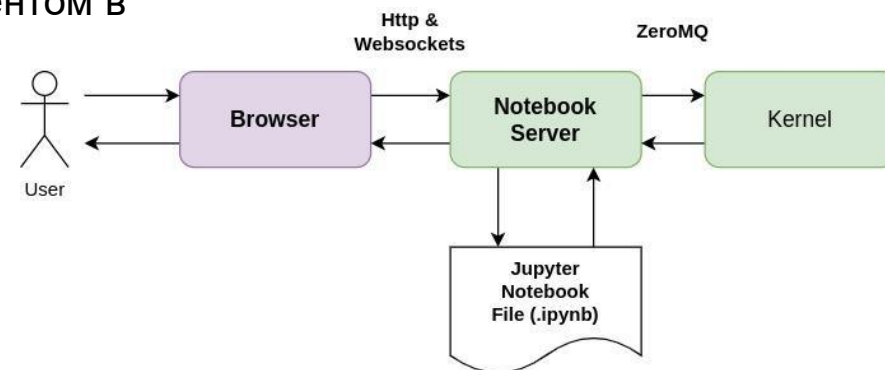


Лекция 2: Инструменты Python для задач Машинного обучения

Jupyter (акроним от **J**ulia, **P**ython, **R**)

- Открытое ПО для разработки, документации и выполнения кода в интерактивном режиме
- Поддерживает множество языков: R, Python, Cython, Julia, Scala, C++ (проект xeus-cling)
- В курсе рассматривается Jupyter Notebook:
 - Документы `.ipynb`: представление кода, данных в вычислениях, пояснительный текст и мультимедиа
 - Веб-приложение: управление документом в браузере
- Установка и запуск
 - Установка через `pip`
`pip install notebook`
 - Запуск через консоль
`[console]: jupyter notebook`

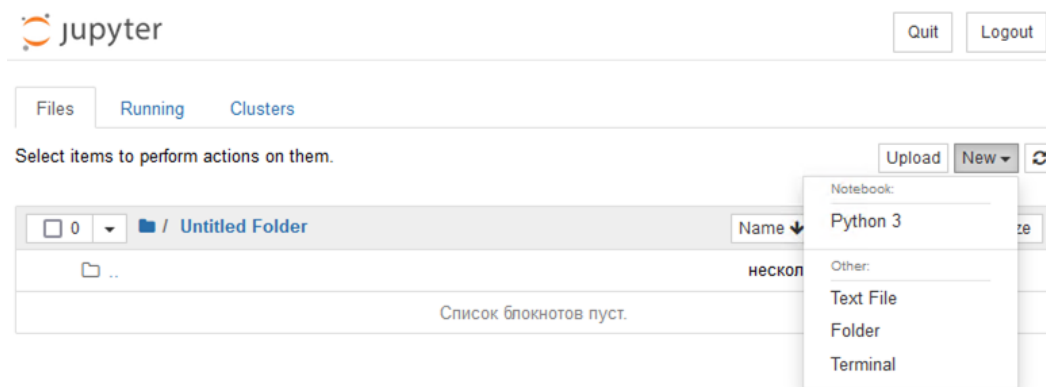


Jupyter Notebook

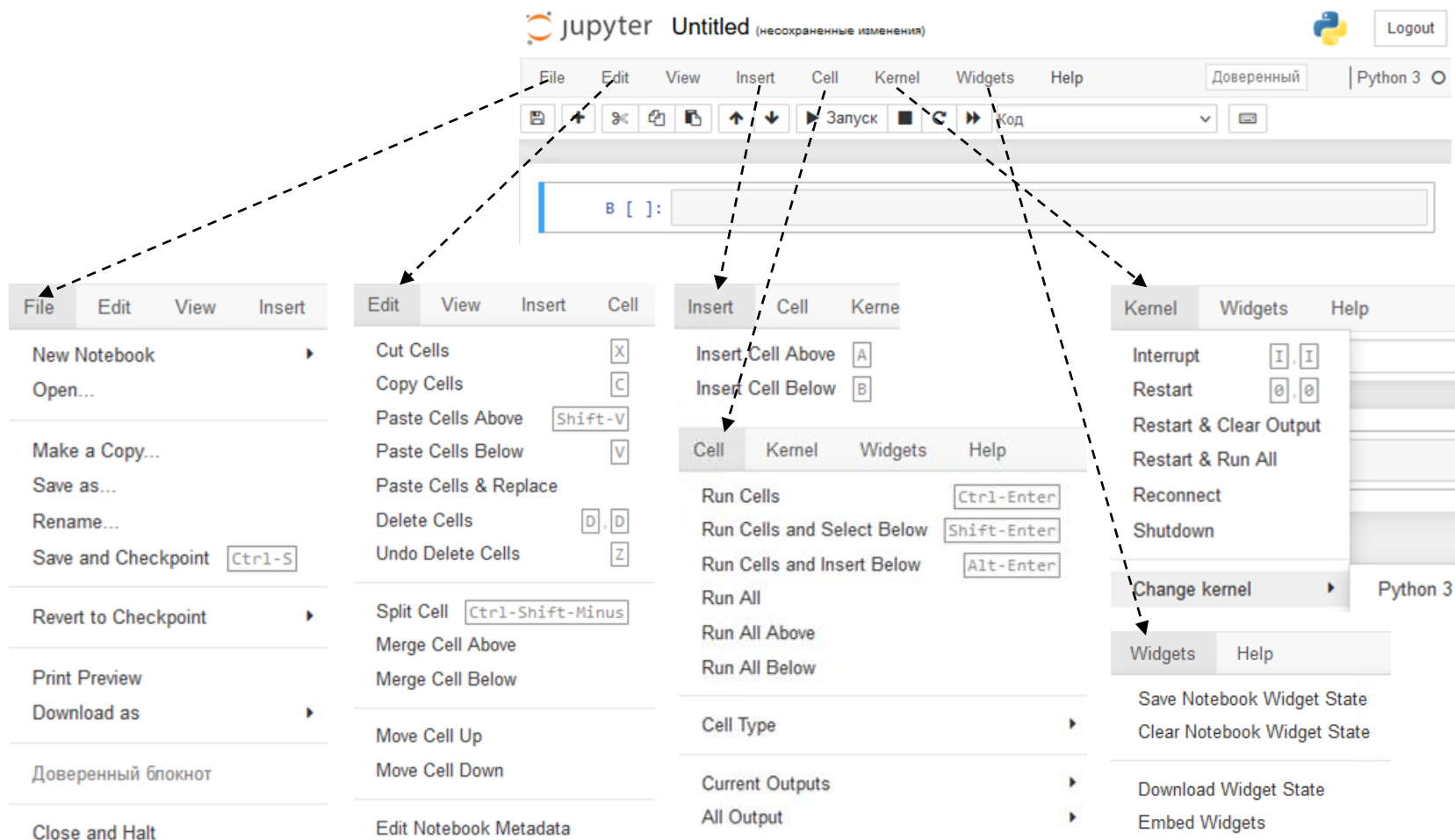
- Запуск сервера через консоль
- Окно выбора JN
- Сортировка по имени, времени модификации и размеру
- Загрузка и создание JN
- Running: список запущенных JN
- Clusters: доступ к JN на удаленном сервере

```
(base) D:\Archive>jupyter notebook
[I 11:56:03.484 NotebookApp] JupyterLab extension loaded from C:\ProgramDa
[I 11:56:03.484 NotebookApp] JupyterLab application directory is C:\Progra
[I 11:56:03.489 NotebookApp] Serving notebooks from local directory: D:\Ar
[I 11:56:03.489 NotebookApp] Jupyter Notebook 6.1.4 is running at:
[I 11:56:03.489 NotebookApp] http://localhost:8888/?token=5f0baf6d0ce75639
[I 11:56:03.490 NotebookApp] or http://127.0.0.1:8888/?token=5f0baf6d0ce7
[I 11:56:03.490 NotebookApp] Use Control-C to stop this server and shut do
[C 11:56:03.503 NotebookApp]

To access the notebook, open this file in a browser:
file:///C:/Users/vasiliev/AppData/Roaming/jupyter/runtime/nbserver
Or copy and paste one of these URLs:
http://localhost:8888/?token=5f0baf6d0ce75639a1f9bbdf9132c4af1d74f
or http://127.0.0.1:8888/?token=5f0baf6d0ce75639a1f9bbdf9132c4af1d74f
[I 11:56:04.686 NotebookApp] 302 GET /tree (127.0.0.1) 1.00ms
```

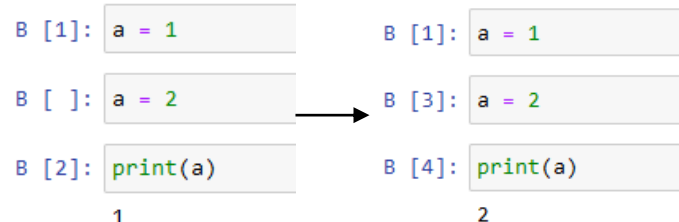
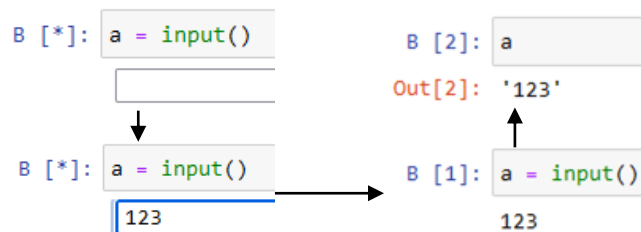
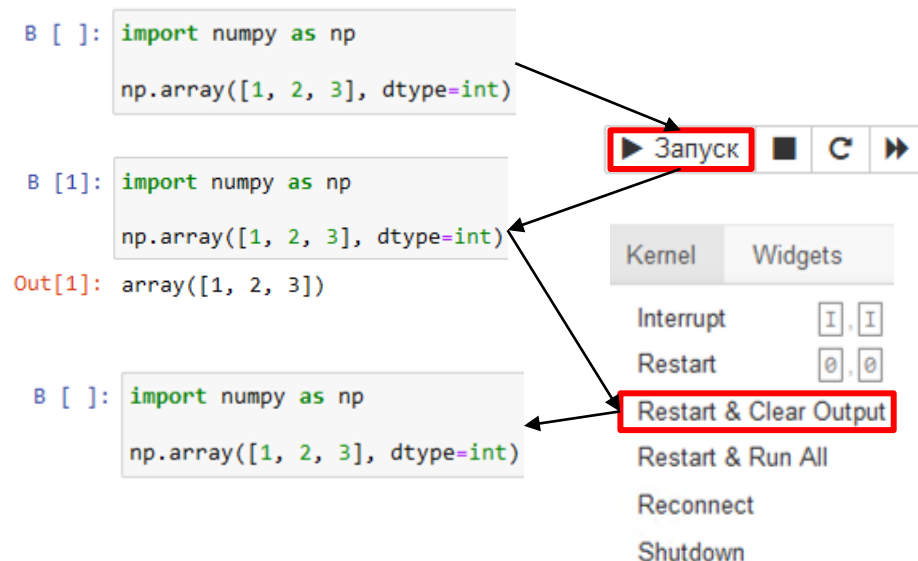


Интерфейс JN



Jupyter Notebook

- Запуск ячеек и порядок выполнения
- Остановка выполнения:
 - Прерывание (Interrupt)
 - Перезапуск с сохранением выходных данных (Restart), со сбросом выходных данных (Restart & Clear Output)
 - Restart + выполнение (Restart & Run All)
- Область видимости переменных
- Интерактивный ввод



Jupyter Notebook

- Типы ячеек:
 - Кодовые (в зависимости от ЯП)
 - Текстовые (Markdown)
 - Иное
- Вывод графиков matplotlib
%matplotlib inline
- Вывод в out значений последней строки (отмена вывода с ;)

```
B [2]: import numpy as np
a = np.array([1, 2, 3])
b = np.array([4, 5, 6])
a + b

Out[2]: array([5, 7, 9])

B [3]: a + b;
```

Код

Код

Markdown

Необработанный NBConvert

Заголовков

Код

Markdown

B []: `# python comment a^b`

▶ Запуск

B [1]: `# python comment a^b`

python comment a^b

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

x = np.arange(100)
y = x // 10 + np.random.rand(100)

plt.scatter(x, y)
```

Magic command JN

- %: применение к строке
- %%: применение к ячейке
- Полный список команд: %lsmagic
- Популярные команды:
 - %env: доступ к переменным окружен
 - %run: выполнение .py или .ipynb
 - %load: загрузка кода в ячейку
 - %time: замер времени выполнения
 - %prun, %lprun, %mprun: профилировка
 - %writefile: запись ячейки в файл
 - Использование других языков: %%R ...
- !: выполнение shell-команд

```
B [4]: %lsmagic
```

```
Out[4]: Available line magics:
```

```
%alias %alias_magic %autoawait %autocall %automagic %autosave %bookmark %cd %clear %cls %colors %conda %config %connect_info %copy %ddir %debug %dhist %dirs %doctest_mode %echo %ed %edit %env %gui %hist %history %killbgscripts %ldir %less %load %load_ext %loadpy %logoff %logon %logstart %logstate %logstop %ls %lsmagic %macro %magic %matp %lotlib %mkdir %more %notebook %page %pastebin %pdb %pdef %pdoc %pfile %pinf %pinf2 %pip %popd %pprint %precision %prun %psearch %pso
```

```
B [5]: def dummy_sum_for(n):
        res = 0
        for i in range(n):
            for j in range(i):
                res += i**j
        return res
```

```
B [7]: %timeit dummy_sum_for(10)
```

```
25.4 µs ± 109 ns per loop
```

```
B [9]: !pip install line_profiler
        %load_ext line_profiler
```

```
Collecting line_profiler
```

```
Downloading https://files.pythonh402224c01f4502d70877af5159113310a3dwin\_amd64.whl (89kB)
```

```
Installing collected packages: line
Successfully installed line-profile
```

```
B [6]: dummy_sum_for(10)
```

```
Out[6]: 50971777
```

```
B [10]: %lprun -f dummy_sum_for dummy_sum_for(10)
```

```
Timer unit: 4.87619e-07 s
```

```
Total time: 7.02171e-05 s
```

```
File: <ipython-input-5-8bbe15e94459>
```

```
Function: dummy_sum_for at line 1
```

Line #	Hits	Time	Per Hit	% Time	Line Contents
1					def dummy_sum_for(n):
2	1	2.0	2.0	1.4	res = 0
3	10	11.0	1.1	7.6	for i in range(n):
4	45	47.0	1.0	32.6	for j in range(i):
5	45	83.0	1.8	57.6	res += i**j
6	1	1.0	1.0	0.7	return res

Облачные системы выполнения JN

- Google colabotary:

- ☐ colab.research.google.com
- ☐ Система хранения: локальная + Google Drive

```
from google.colab import drive
drive.mount ('/content/drive')
```
- ☐ Тайм-аут простоя - 90 минут, абсолютный - 12 часов

The logo for Google Colab, featuring the word "colab" in a bold, sans-serif font. The "co" is yellow and the "lab" is orange.

- Kaggle Kernels:

- ☐ Среда с встроенными наборами данных
- ☐ Тайм-аут простоя - 30 минут, абсолютный - 9 часов

The logo for Kaggle, featuring the word "kaggle" in a bold, sans-serif font. The "ka" is blue and the "ggle" is a lighter blue.

- Ограниченный доступ к GPU и TPU
- Интеграция с GitHub
- Чистая среда после перезагрузки

Особенности языка Python

Python 3 – интерпретируемый динамически-типизированный язык программирования.

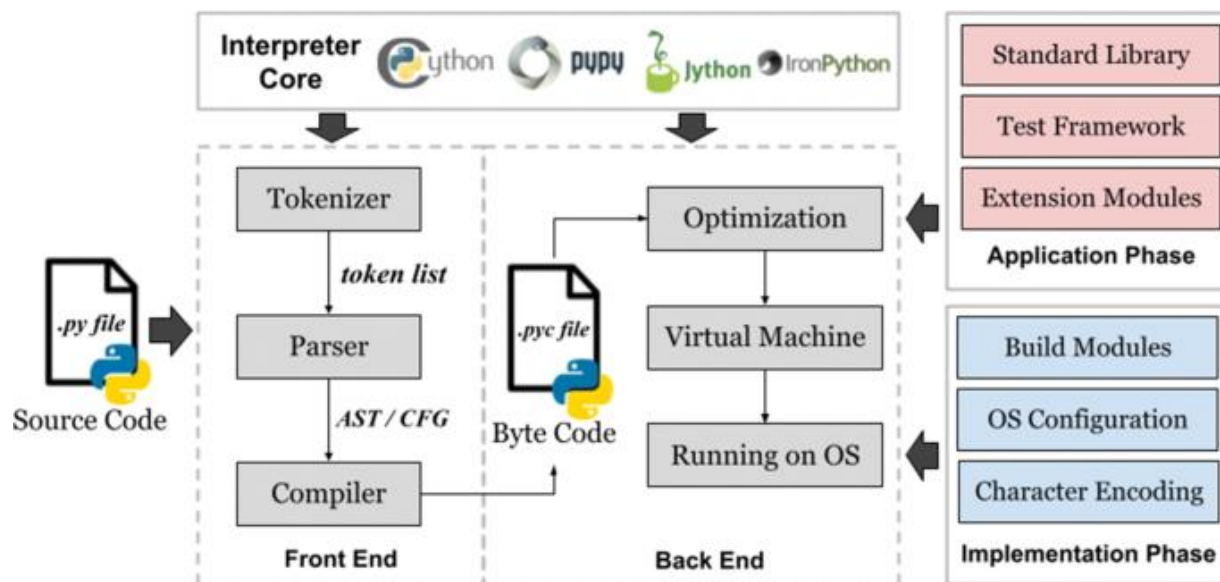
Преимущества:

- Возможность интерактивного программирования;
- Кроссплатформенность;
- Нет необходимости компилировать программу перед выполнением;
- Автоматическое управление памятью.

Недостатки:

- Производительность;
- Для сбора неиспользуемой памяти используется сборщик мусора;
- Динамическая типизация может приводить к ошибкам.

CPython



- Интерпретатор + компилятор в байткод
- global interpreter lock (GIL) – сложности при параллельных вычислениях
- интерфейсы для доступа к внешнему функционалу через bindings

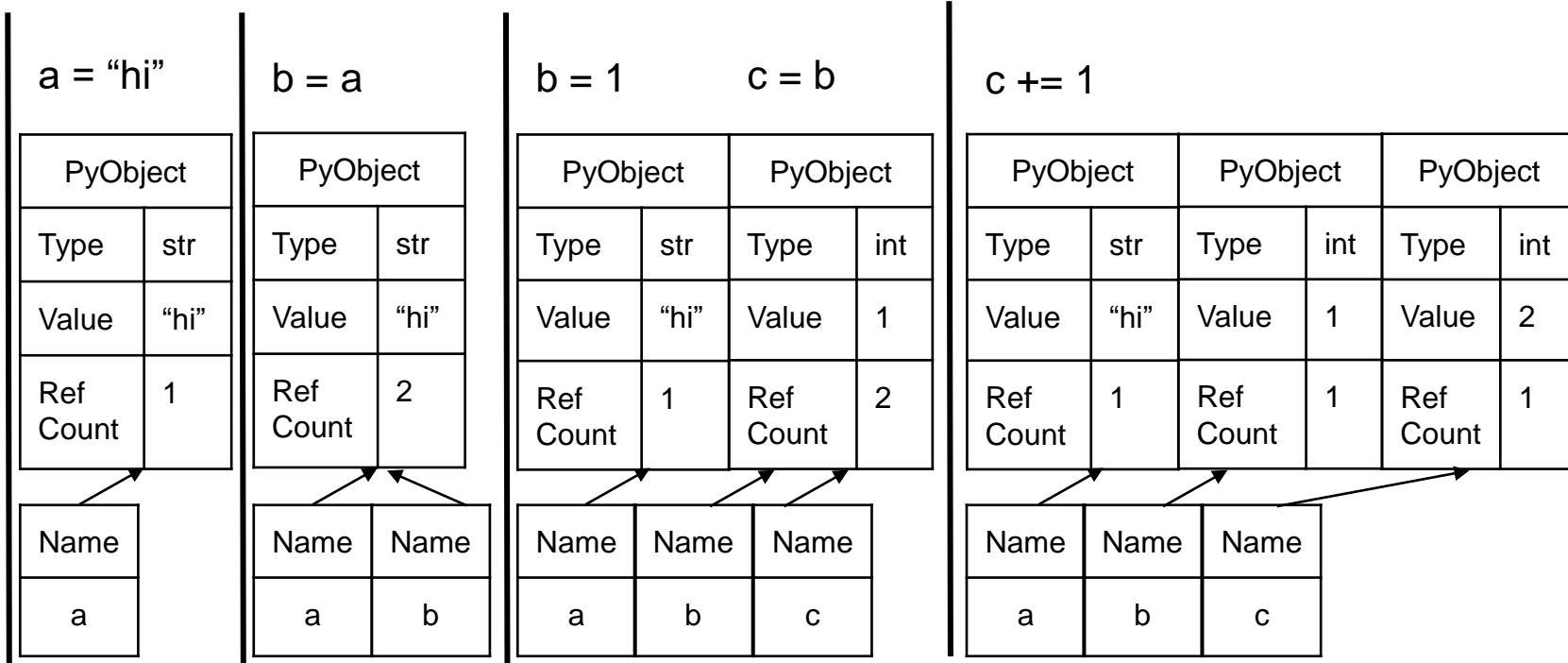
Переменные

Динамическая типизация

```
a = "hi"  
b = a  
b = 1  
c = b  
c += 1
```

a, b, c

('hi', 1, 2)



Переменные

■ Рекомендация типов

```
a: str = "hi"  
b: int = 1  
c: int = b
```

■ Проваерка типов

```
type(a), type(b), type(c)
```

```
(str, int, int)
```

```
print(isinstance(a, str))  
print(isinstance(b, int))  
print(isinstance(c, float))
```

```
True  
True  
False
```

■ Сравнение объектов: id(), is

```
a = 1000  
b = 1000  
c = b  
print(id(a), id(b), id(c), sep="\n")
```

```
140176963252720  
140176963253552  
140176963253552
```

```
print(a == b == c)  
print(a is b) # id(a) == id(b)  
print(a is c) # id(a) == id(c)  
print(b is c) # id(b) == id(c)
```

```
True  
False  
False  
True
```

■ Object (общий базовый класс)

```
print(isinstance(a, object))  
print(isinstance(b, object))  
print(isinstance(c, object))
```

```
True  
True  
True
```

```
print(isinstance(int, object))  
print(isinstance(type, object))  
print(isinstance(object, object))
```

```
True  
True  
True
```

Базовые типы данных

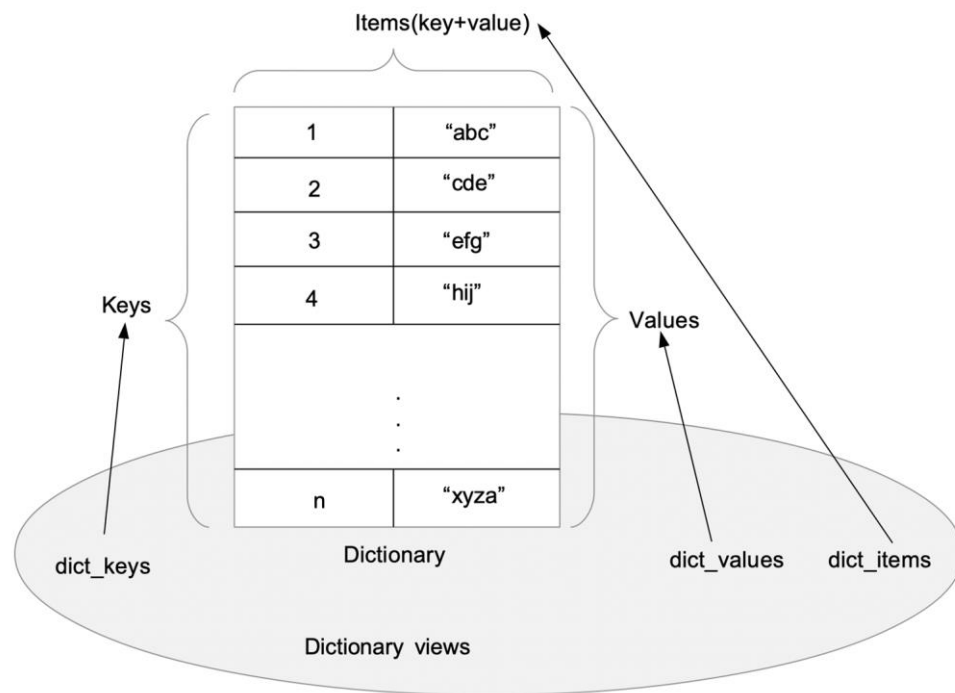
Тип	Числовой	Строковый	Логический
Init	<ul style="list-style-type: none">• int a = 2• float b = 2.0• complex c = 1 + 2j	<ul style="list-style-type: none">• str s = "hello"• f-string sf = f"{a}_{b}" = "2_2.0"• unicode su = u"привет"	<ul style="list-style-type: none">• True 4 == 4 bool("hi")• False bool("") bool(0)
Op	<ul style="list-style-type: none">• Бинарные +, -, *, / //, %, ** ==, !=, <, > , ^, &, >>, <<• Унарные +=, -=, *=, /=, ~	<p>s = "H" + "i" s * 3 = "HiHiHi"</p> <p>s.upper() = "HI" s.lower() = "hi" s.find("i") = 1 s.find("t") = -1 len(s) = 2</p>	<ul style="list-style-type: none">• bool -> int True + 4 = 5 5 * False = 0• int -> bool or, and, not• is (object identity)• in "gg" in "eggs" = True

Структуры данных (tuple, list, set)

Тип	Кортеж (tuple) <ul style="list-style-type: none">- разнотипные элементы- порядок учтен	Список (list) <ul style="list-style-type: none">- однотипные элементы- порядок учтен	Множество (set) <ul style="list-style-type: none">- однотипные элементы- порядок не учтен
Init	<ul style="list-style-type: none">• ()• tuple(range(10))• tuple("hello")	<ul style="list-style-type: none">• []• list(range(10))• list("hello")	<ul style="list-style-type: none">• {}• set(range(10))• set("hello")
Op	<ul style="list-style-type: none">• Доступ к элементу a[i]• Поиск по значению a.index(i)• Срезы a[start:end:step]• Агрегаты: len(), sum()	<ul style="list-style-type: none">• Доступ и поиск элемента• Срезы• List comprehension<ul style="list-style-type: none">[i**2 for i in range(10)][i for i in [1, 2, 3] if i > 1][i if ~i else 2 for i in [0, 2]]• Агрегаты: len(), sum()• Методы изменения<ul style="list-style-type: none">l.sort()l.append(val),l1.extend(l2)l.remove(val), l.pop(ind)l.reverse(), .clean()	<ul style="list-style-type: none">• Вхождение элемента (in)• Set comprehension• Агрегаты: len(), sum()• Методы изменения<ul style="list-style-type: none">add(), remove(), pop()• Бинарные операции<ul style="list-style-type: none">s1.union(s2) или s1.intersection(s2) или &s1.difference(s2) или -

Структуры данных (dict)

- Инициализация
`{}`, `{'one': 1, 'two': 2, 'three': 3}`
`{i,j for i, j in zip([1, 2, 3], [4, 5, 6])}`
- Ключи: `d.keys()`, `list(d)`
- Значения: `d.values()`
- Пары ключ-значение: `d.items()`
- Изменение словаря:
`d[key] = value` или `d.update(d2)`
- Доступ по ключу:
`d[key]` или `d.get(key, default)`
- Удаление ключа:
`del d[key]` или `d.pop(key)`



Управляющие конструкции

■ Циклы:

while условие:

 #тело цикла

else:

 #выполняется 1 раз если не
 #было **break**

for переменная **in** итератор:

 #тело цикла

else:

 #выполняется 1 раз если не
 #было **break**

continue – следующая итерация

■ Условия:

if условие:

 #операторы

elif условие :

 #операторы

...

else:

 #операторы

■ Тернатрный **if**:

значение **if** условие **else** значение

Функции

■ Определение функции

```
def f(x, y):  
    return x + y  
  
print("int:", f(1, 2))  
print("str:", f("a", "b"))  
print("list:", f([0], [1]))
```

```
int: 3  
str: ab  
list: [0, 1]
```

■ lambda функции

```
dist = lambda x, y: (x**2 + y**2)**(0.5)  
  
dist(0, 0) # 0  
dist(1, 0) # 1  
dist(8, 6) # 10
```

■ Полезные функции:

- eval – вычисление выражений, print – вывод в том числе форматированный, input – ввод данных

■ Передача параметров

```
def power(x=1, y=1):  
    return x**y
```

```
power() # 1  
power(1, 2) # 1  
power(x=2) # 2  
power(y=2, x=2) # 4
```

```
def params_to_tuple(*args):  
    return args
```

```
def params_to_dict(**kwargs):  
    return kwargs
```

```
params_to_tuple(1, 2, 3) # (1, 2, 3)  
params_to_tuple(x=1, y=2) # TypeError: unexpected argument 'x'  
params_to_dict(x=1, y=2) # {'x': 1, 'y': 2}  
params_to_dict(1, 2, 3) # TypeError: 0 positional arguments
```

Функции map, reduce, filter

■ map (func, *iters)

- Применяет func к каждому iters

```
l1 = range(10)
l2 = range(-10, 0)
```

```
print(list(l1))
print(list(l2))
```

```
print(map(lambda x: x**2, l1))
print(list(map(lambda x: x**2, l1)))
print(map(lambda x, y: x*y, l1, l2))
print(list(map(lambda x, y: x*y, l1, l2)))
```

```
[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
[-10, -9, -8, -7, -6, -5, -4, -3, -2, -1]
<map object at 0x7f257135eb50>
[0, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81]
<map object at 0x7f257135eb50>
[0, -9, -16, -21, -24, -25, -24, -21, -16, -9]
```

```
s = "1 2 3 4 5"
list(map(int, s.split()))
```

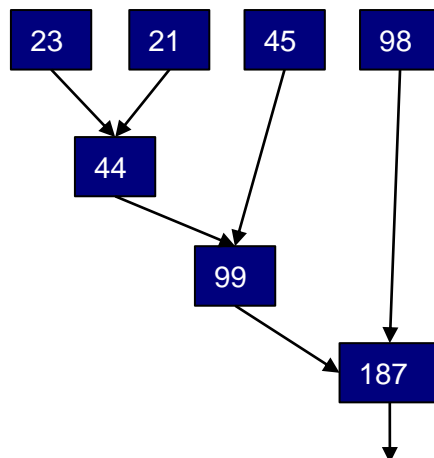
```
[1, 2, 3, 4, 5]
```

■ reduce (func, *iters)

- Применяет func последовательно к паре (старое зн. и каждый iters)

```
l = [23, 21, 45, 98]
reduce(lambda a, b: a + b, l)
```

187



■ filter (func, *iters)

- Применяет логическую func к каждому iters и оставляет только True

```
l = [i**2 for i in range(20)]
```

```
filtered = filter(lambda el: el % 2 == 0, lst)
print(filtered)
print(list(filtered))
```

```
<filter object at 0x7f2583e97950>
[0, 4, 16, 36, 64, 100, 144, 196, 256, 324]
```

```
l1 = ["100,,0,0", "99,,,0", "25,0,,,"]
```

```
all_el = map(lambda l: l.split(","), l1)
print(list(all_el))
```

```
filt_el = map(lambda l: list(filter(len, l.split(","))), l1)
print(list(filt_el))
```

```
[['100', '', '0', '0'], ['99', '', '', '0'], ['25', '0', '', '', '']]
[['100', '0', '0'], ['99', '0'], ['25', '0']]
```

Неопределенность, функции как генераторы

■ None

- «Неопределенность»

```
x = None
y = None
print(id(x), id(y))
print(x is y)
print(x is None)
```

```
94078386057008 94078386057008
True
True
```

■ Pass

- «Заглушка»

```
def f1(x, y):
    x + y

def f2(x, y):
    pass

print(f1(1, 2))
print(f2(1, 2))
```

```
None
None
```

■ Итераторы vs Генераторы (динамические итераторы пока возврат через yield)

- После return прекращает выполнение функции
- После yield передает управление вызывающей области
- В отличие от списка, в каждый отдельный момент удерживает только возвращаемое значение
- По сравнению с функцией, сохраняет локальные переменные при прекращении работы

```
def tic_tac(x):
    while(x > 0):
        if x % 2 == 0:
            yield "Tic"
        else:
            yield "Tac"
        x -= 1
```

```
for i in tic_tac(6):
    print(i, end=">")
```

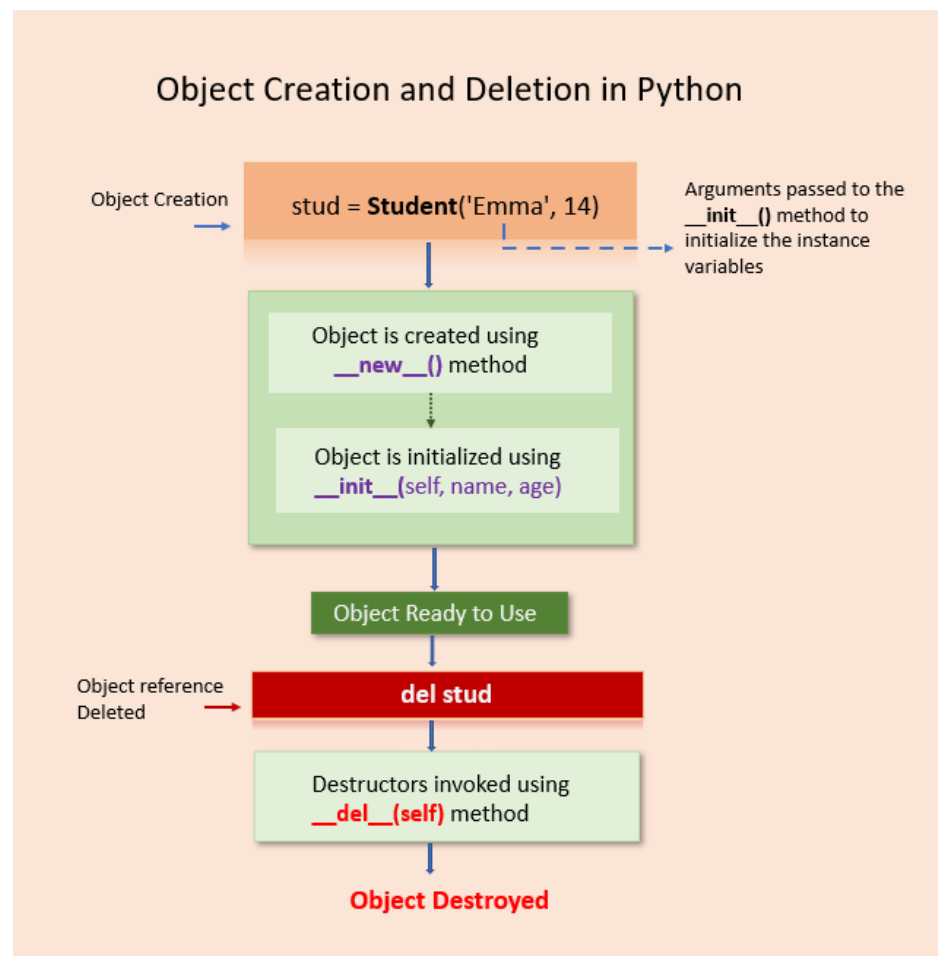
Tic->Tac->Tic->Tac->Tic->Tac->

```
a = (x**2 for x in range(5))
next(a) # 0
next(a) # 1
next(a) # 4
next(a) # 9
next(a) # 16
next(a) # StopIteration
```

Классы

Определение класса:

- Конструктор класса: `__new__()`
- Инициализация: `__init__(self)`
- Деструктор класса: `__del__(self)`
- Ссылка на свой PyObject: `self`



Пример класса

Определение класса и методов:

- Инициализация: `__init__(self)`
- Статические атрибуты:
width, height
- Динамические атрибуты:
title, sentences
- Переопределение функций
- Неявное наследование от object
Аналогично **PythonSlide(object)**

```
class PythonSlide:
    width = 1920
    height = 1080

    def __init__(self, title):
        self.title = title
        self.sentences = []

    def add_sentence(self, s):
        self.sentences.append(s)

    def __str__(self):
        return f"{self.title} ({self.width}x{self.height})"

slide = PythonSlide("Классы")
print(slide) # == str(slide)
print(slide.title, slide.sentences)
print(slide.width, slide.height)

print(isinstance(a, PythonSlide))
print(isinstance(a, object))

slide.add_sentence("__init__")
slide.add_sentence("methods")
slide.add_sentence("__str__")
print(slide.sentences)
```

```
Классы (1920x1080)
Классы []
1920 1080
False
True
['__init__', 'methods', '__str__']
```

Инкапсуляция и наследование

■ Изменение атрибутов

```
print(slide.width) # 1920
delattr(PythonSlide, "width")
print(slide.width) # AttributeError: width

slide.width = 1000
print(slide.width) # 1000
```

```
class StoreSecret(object):
    def __init__(self):
        self.__secret = 100

    def get_secret(self):
        return self.__secret
```

```
ss = StoreSecret()
print(ss.get_secret()) # 100
print(ss.__secret) # AttributeError:
print(ss._StoreSecret__secret) # 100
```

■ Наследование и super()

```
class A(object):
    def __init__(self):
        print("A init")

class B(A):
    def __init__(self):
        print("B init")
        super().__init__()

b = B()
```

B init
A init

```
class LogCount(object):
    def __init__(self):
        self.i = 0

    def increase(self):
        self.i += 1

    def print(self):
        self.increase()
        print(f"***{self.i}***")
```

```
class LogWrap(LogCount):
    def increase(self):
        self.i += 2

    def print(self):
        super().print()
        print(f"==={self.i}===")

b = LogWrap()
b.print()
```

2
===2===

■ Список доступных атрибутов и методов

dir(slide)

```
['_class_',
 '_delattr_',
 '_dict_',
 '_dir_',
 '_doc_',
 '_eq_',
 '_format_',
 ...]
```

object.__dict__

```
mappingproxy({'__repr__': <slot wrapper '__repr__' of 'object' objects>,
 '__hash__': <slot wrapper '__hash__' of 'object' objects>,
 '__str__': <slot wrapper '__str__' of 'object' objects>,
 '__getattr__': <slot wrapper '__getattr__' of 'object' objects>,
 '__setattr__': <slot wrapper '__setattr__' of 'object' objects>,
 '_delattr_': <slot wrapper '_delattr_' of 'object' objects>,
 '_lt_': <slot wrapper '_lt_' of 'object' objects>,
 '_le_': <slot wrapper '_le_' of 'object' objects>,
 ...})
```

Сериализация объектов

- Импорт сторонних библиотек (joblib)
- Доступ к внешним функциям
- Чтение/запись с файлами
- Сериализация объектов класса
- Сохранение и запись объекта

```
class LogCount(object):  
    def __init__(self):  
        self.i = 0  
  
    def increase(self):  
        self.i += 1  
  
    def print(self):  
        self.increase()  
        print(f"***{self.i}***")
```

```
class LogWrap(LogCount):  
    def increase(self):  
        self.i += 2  
  
    def print(self):  
        super().print()  
        print(f"==={self.i}===")  
  
b = LogWrap()  
b.print()
```

```
***2***  
===2===
```

```
import joblib  
  
joblib.dump(b, open('./file.txt', 'wb'))
```

```
b2 = joblib.load(open('./file.txt', 'rb'))  
b2.print()
```

```
***4***  
===4===
```

Наследование и специальные ВОЗМОЖНОСТИ

- Приведение типов:
 - определить методы `__str__`, `__bool__`, `__int__` и другие
- Перегрузка операторов:
 - определить методы `__add__`, `__mul__`, `__sub__` и другие
- Множественное наследование:
 - список в скобках в операторе **class**, поиск метода по сигнатуре сначала в объекте, потом в родителях с учетом порядка в списке
- Декораторы:
 - Расширение возможностей функций, а значит и методов классов, а значит и объектов без изменения кода исходной функции

```
def decorator_function(func):  
    def wrapper():  
        print('Функция-обёртка!')  
        print('Оборачиваемая функция: {}'.format(func))  
        print('Выполняем обёрнутую функцию...')  
        func()  
        print('Выходим из обёртки')  
    return wrapper
```

```
@decorator_function  
def hello_world():  
    print('Hello world!')
```

```
Функция-обёртка!  
Оборачиваемая функция: <function hello_world at 0x000002AD640B70D0>  
Выполняем обёрнутую функцию...  
Hello world!  
Выходим из обёртки
```


Обработка исключений

- Исключение – объект
- «Бросить» исключение **raise**, в том числе свой объект (наследник класса Exception)
- «Поймать» исключение по типам:

try:

 #код где ловим

exception класс_исключения_1:

 #выполняется обработка произошедшего исключения типа 1

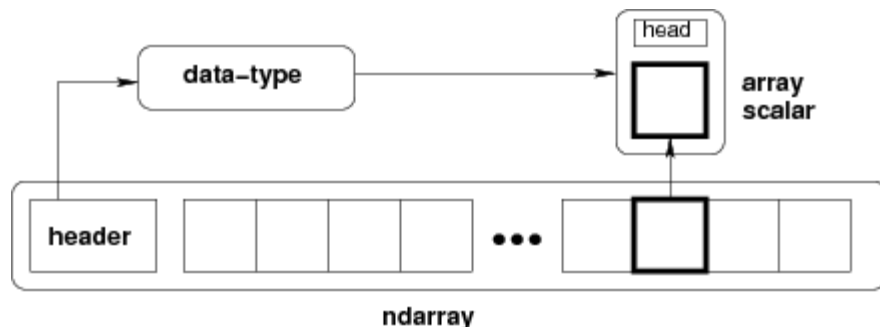
...

exception класс_исключения_K:

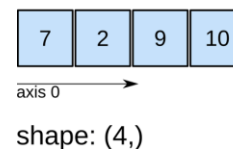
 #выполняется обработка произошедшего исключения типа K

Numpy (Numerical Python)

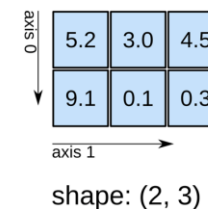
- Открытая библиотека для работы с многомерными массивами
- Используется во многих библиотеках Python: Pandas, SciPy, Scikit-learn
- Ядро написано на Си (код оптимизирован под большинство CPU). Эффективна за счет кэширования и векторизации.
- Установка и импорт библиотеки
 - Установка через pip
`pip install numpy`
 - Импорт через python
`import numpy as np`



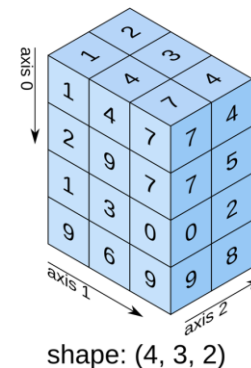
1D array



2D array



3D array



Numpy ndarray

- Как хранилище одномерных данных
- Создание:
 - Из python-объектов (список, кортеж): `np.array(obj)`
 - Из интервала значений с заданным:
шагом: `np.arange(start, end, step)`
количеством точек: `np.linspace(start, end, size)`
 - С заданными значениями:
 - Нулей: `np.zeros(shape)`, Единиц: `np.ones(shape)`
 - Случайные значения: `np.empty(shape)`
 - Кастомные значения: `np.full(shape, value)`
- Ссылки на объект (для копирования `.copy()`)

```
a = np.array([1, 2])
b = a
b *= 3
a, b
```

(array([3, 6]), array([3, 6]))

```
a = np.array([1, 2])
b = a.copy()
b *= 3
a, b
```

(array([1, 2]), array([3, 6]))

```
lst = [1, 2, 3, 4, 5]
tpl = (1, 2, 3, 4, 5)
a_l = np.array(lst)
a_t = np.array(tpl)
a_l, a_t
```

```
(array([1, 2, 3, 4, 5]),
 array([1, 2, 3, 4, 5]))
```

```
r = np.arange(5)
l = np.linspace(0, 4, 5)
r, l
```

```
(array([0, 1, 2, 3, 4]),
 array([0., 1., 2., 3., 4.]))
```

```
z = np.zeros((5))
o = np.ones((5))
e = np.empty((5)) # мусор
f = np.full((5), -9999)
print(z, o, e, f, sep = "\n")
```

```
[0. 0. 0. 0. 0.]
[1. 1. 1. 1. 1.]
[1. 1. 1. 1. 1.]
[-9999 -9999 -9999 -9999 -9999]
```

Numpy ndarray

- Форма массива (shape) - кортеж длин осей
- Создание:
 - Из python-объектов: `np.array(obj)`
 - Из начальных и конечных значений с числом точек
 - С заданными значениями
 - Добавление размерности (`np.newaxis` + `np.repeat`)
- Изменение формы:

- `arr.reshape()`
- `arr.ravel()`
- **inplace**
`arr.resize()`

```
r = np.arange(6)
a = r.reshape(6, 1)
b = r.reshape(3, 2)
c = r.reshape(2, 3)
d = r.reshape(1, 2, 3)
r, a, b, c, d
```

```
np.ravel(a) # == r
np.ravel(b) # == r
np.ravel(c) # == r
np.ravel(d) # == r
```

```
(array([0, 1, 2, 3, 4, 5]),
 array([[0],
        [1],
        [2],
        [3],
        [4],
        [5]]),
 array([[0, 1],
        [2, 3],
        [4, 5]]),
 array([[0, 1, 2],
        [3, 4, 5]]),
 array([[0, 1, 2],
        [3, 4, 5]]))
```

```
lst1 = [0, 1, 2]
lst2 = [3, 4, 5]
lst_lst = [lst1, lst2]
np.array(lst_lst)
```

```
array([[0, 1, 2],
       [3, 4, 5]])
```

```
np.linspace([2,3],[4,6], num=3)
```

```
array([[2. , 3. ],
       [3. , 4.5],
       [4. , 6. ]])
```

```
z = np.zeros((2, 2))
o = np.ones((2, 2))
e = np.empty((2, 2)) # мусор
f = np.full((2, 2), -9999)
```

```
h = np.arange(6)[np.newaxis, :]
r1 = np.repeat(h, 2, axis=0)
h, r1
```

```
(array([[0, 1, 2, 3, 4, 5]]),
 array([[0, 1, 2, 3, 4, 5],
        [0, 1, 2, 3, 4, 5]]))
```

Типизация

- При создании выбирает общий тип
- Рекомендуется указывать тип через **dtype**:
 - Внутренний тип numpy: int, bool, float
 - Общий формат: “порядок”, “тип”, “размер”
Например: “<i4” (big-endian byte np.int32)
 - Кастомный тип (object или иное)
- Иные значения float: nan (!=), inf (1/0)
- Все элементы должны иметь один тип
- Изменение типа через arr.astype(new type)

```
a = np.array([2, 3, 4], dtype=int)
print(a)
print(a.astype(float))
print(a.astype(str))
```

```
[2 3 4]
[2. 3. 4.]
['2' '3' '4']
```

```
i = np.array([2, 3, 4]) # int
s = np.array([2, 3, "array"]) # str
o = np.array([2, [123], "array"]) # object
i, s, o
```

```
(array([2, 3, 4]),
 array(['2', '3', 'array'], dtype='<U21'),
 array([2, list([123]), 'array'], dtype=object))
```

Тип	Numpy type	Код
Логический	bool	b
Числовой	byte, short, intc, int8-64, uint8-64	i1-i8, u1-u8
Веществ.	float16-64, double	f, d, f2-f8
Строковый	str, char	s, u
Иное	Кастомный (default: object)	-

Взаимодействие

■ Базовые операции

□ Доступ к атрибутам

```
a = np.arange(100).reshape((2,5,10))
print(a.shape) # Форма
print(a.ndim)  # Размерность
print(a.dtype) # Тип
print(a.size)  # Количество элементов
```

```
(2, 5, 10)
3
int64
100
```

□ Доступ к элементу a[i, j, k]

□ Срезы a[start: end: step]

```
a[0, 0, 0] # Первый элемент
a[0, :, :] # Первая строка
a[:, 0, :] # Первый столбец
a[::-1]    # Симметрия по 0й оси
a[:, ::-1] # Симметрия по 1й оси
```

■ Структурированные массивы как набор именованных столбцов

■ Хранение данных разных типов

```
dots = np.array([('A', 0.5), ('B', 0.2),
                 ('C', 0.19), ('D', 0.11)],
                dtype=[('name', 'U1'), ('val', 'f2')])
dots['name'], dots['val']
```

```
(array(['A', 'B', 'C', 'D'], dtype='<U1'),
 array([0.5, 0.2, 0.19, 0.11], dtype=float16))
```

```
y = np.empty(dtype=[("value", np.float64),
                    ("measure", '<U2')], # СИ
              shape=4)
y["value"] = np.array([10, 0.2, 5e-4, 40000])
y["measure"] = np.array(["V", "KV", "MV", "mV"])

y["value"], y["measure"]
```

```
(array([1.e+01, 2.e-01, 5.e-04, 4.e+04]),
 array(['V', 'KV', 'MV', 'mV'], dtype='<U2'))
```

Операции

■ Поэлементные

- Унарные: `exp(A)`, `sqrt(A)` ...
- Бинарные: `+`, `-`, `*`, `/`

■ Матричные

- Агрегаты: `A.max(axis)`, `A.mean(axis)` ...
- Унарные: `A.T`, `trace(A)`
- Бинарные: `A.dot(B)`

```
A = np.linspace(10, 100, 4).reshape((2,2))
B = np.ones((2,2), dtype=int)

print("sqrt(A):\n", np.sqrt(A))

print("max:", A.max())
print("max by row:", A.max(axis=1))

print("Elementwise sum:\n", A + B)
print("Elementwise prod:\n", A * B)
print("Matrix prod:\n", A.dot(B)) # or A @ B
```

```
sqrt(A):
[[ 3.16227766  6.32455532]
 [ 8.36660027 10.        ]]
max: 100.0
max by row: [ 40. 100.]
Elementwise sum:
[[ 11.  41.]
 [ 71. 101.]]
Elementwise prod:
[[ 10.  40.]
 [ 70. 100.]]
Matrix prod:
[[ 50.  50.]
 [170. 170.]]
```

■ Изменение формы:

- Фильтрация: `a[cond]`
- Объединение: `vstack()`, `hstack()`, ...
- Разделение: `vsplit()`, `hsplit()`, ...

```
A = np.arange(5)
B = np.zeros(5, dtype=int)
ind = np.arange(0, 5, 2)
```

```
B[ind] = 1
print("A:", A)
print("B:", B)
print("A[B]:", A[B])
print("A[A < 3]:", A[A < 3])
```

```
C = np.hstack([A, B])
D = np.vstack([A, B])
print("AB:", C)
print("[A,B]:\n", D)
```

```
print("AB -> A, B:\n", np.hsplit(C, 2))
print("[A,B] -> A, B:\n", np.vsplit(D, 2))
```

```
A: [0 1 2 3 4]
B: [1 0 1 0 1]
A[B]: [1 0 1 0 1]
A[A < 3]: [0 1 2]
AB: [0 1 2 3 4 1 0 1 0 1]
[A,B]:
[[0 1 2 3 4]
 [1 0 1 0 1]]
AB -> A, B:
[array([0, 1, 2, 3, 4]),
 array([1, 0, 1, 0, 1])]
[A,B] -> A, B:
[array([[0, 1, 2, 3, 4]]),
 array([[1, 0, 1, 0, 1]])]
```

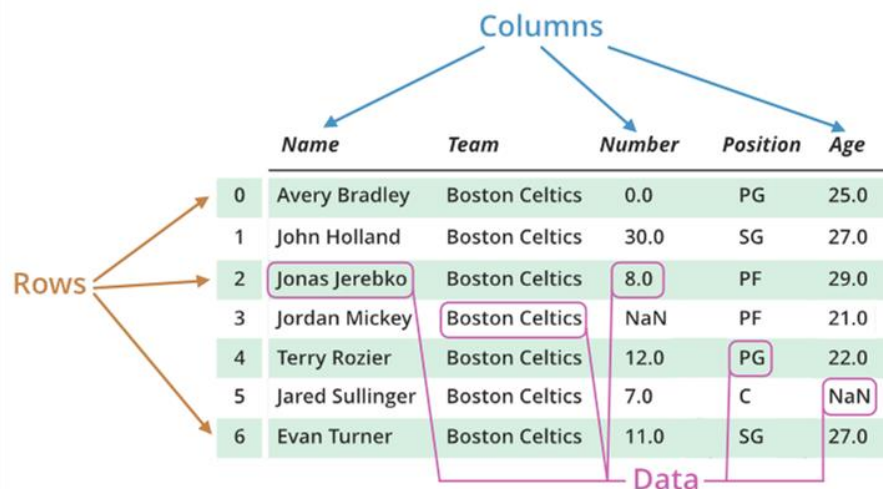
Pandas



- Открытая библиотека для хранения и обработки табличных данных
- Основные структуры данных:
 - Series - близка к словарям и спискам Python, используется в качестве столбцов в таблице
 - DataFrame - интерфейс близок к обычным таблицам БД. Поддерживает хранение данных разных типов.
- Установка и импорт библиотеки
 - Установка через pip

```
pip install pandas
```
 - Импорт через python

```
import pandas as pd
```



The diagram illustrates the structure of a DataFrame. A tree diagram at the top shows 'Columns' branching into 'Name', 'Team', 'Number', 'Position', and 'Age'. Below this is a table with 7 rows and 5 columns. An orange arrow labeled 'Rows' points to the first three rows of the table. A pink arrow labeled 'Data' points to the 'Number' column, specifically highlighting the value '8.0' in row 2. The table contains the following data:

	Name	Team	Number	Position	Age
0	Avery Bradley	Boston Celtics	0.0	PG	25.0
1	John Holland	Boston Celtics	30.0	SG	27.0
2	Jonas Jerebko	Boston Celtics	8.0	PF	29.0
3	Jordan Mickey	Boston Celtics	NaN	PF	21.0
4	Terry Rozier	Boston Celtics	12.0	PG	22.0
5	Jared Sullinger	Boston Celtics	7.0	C	NaN
6	Evan Turner	Boston Celtics	11.0	SG	27.0

Pandas Series

- Одномерный размеченный массив
- Создание Series(data, index=index):
 - Из python-объектов (список, словарь)
 - Из numpy array
- Операции с значениями повторяют numpy
- Операции с индексами:
 - Типы индексов: int, float, str, datetime
 - Доступ по ключу или списку
 - Проверка вхождения индекса
 - Добавление значений по индексу
- Атрибуты:
 - Доступ к данным: s.index, s.array, s.values
 - Свойства: s.dtype, s.shape, s.ndim, s.hasnans

```
d = {"k1": 1, "k2": 0, "k3": 2}
print(pd.Series(d))

print(pd.Series(np.random.randn(4),
               index=["a", "b", "c", "d"]))
```

```
k1    1
k2    0
k3    2
dtype: int64

a    0.685094
b    1.491304
c   -0.555919
d   -0.367133
dtype: float64
```

```
s = pd.Series(np.arange(1, 6))

print(s[0])
print(s[:3])
print(np.exp(s))
```

```
1
0    1
1    2
2    3
dtype: int64

0    2.718282
1    7.389056
2   20.085537
3   54.598150
4  148.413159
dtype: float64
```

```
s = pd.Series({"a1": 1, "a2": 2})
print("a1:", s["a1"])
s["a3"] = 3
print("a3:", s["a3"])

print(f'by index [a3,a2]:\n{s[["a3", "a2"]]}')
print("a3 in s:", "a3" in s)
print("a4 in s:", "a4" in s)
```

```
a1: 1
a3: 3

by index [a3,a2]:
a3    3
a2    2

dtype: int64
a3 in s: True
a4 in s: False
```

Pandas Dataframe

- Набор Series разных типов (SQL таблица)
- Создание DataFrame(data, index=index):
 - Из python-объектов (словарь, набор словарей)
 - Из 2D numpy ndarray
 - Из pandas Series
- Атрибуты из Series + columns
- Доступ к строкам и столбцам:
 - Добавление столбца: `df[name] = vals`
 - Удаление: `del df[name]` или `df.drop(name, axis=1)`
 - Доступ по имени столбца: `df[column_name]`
 - Через имена: `df.loc[[row_names], [column_names]]`
 - Через номера: `df.iloc[[row_n], [column_n]]`
 - При одном столбце преобразуется к Series

```
d1 = {"width": [30, 50, 10],  
      "height": [200, 170, 180]}  
df = pd.DataFrame(d1, index=["A", "B", "C"])
```

```
d2 = [{"a": 1, "b": 2},  
      {"a": -1, "b": 10, "c": 20}]  
pd.DataFrame(d2)
```

```
arr = np.arange(9).reshape((3, 3))  
pd.DataFrame(arr)
```

```
df.loc[["A", "B"], "height"]  
df.iloc[[0, 1], 1]
```

```
df["tall"] = df["height"] >= 180  
df["wide"] = df["width"] > 30  
wide = df.pop("wide")  
del df["tall"] # Equal first df
```

	width	height
A	30	200
B	50	170
C	10	180

	a	b	c
0	1	2	NaN
1	-1	10	20.0

	0	1	2
0	0	1	2
1	3	4	5
2	6	7	8

```
A    200  
B    170  
Name: height,  
dtype: int64
```

	width	height	tall	wide
A	30	200	True	False
B	50	170	False	True
C	10	180	True	False

Базовые операции

- Вывод первых строк: `df.head(n)`
- Сортировка: `df.sort_values(col)`
- Отмена копирования: **inplace**
- Фильтрация:
 - Выбор строк и столбцов
 - Одиночное условие: `df[col] <op> value`
 - Фильтрация пропусков: `.isna()`, `.notna()`
 - Вхождение в интервал: `.isin(...)`
 - Объединение условий: `&`, `|`
- Написание строковых запросов:
 - Метод `.query(cond)`
 - Вместо `df[col]` указывается только имя
 - `isin` -> `in`

```
arr = np.random.randint(10, size=90)
df = pd.DataFrame(arr.reshape((30, 3)),
                  columns=["x", "y", "z"])
df.head(3)
```

	x	y	z
0	9	0	9
1	4	1	8
2	6	0	1

```
df.sort_values("y", inplace=True)
df.head(3)
```

	x	y	z
20	7	0	5
27	6	0	8
5	4	0	8

```
df[df["x"] > 3].head(3)
df[df["y"].isin([1, 2])].head(3)
```

	x	y	z
0	9	0	9
1	4	1	8
2	6	0	1

	x	y	z
1	4	1	8
4	8	2	0
9	3	2	2

```
df[(df["x"] > 3) & (df["y"].isin([1, 2]))]
```

```
df.query("(x > 3) & (y in [1, 2])")
```

	x	y	z
1	4	1	8
4	8	2	0
19	7	2	0

Операции со значениями

- Приведение типов: `df[col].astype()`

```
arr = np.random.randn(8) # random float
df = pd.DataFrame(arr.reshape((2, 4)),
                  columns=["i", "n", "f", "o"])
df["i"] = df["i"].astype(int)
```

	i	n	f	o		i
0	0.202126	-0.105390	0.435208	1.240217	→	0
1	1.166177	-0.511592	-0.642082	-1.305375		1

- Математические операции

```
# Базовые: +, -, *, /, сравнения
df["i+n"] = df["i"] + df["n"]
df["f>=o"] = df["f"] >= df["o"]
# Совместимость с функциями numpy
df["exp(n)"] = np.exp(df["n"])
# Агрегаты: .min(), .max(), .sum()
df["all_sum"] = df.sum(axis=1)
```

	i+n	f>=o	exp(n)	all_sum
0	-0.105390	False	0.899974	2.904372
1	0.488408	True	0.599540	1.467056

- Применение func: `apply(func, axis)`
by row (axis=0), by col (axis=1)

- Маппинг: `.map(dict)`

```
df["f>=o"].map({False:"no", True:"yes"})
```

0 no
1 yes
Name: f>=o,
dtype: object

- Сэмплинг: `df.sample(n)`

```
df.sample(n=3, replace=True)
```

	i	n	f	o	f*o	f>=o	exp(n)	i+n	all_sum
1	1	-0.511592	-0.642082	-1.305375	0.838158	True	0.599540	0.488408	1.467056
0	0	-0.105390	0.435208	1.240217	0.539752	False	0.899974	-0.105390	2.904372
1	1	-0.511592	-0.642082	-1.305375	0.838158	True	0.599540	0.488408	1.467056

Операции с таблицами

■ UNION: `pd.concat([dfs..])`

```
A = pd.DataFrame([{"a1": 0, "a2": 0},  
                  {"a1": 10, "a2": 20}])  
B = pd.DataFrame([{"b1": 1, "b2": 1},  
                  {"b1": 11, "b2": 21}])
```

	a1	a2	b1	b2
0	0	0	0	1
1	10	20	1	11

□ Горизонтальная: `axis=1`

```
pd.concat([A, B], axis=1)
```

	a1	a2	b1	b2
0	0	0	0	1
1	10	20	11	21

□ Вертикальная: `axis=0`

```
pd.concat([A, B], axis=0)
```

	a1	a2	b1	b2
0	0.0	0.0	NaN	NaN
1	10.0	20.0	NaN	NaN
0	NaN	NaN	1.0	1.0
1	NaN	NaN	11.0	21.0

■ JOIN: `pd.merge(df1, df2, on, how)`

□ LEFT OUTER JOIN

```
pd.merge(A, B, left_on="a1",  
         right_on="b1", how="left")
```

	a1	a2	b1	b2
0	0	0	NaN	NaN
1	10	20	NaN	NaN

□ RIGHT JOIN

```
pd.merge(A, B, left_on="a1",  
         right_on="b1", how="right")
```

	a1	a2	b1	b2
0	NaN	NaN	1	1
1	NaN	NaN	11	21

□ INNER JOIN

```
pd.merge(A, B, left_on="a1", right_on="b1"
```

	a1	a2	b1	b2
--	----	----	----	----

□ FULL JOIN

```
pd.merge(A, B, left_on="a1",  
         right_on="b1", how="outer")
```

	a1	a2	b1	b2
0	0.0	0.0	NaN	NaN
1	10.0	20.0	NaN	NaN
2	NaN	NaN	1.0	1.0
3	NaN	NaN	11.0	21.0

Разведочный анализ данных

- Импорт и экспорт данных:
 - Чтение: `read_csv`, `read_excel`, `read_json`
 - Запись: `to_csv`, `to_excel`, `to_json`
- Набор данных по ирисам Фишера
- Базовая информация: `head`, `columns`
- Подробная информация:
 - Статистика (`count`, `mean`, `std`..): `df.describe()`
 - Размер, тип по каждому признаку: `df.info()`

```
iris = pd.read_csv("Iris.csv")
print(iris.columns)
iris.head()
```

```
Index(['Id', 'SepalLengthCm', 'SepalWidthCm', 'PetalLengthCm',
      'PetalWidthCm', 'Species'],
      dtype='object')
```

	Id	SepalLengthCm	SepalWidthCm	PetalLengthCm	PetalWidthCm	Species
0	1	5.1	3.5	1.4	0.2	Iris-setosa
1	2	4.9	3.0	1.4	0.2	Iris-setosa
2	3	4.7	3.2	1.3	0.2	Iris-setosa
3	4	4.6	3.1	1.5	0.2	Iris-setosa
4	5	5.0	3.6	1.4	0.2	Iris-setosa

```
iris.describe()
```

	Id	SepalLengthCm	SepalWidthCm	PetalLengthCm	PetalWidthCm
count	150.000000	150.000000	150.000000	150.000000	150.000000
mean	75.500000	5.843333	3.054000	3.758667	1.198667
std	43.445368	0.828066	0.433594	1.764420	0.763161
min	1.000000	4.300000	2.000000	1.000000	0.100000
25%	38.250000	5.100000	2.800000	1.600000	0.300000
50%	75.500000	5.800000	3.000000	4.350000	1.300000
75%	112.750000	6.400000	3.300000	5.100000	1.800000
max	150.000000	7.900000	4.400000	6.900000	2.500000

```
iris.info()
```

```
Data columns (total 6 columns):
#   Column          Non-Null Count  Dtype
---  -
0   Id              150 non-null    int64
1   SepalLengthCm   150 non-null    float64
2   SepalWidthCm    150 non-null    float64
3   PetalLengthCm   150 non-null    float64
4   PetalWidthCm    150 non-null    float64
5   Species         150 non-null    object
dtypes: float64(4), int64(1), object(1)
memory usage: 7.2+ KB
```

Разведочный анализ данных

- Дополнительная информация:
 - Флаг повторяющихся строк: `df.duplicated()`
 - Количество уникальных: `df.nunique()`
 - Удаление пропусков: `df.dropna()`
 - Таблица частотности: `value_counts()`
- Удаление пропусков: `df.dropna()`
- Анализ групп содержит шаги:
 - Разделение данных на группы по критерию:
Метод `df.groupby()`
 - Применение функции к каждой группе:
Встроенные методы или `df.apply(func)`
 - Объединение результатов:
Метод `grouped_df.agg(funcs)`

```
iris.nunique()
```

```
Id          150
SepalLengthCm  35
SepalWidthCm  23
PetalLengthCm  43
PetalWidthCm  22
Species       3
dtype: int64
```

```
iris["Species"].value_counts()
```

```
Iris-setosa      50
Iris-versicolor  50
Iris-virginica   50
Name: Species, dtype: int64
```

```
grouped = iris.groupby("Species")
grouped.mean()
```

Species				
	SepalLengthCm	SepalWidthCm	PetalLengthCm	PetalWidthCm
Iris-setosa	5.006	3.418	1.464	0.244
Iris-versicolor	5.936	2.770	4.260	1.326
Iris-virginica	6.588	2.974	5.552	2.026

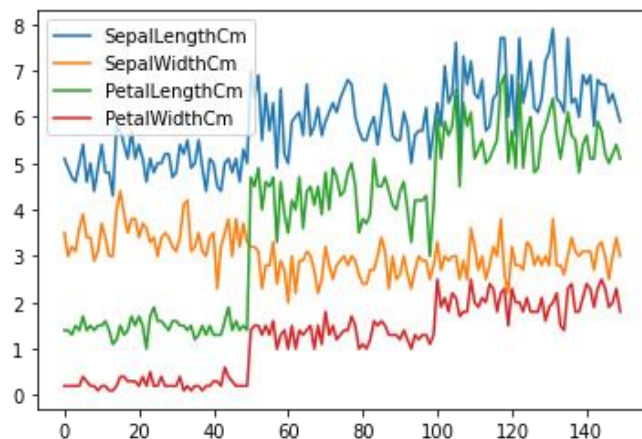
```
grouped.agg([np.mean, np.std])
```

Species								
	SepalLengthCm		SepalWidthCm		PetalLengthCm		PetalWidthCm	
	mean	std	mean	std	mean	std	mean	std
Iris-setosa	5.006	0.352490	3.418	0.381024	1.464	0.173511	0.244	0.107210
Iris-versicolor	5.936	0.516171	2.770	0.313798	4.260	0.469911	1.326	0.197753
Iris-virginica	6.588	0.635880	2.974	0.322497	5.552	0.551895	2.026	0.274650

Разведочный анализ данных

- Расчет корреляций: `df.corr(method)`
Method: pearson, kendall, spearman
- Ящик с усами: `.boxplot()`
- Визуализация набора: `.plot()`

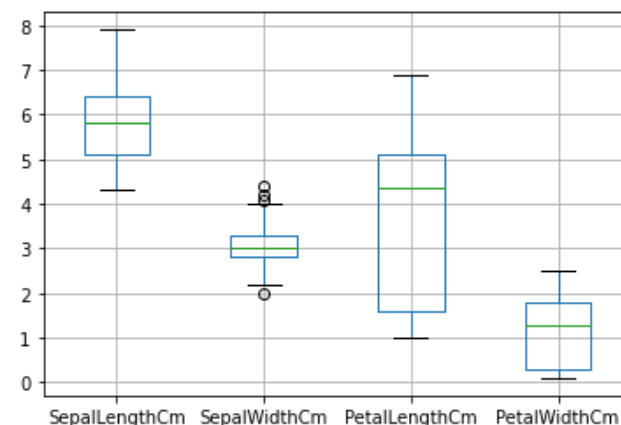
```
iris.loc[:,cols].plot()
```



```
iris.corr()
```

	Id	SepalLengthCm	SepalWidthCm	PetalLengthCm	PetalWidthCm
Id	1.000000	0.716676	-0.397729	0.882747	0.899759
SepalLengthCm	0.716676	1.000000	-0.109369	0.871754	0.817954
SepalWidthCm	-0.397729	-0.109369	1.000000	-0.420516	-0.356544
PetalLengthCm	0.882747	0.871754	-0.420516	1.000000	0.962757
PetalWidthCm	0.899759	0.817954	-0.356544	0.962757	1.000000

```
cols = ["SepalLengthCm", "SepalWidthCm",  
        "PetalLengthCm", "PetalWidthCm"]  
stud_bplt = iris.loc[:,cols].boxplot()  
stud_bplt.plot()
```



Визуализация с matplotlib

- Мощная низкоуровневая библиотека для создания статических, анимированных и интерактивных визуализаций на Python
- Pyplot
 - Графический модуль на основе MATLAB
 - Использует интерфейс на основе состояний и ООП
- Установка и импорт библиотеки
 - Установка через pip
`pip install matplotlib`
 - Импорт через python
`import matplotlib.pyplot as plt`



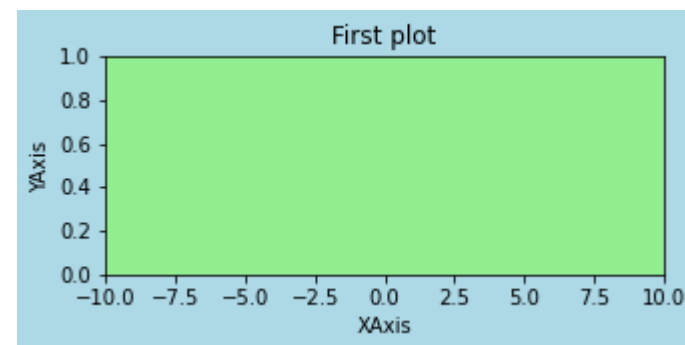
ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

- Figure - общая область рисунка:
 - Конструктор **plt.figure()** определяет холст (длина по x, y; цвет; разрешение)
 - Содержит контейнеры Axes.
- Axes - область отображения графиков:
 - Определяет атрибуты: XAxis, YAxis, title...
 - Для добавления axes (или subplot):
fig.add_subplot([nrow][ncol][num_cell])
- Создание графиков императивное:
 - Создание регистрируется в pyplot
 - Для сохранения в файл **plt.savefig(path)**
 - Для отображения **plt.show()**, но график удаляется из памяти pyplot

```
fig = plt.figure(figsize=(5, 2))
ax = fig.add_subplot(111)

fig.set(facecolor = 'lightblue')
ax.set(facecolor = 'lightgreen')
ax.set_xlim([-10, 10])
ax.set_title('First plot')
ax.set_xlabel('XAxis')
ax.set_ylabel('YAxis')

plt.show()
```



Отображение данных (axes)

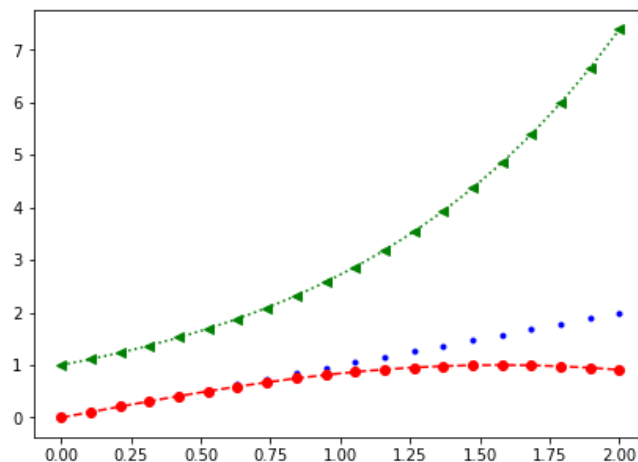
- Изображение линий `plot(x, y, color, marker)`:
 - С одним `y` определяет `x` через `range(N)`
 - Для пар `x, y` определяет точки вида **marker** ('.' - точка; 'o' - круг; 'v', '^', '<', '>' - треугольники; ...)
 - Соединяет точки линиями **linestyle** ('-' - solid; '--' - dashed; ':' - dotted, '' - empty) с шириной **linewidth**
 - Цвет по полному названию или первой букве
- Можно использовать один параметр формат `'[marker][line][color]'`
- Работа с индексруемыми данными: `plot('xlabel', 'ylabel', data=obj)`

```
fig = plt.figure(figsize=(7, 5))
ax = fig.add_subplot(111)

x = np.linspace(0, 2, 20)

ax.plot(x, x, marker=".", linestyle="", color="b")
ax.plot(x, np.sin(x), "o--r")
ax.plot(x, np.exp(x), "<:g")

plt.show()
```



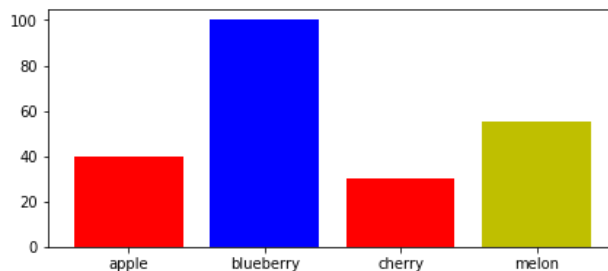
Отображение данных (axes)

- Изображение точек scatter (x, y, s, c):
 - Близок к графику plot с **linestyle** = ""
 - Аналогичен по параметрам x, y, marker, linewidths
 - **S** - размер маркера (массив или константа)
 - **C** - цвет маркера (массив или константа)
- Изображение столбцов bar (x, y, h, w), где h (height), w (width) - высота и ширина столбцов (массив или константа)

```
fig = plt.figure(figsize=(7, 3))
ax = fig.add_subplot(111)

fruits = ['apple', 'blueberry', 'cherry', 'melon']
counts = [40, 100, 30, 55]
bar_colors = ['r', 'b', 'r', 'y']
ax.bar(fruits, counts, color=bar_colors)

plt.show()
```



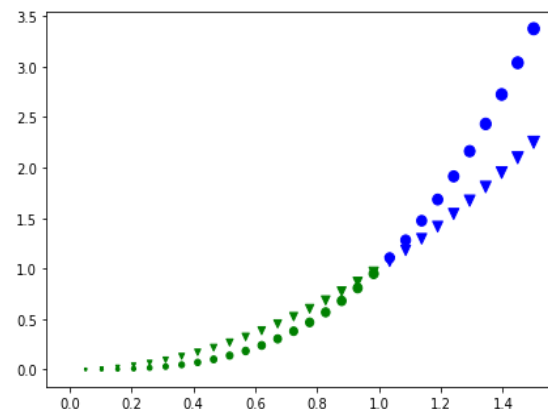
```
fig = plt.figure(figsize=(7, 5))
ax = fig.add_subplot(111)

x = np.linspace(0, 1.5, 30)
size = x * 50

y1 = x**2
y2 = x**3
col = np.where(y1 < y2, "b", "g")

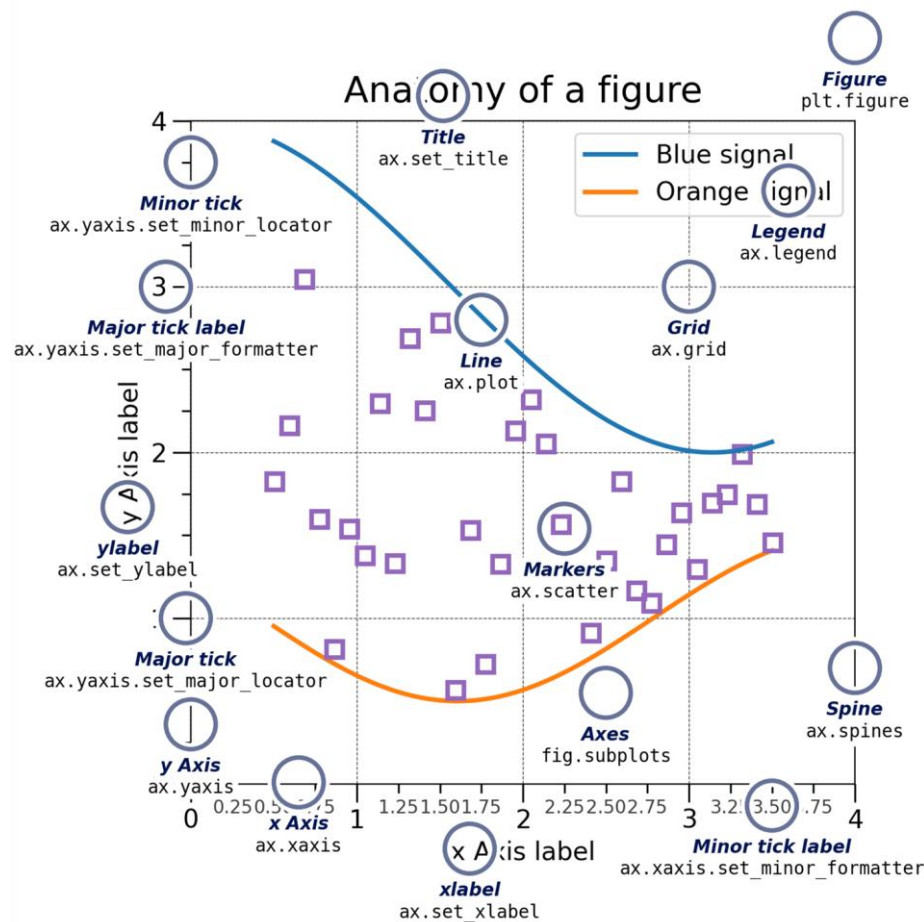
ax.scatter(x, y1, s=size, c=col, marker="v")
ax.scatter(x, y2, s=size, c=col, marker="o")

plt.show()
```



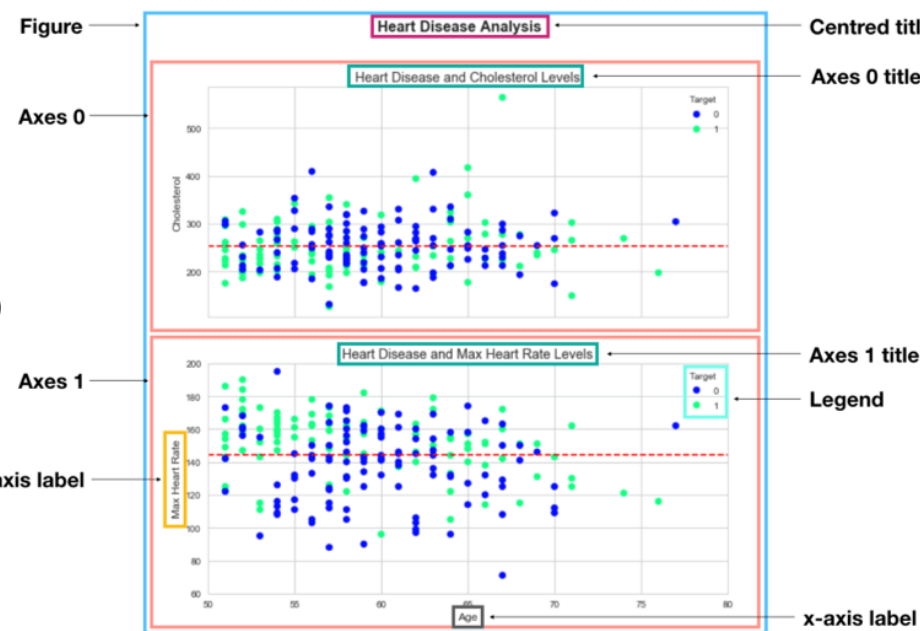
Кастомизация графиков

- Общие параметры:
 - Title - заголовок графика
 - Grid - сетка с шагом
 - Legend - окно с сопоставлением меток (при установке **label** в графиках)
 - alpha - прозрачность (0 - бесцветный)
- Параметры осей:
 - xlabel, ylabel - метки осей
 - xticks, yticks - деления (числа и строки)
 - xlim, ylim - границы делений
 - xscale, yscale - масштабирование осей
 - xmargin, ymargin - отступ от краев



Группировка add_subplot

- В контейнер figure можно поместить несколько axes
- Первый способ:
 - Создать объект figure
 - Создать axes с помощью `fig.add_subplot([nrow][ncol][num_cell])`
 - Полотно разбивается на ячейки согласно `[nrow][ncol]` и выделяет место для axes в ячейке `[num_cell]`
 - Индексирование ячеек построчно слева-направо (1 - левый верх)
- Разбиения могут не совпадать



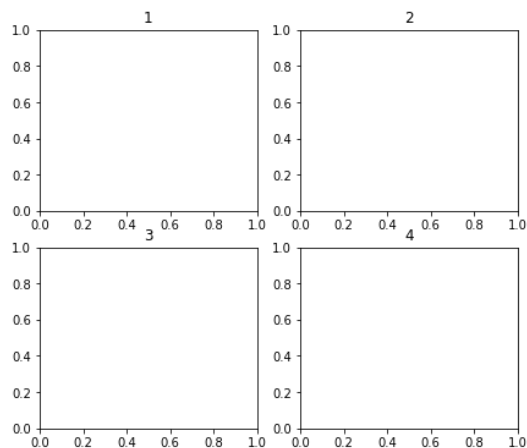
Примеры add_subplot

```
fig = plt.figure(figsize=(7,6))

ax_1 = fig.add_subplot(2, 2, 1)
ax_2 = fig.add_subplot(2, 2, 2)
ax_3 = fig.add_subplot(2, 2, 3)
ax_4 = fig.add_subplot(2, 2, 4)

ax_1.set(title = '1')
ax_2.set(title = '2')
ax_3.set(title = '3')
ax_4.set(title = '4')

plt.show()
```

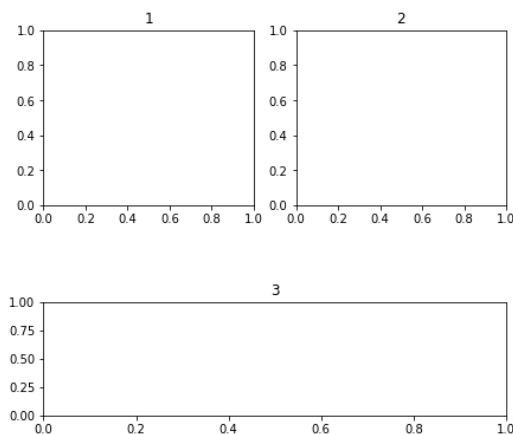


```
fig = plt.figure(figsize=(7,6))

ax_1 = fig.add_subplot(2, 2, 1)
ax_2 = fig.add_subplot(2, 2, 2)
ax_3 = fig.add_subplot(3, 1, 3)

ax_1.set(title = '1')
ax_2.set(title = '2')
ax_3.set(title = '3')

plt.show()
```

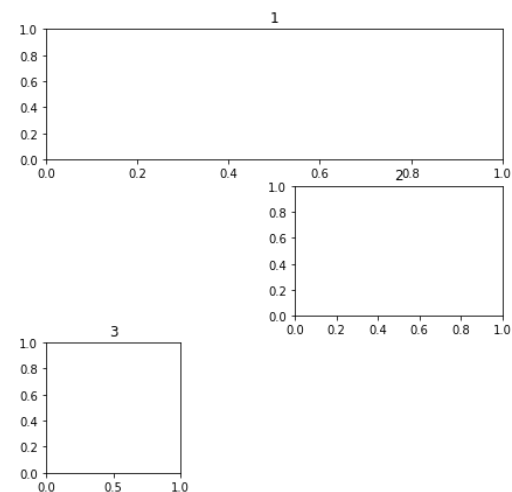


```
fig = plt.figure(figsize=(7, 7))

ax_1 = fig.add_subplot(3, 1, 1)
ax_2 = fig.add_subplot(3, 2, 4)
ax_3 = fig.add_subplot(3, 3, 7)

ax_1.set(title = '1')
ax_2.set(title = '2')
ax_3.set(title = '3')

plt.show()
```



Группировка subplots

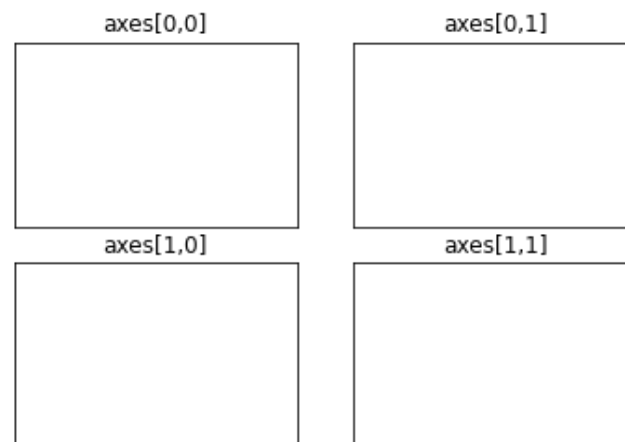
- Второй способ: subplots
- Возвращает кортеж figure и axes по фиксированной сетке
- Индексация по numpy массиву (где axes [0,0] - левый верхний угол)
- Можно перебирать элементы через итератор numpy flat
- По умолчанию создает 1 axes

```
fig, axes = plt.subplots(nrows=2, ncols=2)

axes[0,0].set(title='axes[0,0]')
axes[0,1].set(title='axes[0,1]')
axes[1,0].set(title='axes[1,0]')
axes[1,1].set(title='axes[1,1]')

for ax in axes.flat: # numpy итератор
    ax.set(xticks=[], yticks=[])

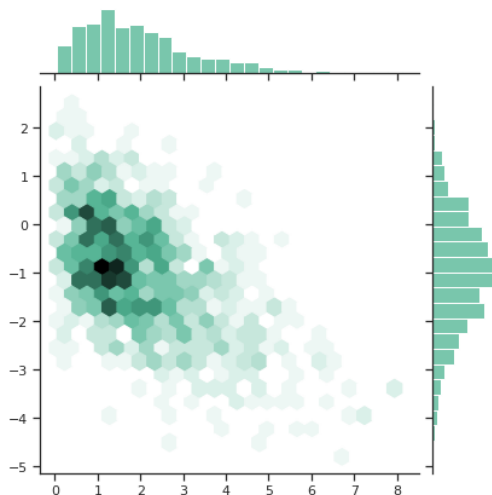
plt.show()
```



Расширенные возможности matplotlib

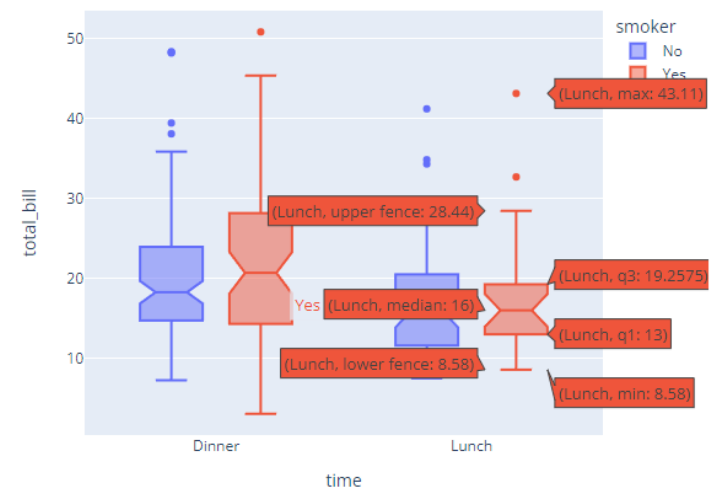
■ Seaborn:

- Абстракция для упрощения графиков
- Работает вместе с matplotlib
- Содержит множество стилей
- Тесно взаимодействует с pandas
- Включает наборы для тренировки



■ Plotly:

- Front-End на JS
- Back-End на Python (на основе Seaborn)
- Возможность изменять графики “на лету”, построение интерактивных отчетов (dashboard)



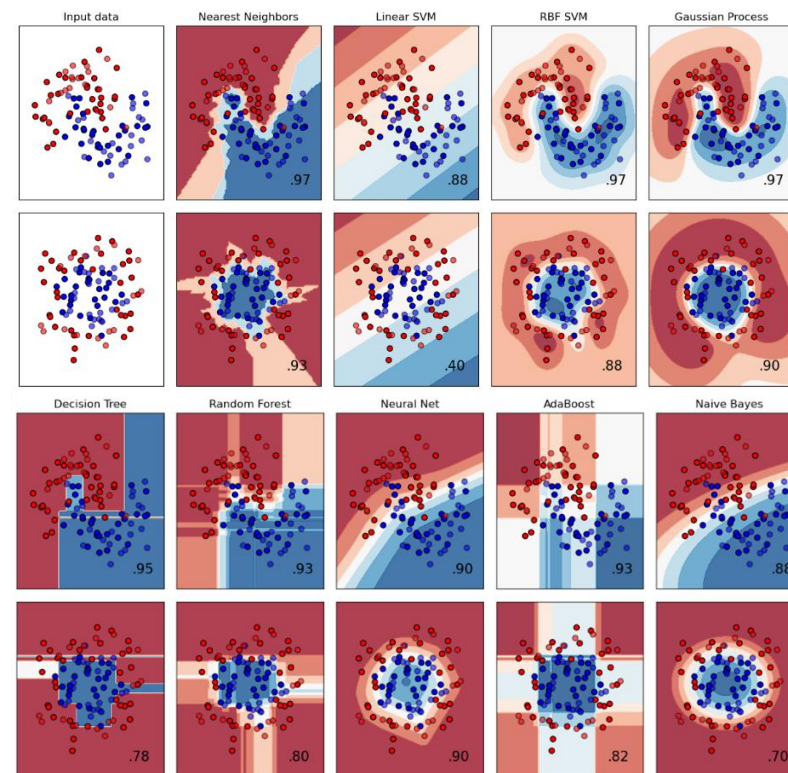
Scikit-learn (sklearn)



- Широкая библиотека машинного обучения
- Решение различных задач анализа данных с помощью общего API
- В основном написан на Python + Cython
- Хорошая интеграция с библиотеками Numpy, Pandas, Matplotlib, Plotly
- Установка и импорт библиотеки
 - Установка через pip

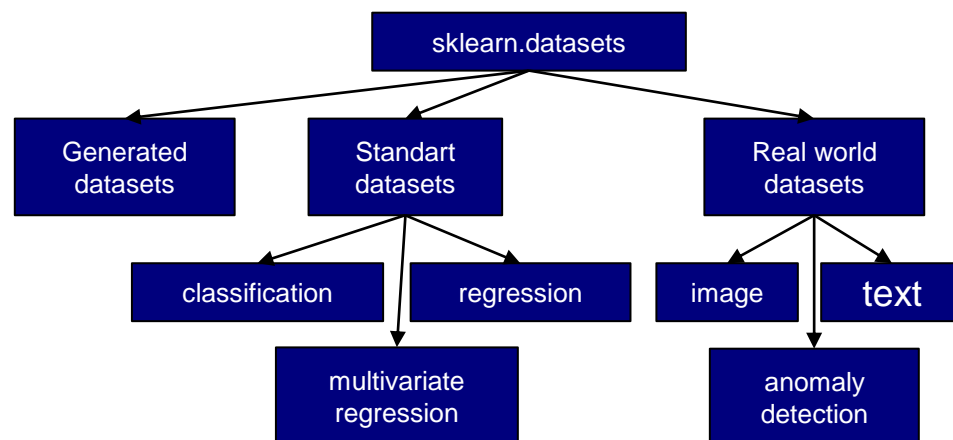
```
pip install scikit-learn
```
 - Импорт через python

```
from sklearn import ...
```



sklearn.datasets

- Доступ к наборам через API
- Стандартные наборы данных:
 - Небольшой размер (встроены в sklearn)
 - Загрузка: `load_<dataset_name>`
- Внешние наборы данных:
 - Большой размер (выгрузка из репозитория)
 - Загрузка: `fetch_<dataset_name>`
- Возвращают словарь-like с атрибутами: `data`, `target`, `DESCR`, ...
- Некоторые наборы имеют параметр `return_X_y` (возвращает кортеж (`data`, `target`))



```
from sklearn.datasets import load_iris

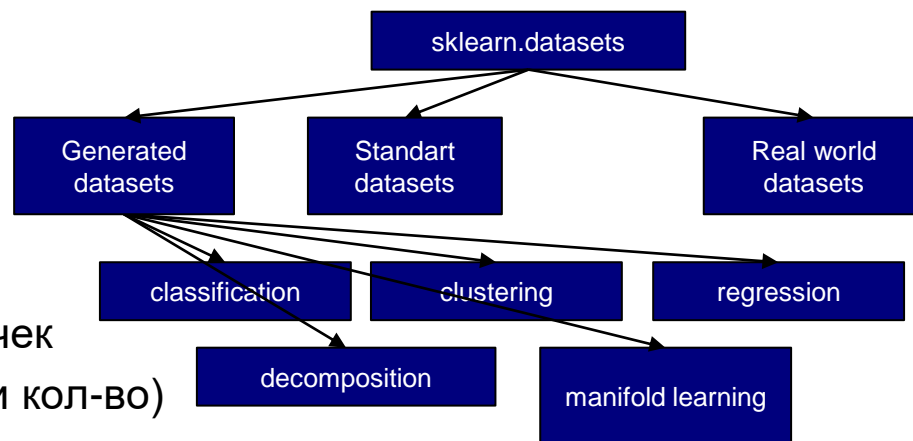
iris = load_iris()
X = iris.data
print("Матрица данных:\n", iris.data[:5])
print("Целевой класс:", iris.target[:5])

print("Признаки:", iris.feature_names)
print("Целевой признак:", iris.target_names)
```

```
Матрица данных:
[[5.1 3.5 1.4 0.2]
 [4.9 3.  1.4 0.2]
 [4.7 3.2 1.3 0.2]]
Целевой класс: [0 0 0]
Признаки: ['sepal length (cm)', 'sepal width (cm)',
           'petal length (cm)', 'petal width (cm)']
Целевой признак: ['setosa' 'versicolor' 'virginica']
```

sklearn.datasets

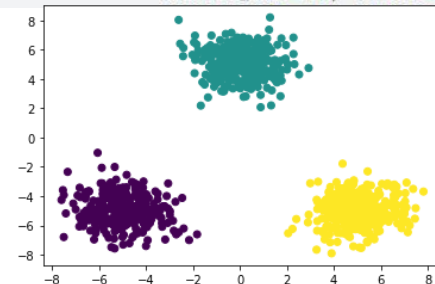
- Примеры генерации наборов
- Shape: **n_samples**, **n_features**
- `X, y = make_blobs():`
 - Генерирует гауссовы области точек
 - **centers** (координаты центров или кол-во)
- `X, y = make_classification():`
 - Кластеры гауссовых точек вокруг вершин гиперкуба + шум
 - **n_informative**, **n_redundant** (лин. комб информативных), **n_repeat**, **n_classes**
- `X, y, coef = make_regression():`
 - **y** генерируется по случайным данным смещенной линейной регрессией + шум
 - **n_targets** (размерность), **noise**, **bias**



```
from sklearn.datasets import make_blobs

n_samples = 1000
centers = [(-5, -5), (0, 0), (5, 5)]

X, y = make_blobs(n_samples=n_samples, n_features=2,
                  cluster_std=1.0, centers=centers)
```



Estimator API

Основные шаги использования API:

1. Выбор класса модели scikit-learn
2. Выбор гиперпараметров (в объекте или параметрах конструктора)
3. Упорядочивание данных: X, y
4. Обучение модели (fit)
5. Применение модели (predict, predict_proba, transform)

Также, возможны комбинированные методы: fit_predict(data), fit_transform(data)

```
# Пример псевдокода
estimator = Estimator(param1=1, param2=2)
estimator.param1

estimator.fit(data)
estimator.estimated_param_

# Если прогнозирование
estimator.predict(new_data)
# Если преобразование
estimator.transform(new_data)
```

sklearn.preprocessing (предобработка данных)

- Обучение: `fit, fit_transform`
- Преобразование: `transform, inverse_transform`
- Стандартизация:
 - `StandardScaler`: $(x - \text{mean}(x))/\text{std}(x)$
 - `RobustScaler`: $(x - \text{median}(x))/\text{IQR}(x)$
- Нормализация:
 - `MinMaxScaler`: $(x - \min(x))/(\max(x) - \min(x))$
 - `MaxAbsScaler`: $x/\max(|x|)$
 - `Normalizer(norm)` # l1, l2, max
- Преобразование:
 - `QuantileTransformer(n_quantiles)`
 - `PowerTransformer` # yeo-johnson, box-cox
 - `KBinsDiscretizer`: $x \rightarrow 0..k-1$
 - `Binarizer`: $x \rightarrow 0,1$

```
X = np.array([[1, 10, 100, 200, 1000]]).T

StandardScaler().fit_transform(X)
RobustScaler().fit_transform(X)
MinMaxScaler().fit_transform(X)
MaxAbsScaler().fit_transform(X)
Normalizer().fit_transform(X)
QuantileTransformer().fit_transform(X)
PowerTransformer().fit_transform(X)
KBinsDiscretizer(encode="ordinal").fit_transform(X)
Binarizer(threshold=20).fit_transform(X)
```

StandardScaler:	MaxAbsScaler:	PowerTransformer:
<code>[[-0.69493808]</code>	<code>[[0.001]</code>	<code>[[-1.42849354]</code>
<code>[-0.67099305]</code>	<code>[0.01]</code>	<code>[-0.76770092]</code>
<code>[-0.43154271]</code>	<code>[0.1]</code>	<code>[0.21971925]</code>
<code>[-0.16548679]</code>	<code>[0.2]</code>	<code>[0.55897206]</code>
<code>[1.96296062]]</code>	<code>[1.]]</code>	<code>[1.41750316]]</code>
RobustScaler:	Normalizer:	KBinsDiscretizer:
<code>[[-0.52105263]</code>	<code>[[1.]</code>	<code>[[0.]</code>
<code>[-0.47368421]</code>	<code>[1.]</code>	<code>[1.]</code>
<code>[0.]</code>	<code>[1.]</code>	<code>[2.]</code>
<code>[0.52631579]</code>	<code>[1.]</code>	<code>[3.]</code>
<code>[4.73684211]]</code>	<code>[1.]]</code>	<code>[4.]]</code>
MinMaxScaler:	QuantileTransformer:	Binarizer:
<code>[[0.]</code>	<code>[[0.]</code>	<code>[[0]</code>
<code>[0.00900901]</code>	<code>[0.25]</code>	<code>[0]</code>
<code>[0.0990991]</code>	<code>[0.5]</code>	<code>[1]</code>
<code>[0.1991992]</code>	<code>[0.75]</code>	<code>[1]</code>
<code>[1.]]</code>	<code>[1.]]</code>	<code>[1]]</code>

Предобработка данных

■ Кодирование категориальных признаков:

- Модуль `sklearn.preprocessing`
- `LabelEncoder()`
- `OrdinalEncoder(categories)`
- `OneHotEncoder(categories, min_frequency)`
- Параметр `handle_unknown` (`error`, `ignore`, ...)

```
X = [['male', 'sin', 'fit'],  
      ['female', 'cos', 'predict'],  
      ['female', 'sin', 'transform']]  
  
OneHotEncoder().fit_transform(X).toarray()  
  
[[0., 1., 0., 1., 1., 0., 0.],  
 [1., 0., 1., 0., 0., 1., 0.],  
 [1., 0., 0., 1., 0., 0., 1.]]
```

■ Обработка пропусков:

- Модуль `sklearn.impute`
- `SimpleImputer(missing_values, strategy)`
- `KNNImputer(n_neighbors, weights)`
- `MissingIndicator(missing_values)`

```
X = np.array([[1, np.nan], [np.nan, 3], [7, 6]])  
imp = SimpleImputer(missing_values=np.nan,  
                    strategy='mean')  
imp.fit_transform(X)  
  
knn_imp = KNNImputer(n_neighbors=1,  
                    weights="uniform")  
knn_imp.fit_transform(X)
```

```
[[1. , 4.5],  
 [4. , 3. ],  
 [7. , 6. ]]  
  
[[1. , 6. ],  
 [7. , 3. ],  
 [7. , 6. ]]
```

Предобработка признакового пространства

■ Генерация признаков:

- Модуль `sklearn.preprocessing`
- `PolynomialFeatures(degree, interaction_only)`
- `SplineTransformer(degree, n_knots)`
- `FunctionTransformer(func, inverse_func)`

```
X = np.arange(6).reshape(3, 2)
PolynomialFeatures(2).fit_transform(X)
[[ 1.,  0.,  1.,  0.,  0.,  1.],
 [ 1.,  2.,  3.,  4.,  6.,  9.],
 [ 1.,  4.,  5., 16., 20., 25.]]

SplineTransformer(2, 1).fit_transform(X)
[[ 1.,  0.,  1.,  0. ],
 [ 0.5, 0.5, 0.5, 0.5],
 [ 0.,  1.,  0.,  1. ]]
```

■ Уменьшение размерности:

- Модуль `sklearn.decomposition`
- `PCA(n_components)` # число или `mle`
- `TruncatedSVD(n_components, algorithm)`
- Атрибуты: **`explained_variance_`**,
`singular_values_`
- `NMF(n_components, init, solver)`
- `LatentDirichletAllocation(n_components)`
- Общий атрибут: **`components_`**

```
X = np.arange(100).reshape(10, 10)

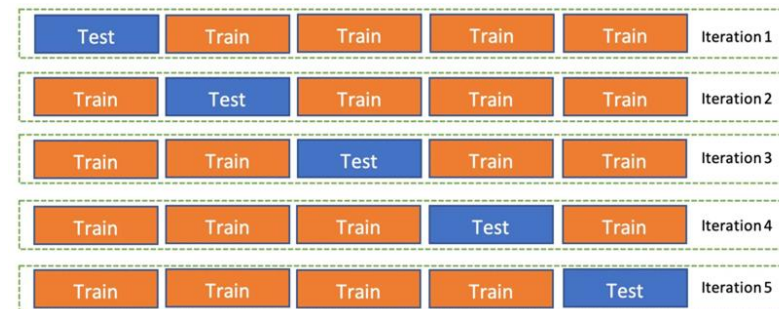
PCA(n_components=2).fit_transform(X)
[[ 1.42302495e+02,  1.67908651e-14],
 [ 1.10679718e+02, -2.41419792e-15],
 [ 7.90569415e+01, -3.65037002e-15],
 [ 4.74341649e+01, -1.51614199e-15],
 [ 1.58113883e+01, -2.24513984e-16],
 [-1.58113883e+01,  2.24513984e-16],
 [-4.74341649e+01,  1.51614199e-15],
 [-7.90569415e+01,  3.65037002e-15],
 [-1.10679718e+02,  2.41419792e-15],
 [-1.42302495e+02,  7.91882609e-15]]
```


sklearn.model_selection (подготовка выборок)

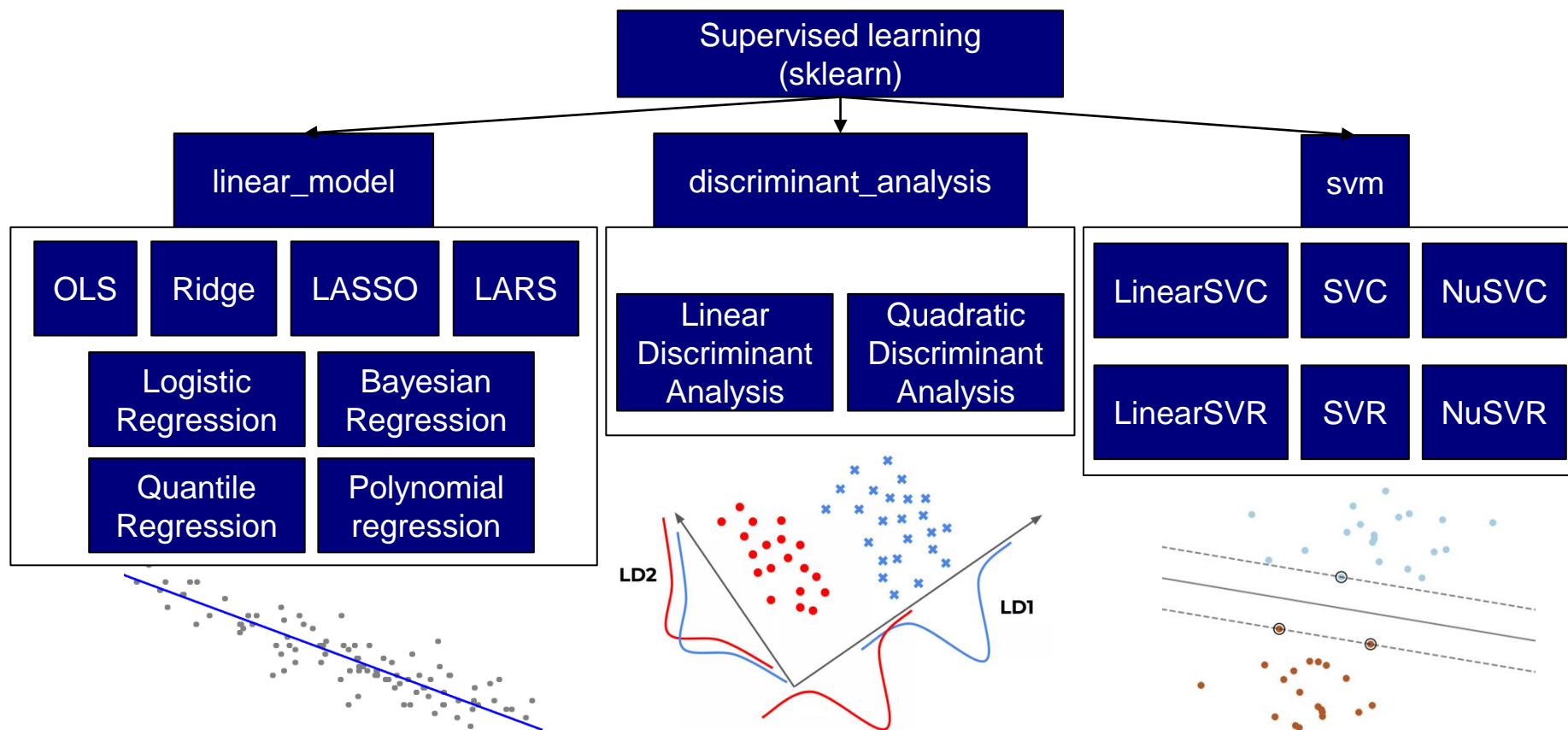
- `train_test_split(*arrays, test_size, train_size)`
 - Принимает последовательность индексируемых массивов одинаковой длины
 - Разбивает массивы на 2 подмножества
 - Возвращает список длиной $2 * \text{len}(\text{arrays})$: `arr1_train, arr1_test, arr2_train, arr2_test ...`
 - Параметр `stratify`
- Классы генерации разбиений:
 - Генерация выборок методом `split()`
 - `ShuffleSplit(n_splits, test_size, train_size)`
 - `KFold(n_splits)`
 - `LeaveOneOut()`
 - `Stratified<ИмяКласса>()`

```
X, y = np.arange(20).reshape((10, 2)), range(10)
X_tr, X_tst, y_tr, y_tst = train_test_split(X, y, test_size=0.33)
```

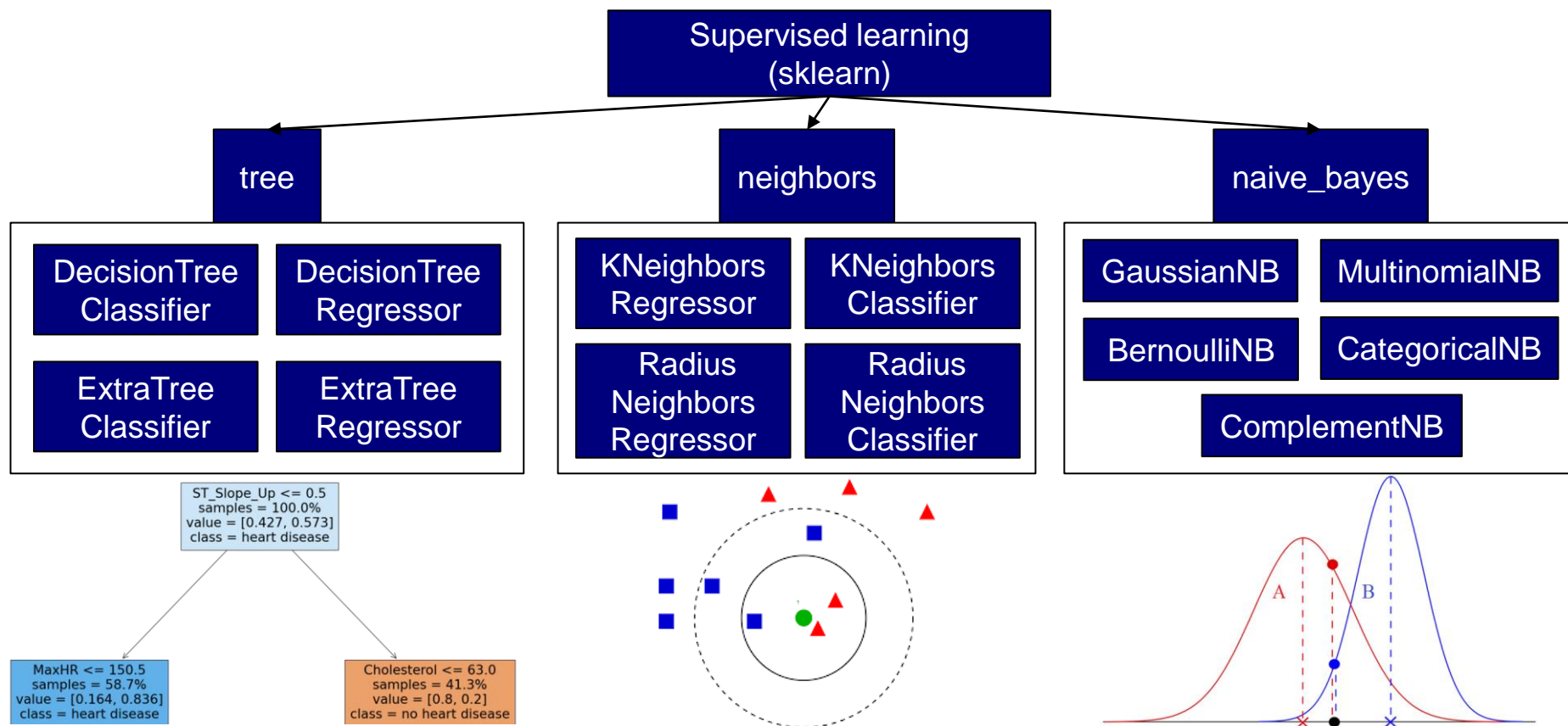
X:	Train X:	Test X:
[[0 1]	[[10 11]	[[4 5]
[2 3]	[12 13]	[0 1]
[4 5]	[18 19]	[14 15]
[6 7]	[6 7]	[2 3]
[8 9]	[8 9]	Test y:
[10 11]	[16 17]	[2, 0, 7, 1]
[12 13]	Train y:	
[14 15]	[5, 6, 9, 3, 4, 8]	
[16 17]		
[18 19]		
y:		
range(0, 10)		



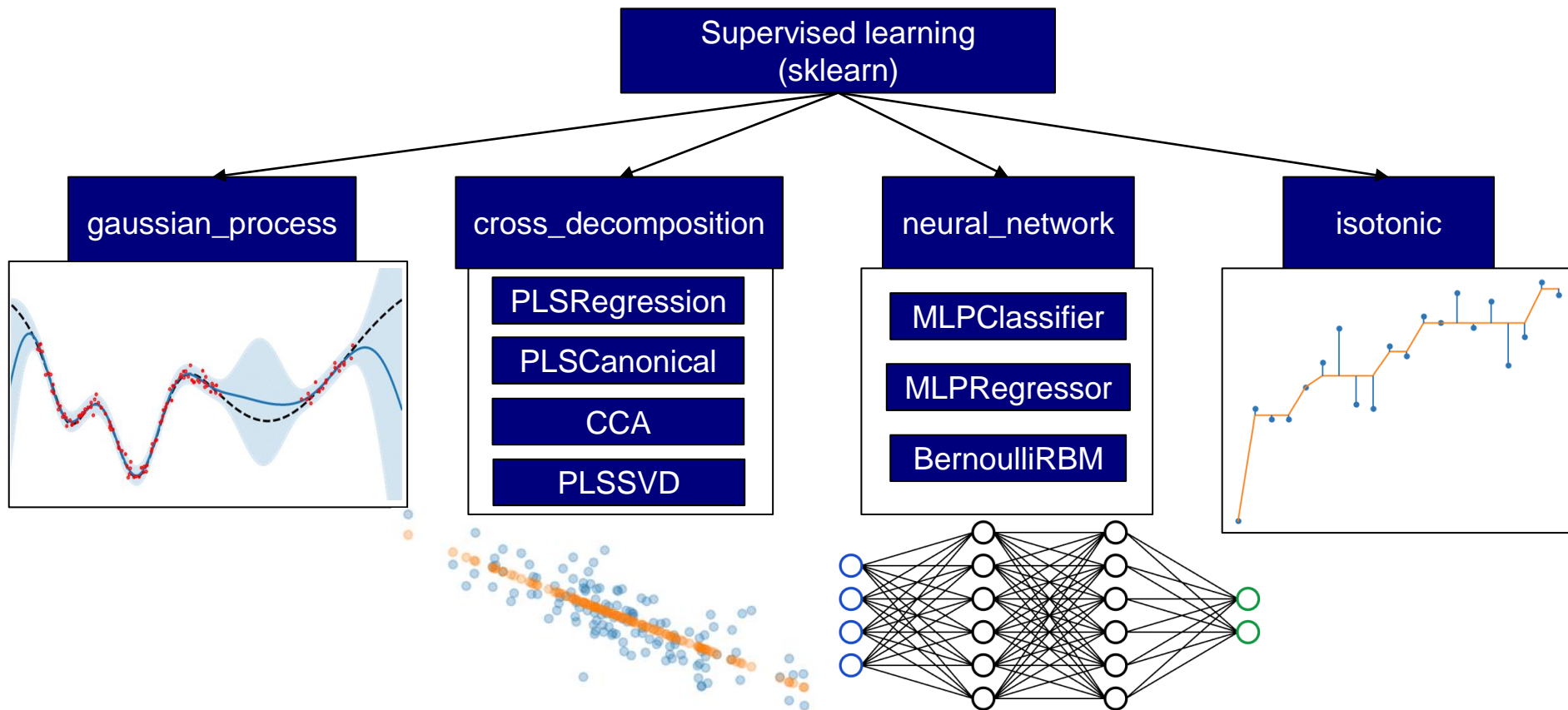
Обучение с учителем



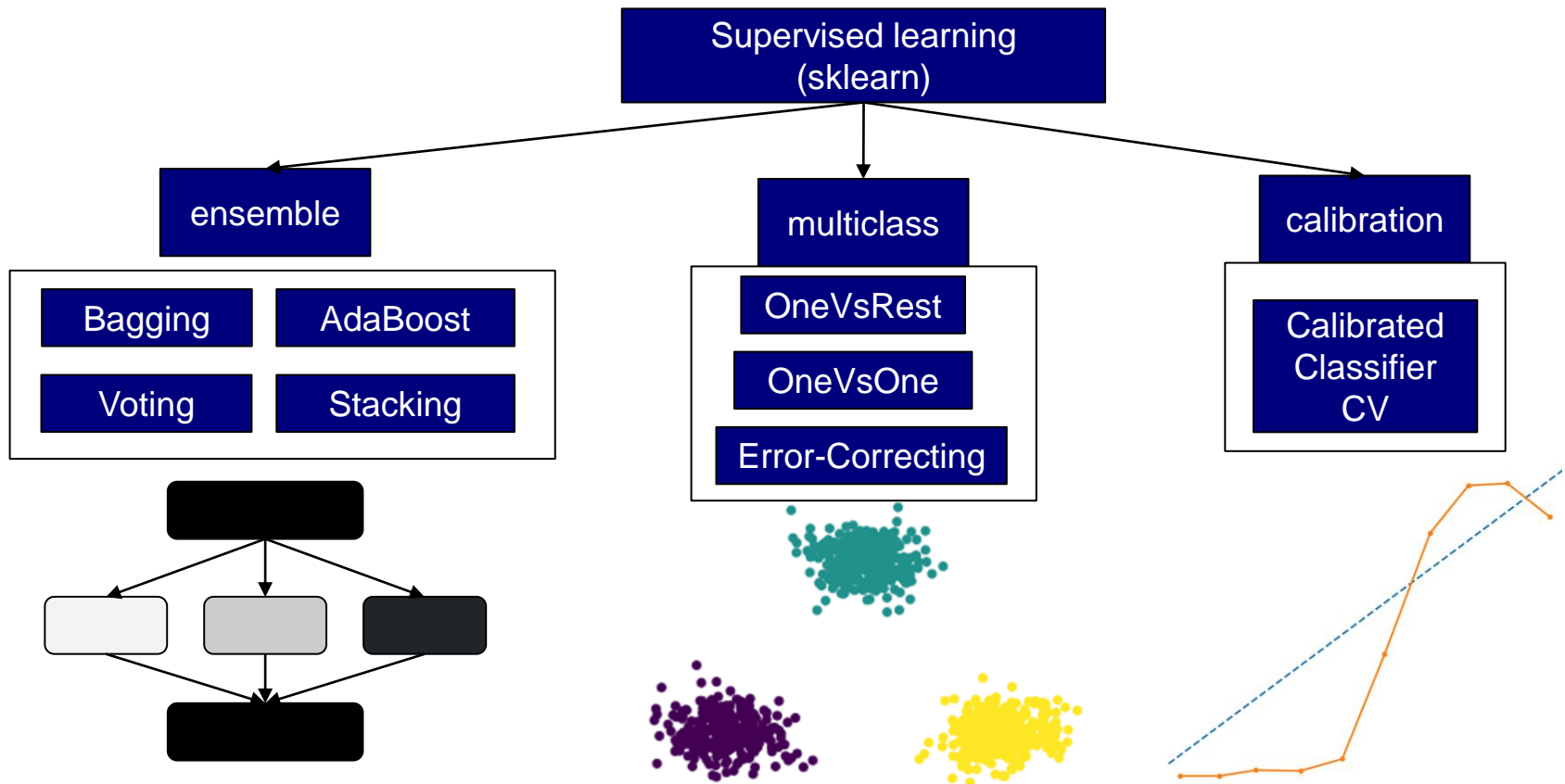
Обучение с учителем



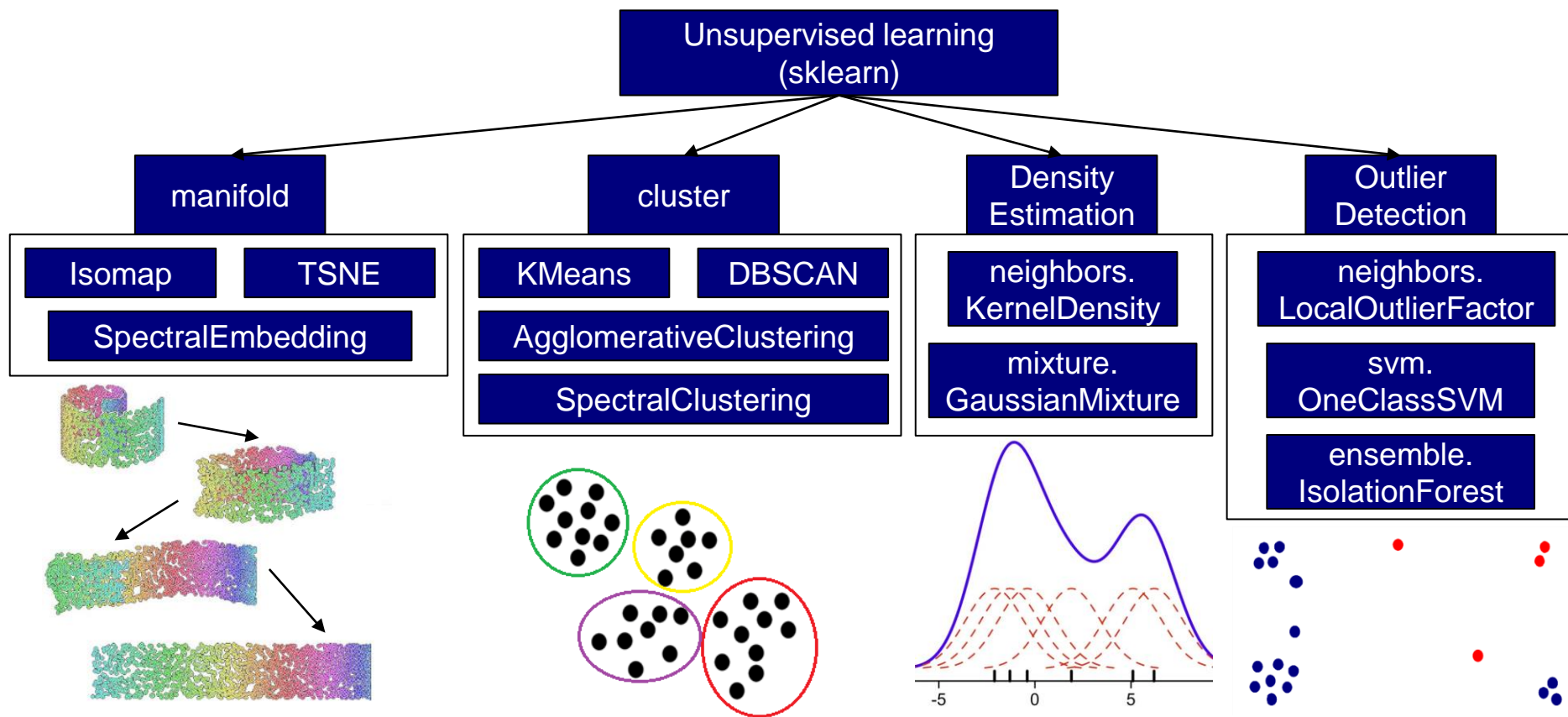
Обучение с учителем



Метамодели (на основе внешнего Estimator)



Обучение без учителя



Валидация моделей

- Метрики
 - Модуль `sklearn.metrics`
 - Общее API: `metric(y_true, y_pred, *params)`
- Мета-функции валидации моделей:
 - Общие параметры: `estimator`, `X`, `groups`, `scoring`
 - `cross_validate()`: оценка качества и времени
 - `cross_val_predict()`: генерация CV прогнозов
 - `cross_val_score()`: оценки на CV (вызов `score`)
 - `learning_curve()`: генерация кривых обучения
- Экспорт и импорт моделей аналогично через `joblib`: `dump`, `load` (лекция 1)

