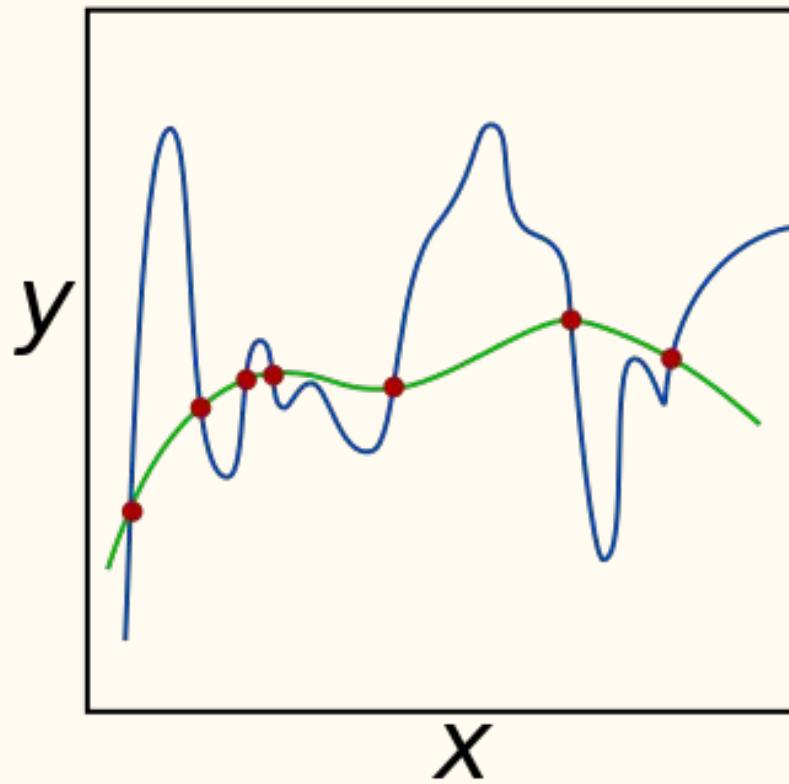
model loss



# Cross Validation



# Regularization



# Sparse Data

Item	Date	Qty	Supplier
Apples	2011-20-29	60	Figoni
Asparagus	2011-10-30	34	Giusti Farms
Bananas	\N	\N	\N
Cantelope	\N	\N	\N
Grapes	\N	\N	\N
Onions	2011-10-27	66	Pastorino
Oranges	\N	\N	\N
Peaches	\N	\N	\N
Pears	\N	\N	\N
Pineapples	\N	\N	\N
Plums	\N	\N	\N
Strawberries	\N	\N	\N
Yams	2011-11-03	52	Iacopi Farms

# Metric Classifiers

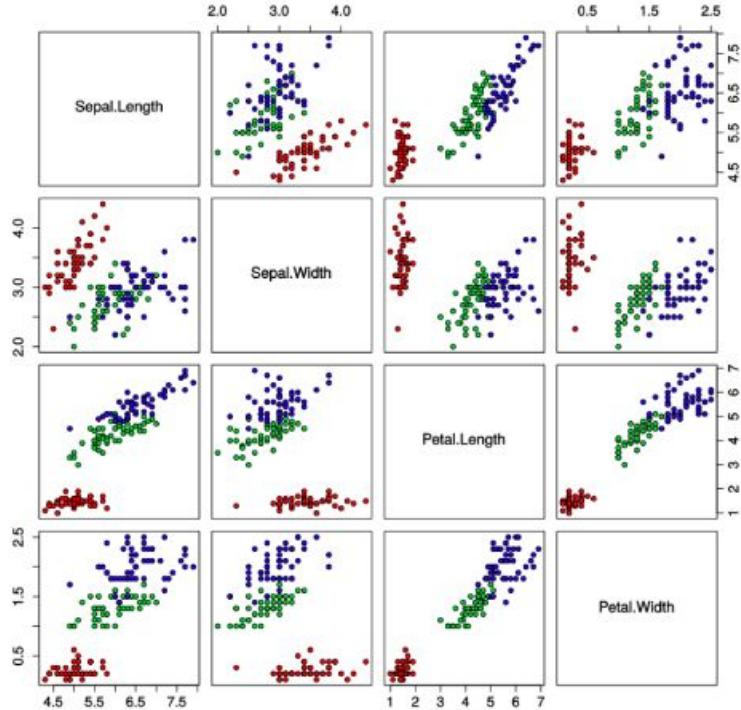
---

100  
010

*Близкие объекты обычно лежат в одном классе*  
какие объекты считать близкими?

Пусть  $\rho(x, y)$  – функция расстояния

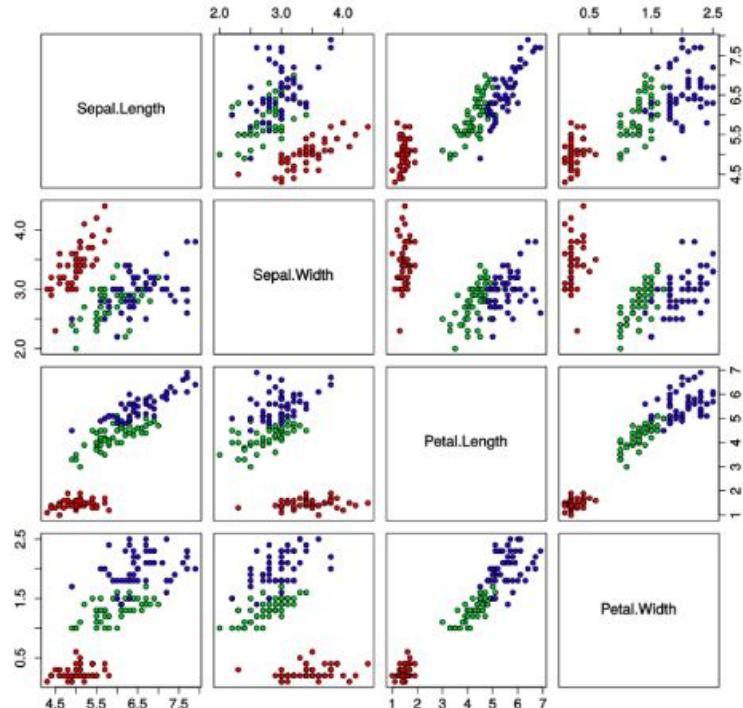
Iris Data (red=setosa,green=versicolor,blue=virginica)



*Близкие объекты обычно лежат в одном классе*  
какие объекты считать близкими?

Пусть  $\rho(x, y)$  – функция расстояния

Iris Data (red=setosa,green=versicolor,blue=virginica)



Ирисы Фишера — это набор данных для задачи классификации, на примере которого Рональд Фишер в 1936 году продемонстрировал работу разработанного им метода дискриминантного анализа.



Ирис щетинистый  
(*Iris setosa*)



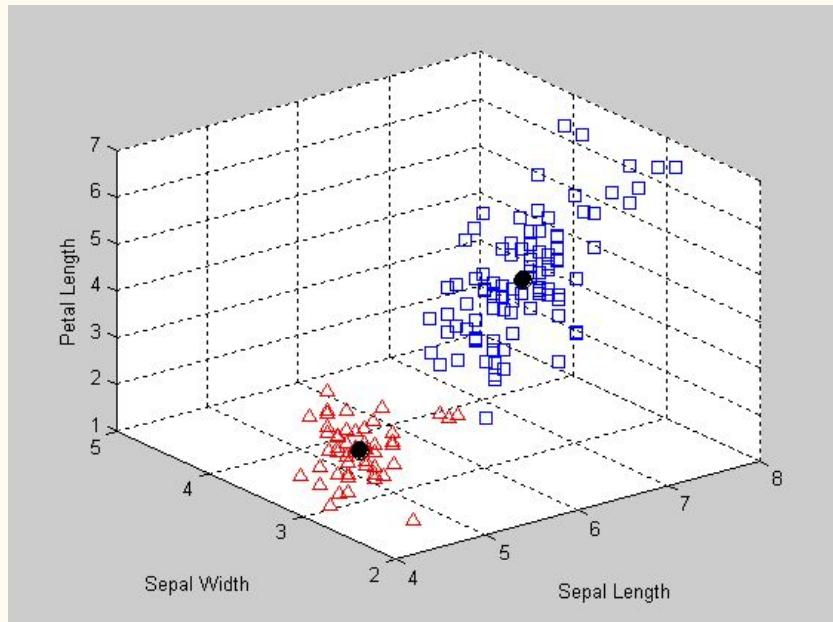
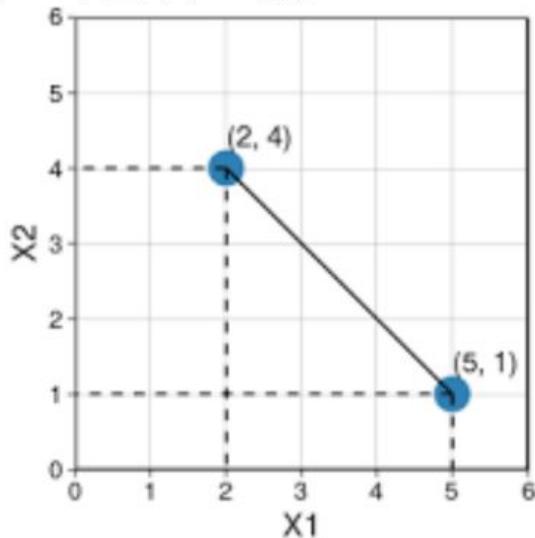
Ирис разноцветный  
(*Iris versicolor*)



Ирис виргинский  
(*Iris virginica*)

Пусть  $\rho(x, y)$  – функция расстояния  
**Евклидово расстояние:**

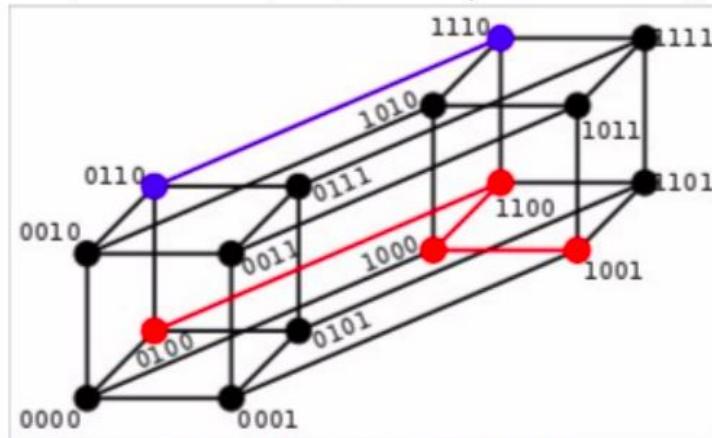
$$\rho(x, y) = \sqrt{\sum (x_i^2 - y_i^2)}$$



Пусть  $\rho(x, y)$  – функция расстояния

### Расстояние Хэмминга:

число позиций, в которых соответствующие символы двух слов одинаковой длины различны. Расстояние Хэмминга применяется для строк одинаковой длины любых  $q$ -ичных алфавитов и служит метрикой различия (функцией, определяющей расстояние в метрическом пространстве) объектов одинаковой размерности.

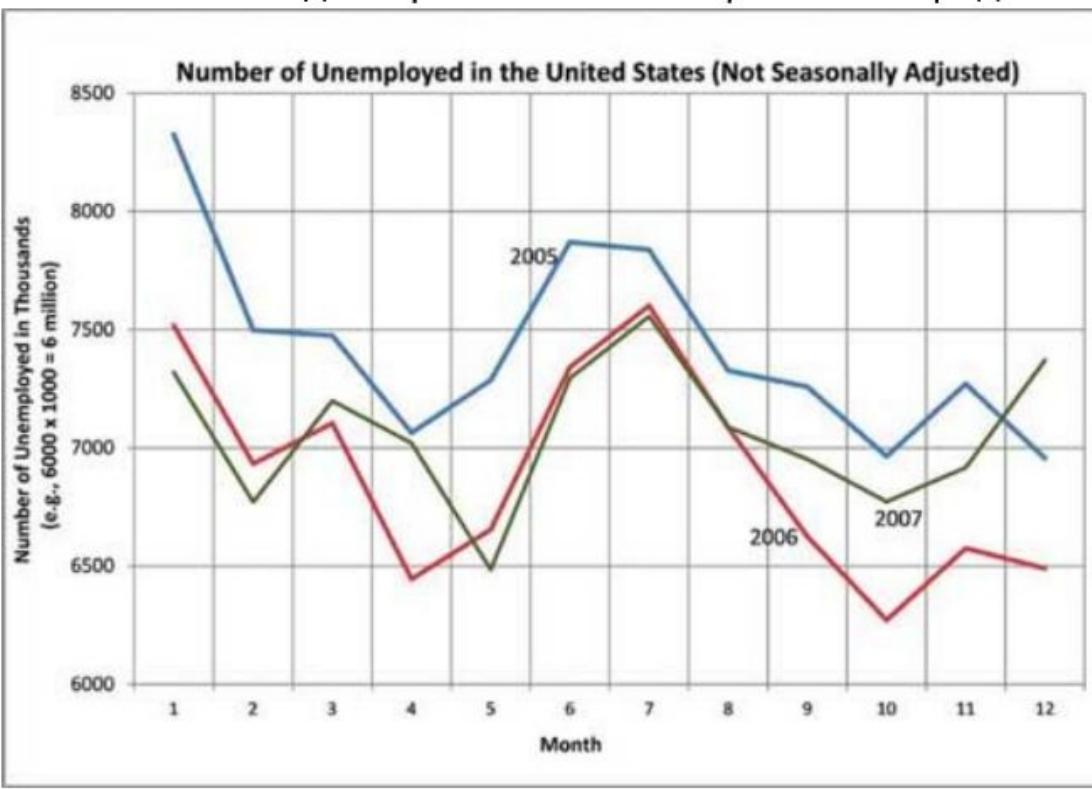


примеры расстояний в двоичном тессеракте:

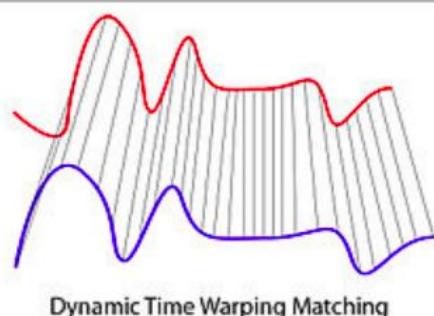
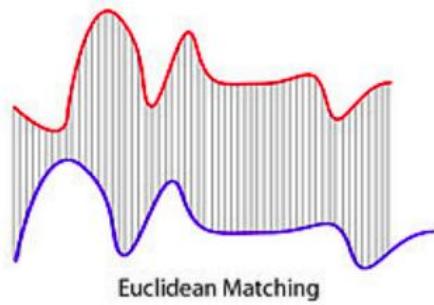
расстояние 1 0110 → 1110, расстояние 3 0100 → 1001



Как можно вводить расстояние на временных рядах?



Евклидово расстояние (пики, периоды)  
DTWM



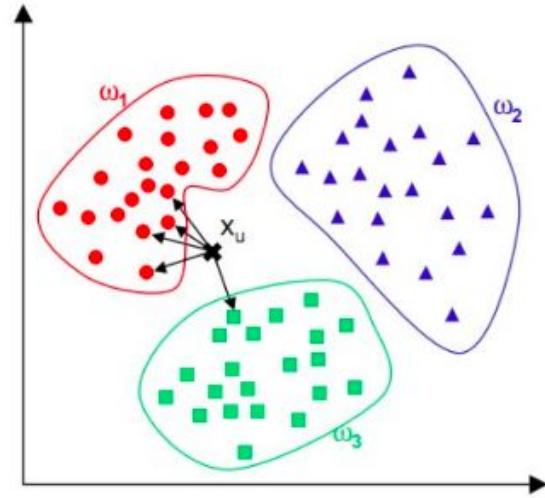
Имеется множество объектов, разделённых некоторым образом на классы.

Задано конечное множество объектов, для которых известно, к каким классам они относятся. Это множество называется **обучающей выборкой**. Классовая принадлежность остальных объектов не известна. Требуется построить **алгоритм** (классификатор), способный классифицировать произвольный объект из исходного множества.

**Классифицировать объект** — указать номер (или наименование класса), к которому относится данный объект. **Классификация объекта** — номер или наименование класса, выдаваемый **алгоритмом классификации** в результате его применения к данному конкретному объекту.

В математической статистике задачи классификации называются также задачами **дискриминантного анализа**.

Метод ближайших соседей — метрический классификатор, основанный на оценивании расстояний между объектами. Классифицируемый объект относится к тому классу, которому принадлежат ближайшие к нему объекты обучающей выборки.



Для классификации каждого из объектов тестовой выборки необходимо **последовательно выполнить следующие операции**:

- 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

Алгоритм можно выразить формулой:

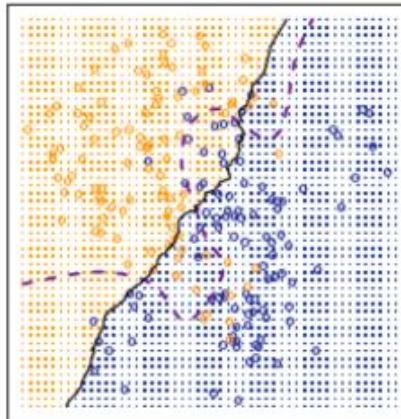
$a(x) = \operatorname{argmax}(\sum_{i=1}^k a_i \cdot [y_{(i)} == y]), y \in Y$  Подбирается с помощью  
**holdout-выборки или кросс-валидации**

Чем больше  $k$ , тем проще разделяющая поверхность

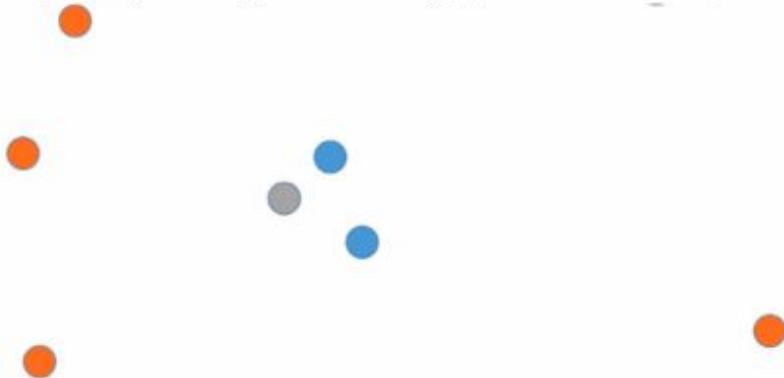
KNN: K=1



KNN: K=100

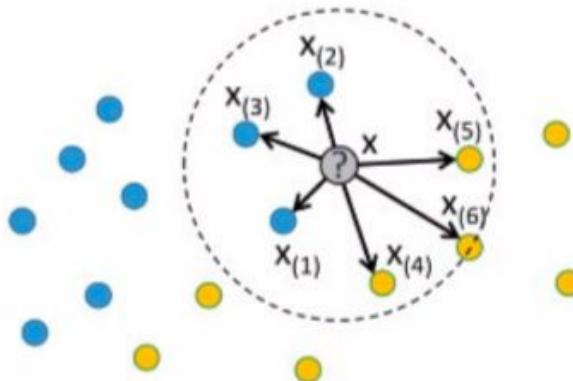


Пусть  $k=5$ , тогда как будет классифицирован объект?



Решение – учитывать расстояния среди  $k$  ближайших соседей: те объекты, которые расположены ближе, должны иметь больший вес.

Пример классификации ( $k = 6$ ):



100  
010

# Tools

---

# Jupyter notebook

The screenshot shows a Jupyter Notebook interface with the following details:

- Header:** The URL is 188.93.56.91:1114/notebooks/Style%20Transfer/demo.ipynb. The title is "jupyter demo" and it says "Last Checkpoint: 08/08/2018 (unsaved changes)".
- Toolbar:** Includes File, Edit, View, Insert, Cell, Kernel, Widgets, Help, and a "Connecting to kernel" button.
- Cell Buttons:** Includes standard Jupyter cell controls like Run, Cell, Kernel, and Help.
- Code Block:** Cell [15] contains the following Python code:

```
from __future__ import print_function
import torch
import torch.nn as nn
import torch.nn.functional as F
import torch.optim as optim
import torchvision.transforms as transforms
import torchvision.models as models
import copy as copy
import scipy.io.wavfile

import librosa
import librosa.display
import matplotlib.pyplot as plt
import librosa.display
from PIL import Image
import soundfile as sf
```

# Git (GitHub)

88 commits 1 branch 0 releases 10 contributors

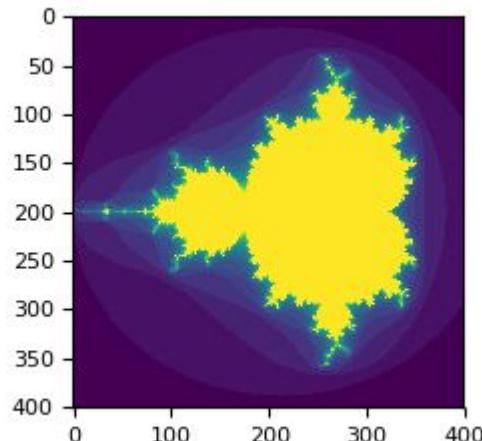
Branch: master ▾ New pull request Create new file Upload files Find file Clone or download ▾

This branch is even with junyanz:master. Pull request Compare

 junyanz	Merge pull request #87 from 1j01/patch-1 ...	Latest commit 5df5a13 on 23 May
data	add cache_dir flag	a year ago
datasets	update README	a year ago
examples	add maps training script to examples/	a year ago
imgs	add a failure case image	a year ago
models	rename identity -> lambda_identity	6 months ago
pretrained_models	Support for keeping the original aspect ratio in one_direction_test_m...	a year ago
util	Update cudnn_convert_custom.lua	5 months ago

# NumPy

```
>>> import numpy as np
>>> import matplotlib.pyplot as plt
>>> def mandelbrot( h,w, maxit=20 ):
...     """Returns an image of the Mandelbrot fractal of size (h,w)."""
...     y,x = np.ogrid[ -1.4:1.4:h*1j, -2:0.8:w*1j ]
...     c = x+y*1j
...     z = c
...     divtime = maxit + np.zeros(z.shape, dtype=int)
...
...     for i in range(maxit):
...         z = z**2 + c
...         diverge = z*np.conj(z) > 2**2           # who is diverging
...         div_now = diverge & (divtime==maxit)    # who is diverging now
...         divtime[div_now] = i                     # note when
...         z[diverge] = 2                          # avoid diverging too much
...
...     return divtime
>>> plt.imshow(mandelbrot(400,400))
>>> plt.show()
```



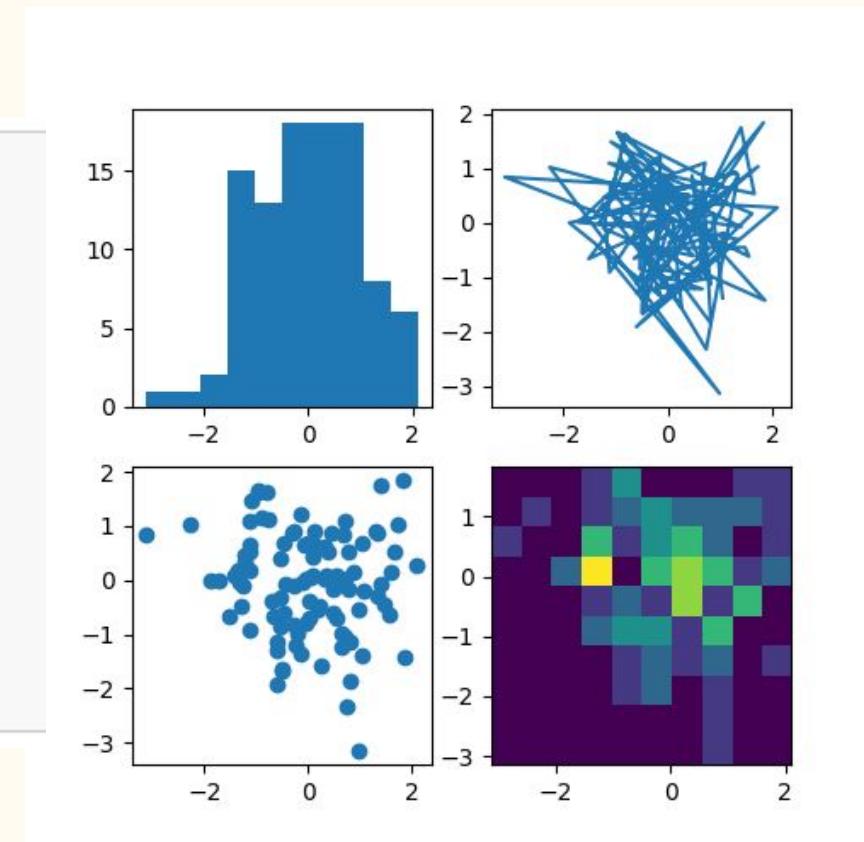
# Matplotlib

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

np.random.seed(19680801)
data = np.random.randn(2, 100)

fig, axs = plt.subplots(2, 2, figsize=(5, 5))
axs[0, 0].hist(data[0])
axs[1, 0].scatter(data[0], data[1])
axs[0, 1].plot(data[0], data[1])
axs[1, 1].hist2d(data[0], data[1])

plt.show()
```

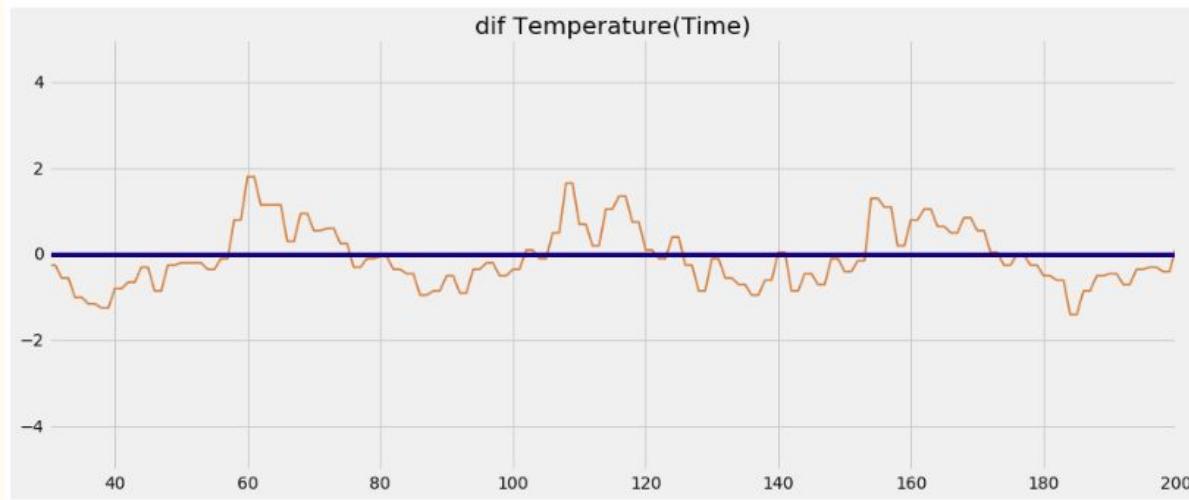


# Pandas

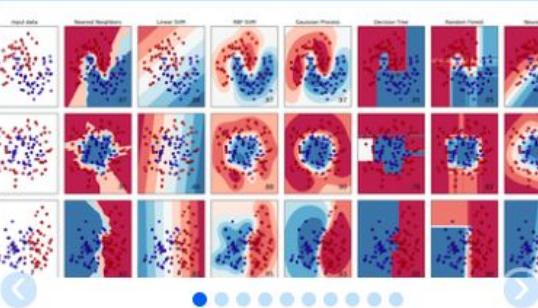
Test\_Data.head(1)

	Id	Consumption	Temperature	Time	DailySeasonality	WeeklySeasonality
5183	5183	4317.386273	14.75	5183	47	191

```
plt.figure(figsize=(15, 6))
plt.plot(Learn_Data_Temp.Time, Learn_Data_Temp.Temperature,color='peru',linewidth=1.7)
c=Learn_Data_Temp.Time
plt.xlim(30,200)
plt.ylim(-5,5)
plt.plot(c,-9.88869197*10**(-7)*c-1.46170425*10**(-3), color='navy')
plt.title("dif Temperature(Time)")
plt.show()
```



# Scikit-learn



The image shows a 3x9 grid of small plots demonstrating various machine learning models. Each plot displays a 2D dataset with two classes (blue and red) and a decision boundary or regions colored by class. The models shown include Nearest Neighbors, Linear SVM, RBF SVM, Gaussian Process, Decision Tree, Random Forest, and Naive Bayes.

scikit-learn  
Machine Learning in Python

- Simple and efficient tools for data mining and data analysis
- Accessible to everybody, and reusable in various contexts
- Built on NumPy, SciPy, and matplotlib
- Open source, commercially usable - BSD license

## Classification

Identifying to which category an object belongs to.

**Applications:** Spam detection, Image recognition.

**Algorithms:** SVM, nearest neighbors, random forest, ...

— Examples

## Regression

Predicting a continuous-valued attribute associated with an object.

**Applications:** Drug response, Stock prices.

**Algorithms:** SVR, ridge regression, Lasso,

...

— Examples

## Clustering

Automatic grouping of similar objects into sets.

**Applications:** Customer segmentation, Grouping experiment outcomes

**Algorithms:** k-Means, spectral clustering, mean-shift, ...

— Examples

## Dimensionality reduction

## Model selection

## Preprocessing