

ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

ЛЕКЦИЯ №10

Математическая библиотека **numpy**

СОСТАВИТЕЛЬ: КАНД. ТЕХН. НАУК БЫКАДОР В.С.

Общее описание математической библиотеки `numpy`

Математическая библиотека `numpy` является базовой библиотекой для выполнения численных расчётов с использованием языка программирования `Python`. Данная библиотека используется как основа для работы других математических библиотек.

[Install](#) [Documentation](#) [Learn](#) [Community](#) [About Us](#) [Contribute](#)

<https://numpy.org/>



The fundamental package for scientific computing with Python

GET STARTED

[NumPy 1.23.0 released](#)

POWERFUL N-DIMENSIONAL ARRAYS

Fast and versatile, the NumPy vectorization, indexing, and broadcasting concepts are the de-facto standards of array computing today.

NUMERICAL COMPUTING TOOLS

NumPy offers comprehensive mathematical functions, random number generators, linear algebra routines, Fourier transforms, and more.

INTEROPERABLE

NumPy supports a wide range of hardware and computing platforms, and plays well with distributed, GPU, and sparse array libraries.

Работа с массивами

Numpy, кроме базовых математических функций (**sin**, **cos**, **log** и других, которые есть в стандартной библиотеке **math**), предоставляет возможность работать с массивами и задавать последовательности.

Массивы в **Numpy** реализуют функциональность матриц. Ранее в библиотеке **Numpy** был специальный класс **Matrix** для реализации функциональности математического объекта «матрицы», этот класс есть и сейчас, но его использовать не рекомендуется, так он в будущем может быть удалён из библиотеки **Numpy**. В данный момент класс **Matrix** используется для поддержания совместимости ранее написанного кода.

Работа с массивами

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 10 \end{pmatrix} \quad \rightarrow$$

```
1  import numpy as np
2
3
4  A = np.array(
5      [
6          [1, 3],
7          [2, 10]
8      ]
9  )
10
```

ПРОБЛЕМЫ ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ КОН

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test
/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lect

```
[[ 1  3]
 [ 2 10]]
```

скобки матрицы

строки

столбцы

Суммирование и вычитание матриц

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 10 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 2 & 5 \\ 7 & 4 \end{pmatrix}$$



```
1 import numpy as np
2
3
4 A = np.array(
5     [
6         [1, 3],
7         [2, 10]
8     ])
9
10 B = np.array(
11     [
12         [2, 5],
13         [7, 4]
14     ])
15 )
16
17 C = A + B
18
```

ПРОБЛЕМЫ ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

/vitalybykador/PROJECTS/test/for_

A + B =
[[3 8]
 [9 14]]

```
1 import numpy as np
2
3
4 A = np.array(
5     [
6         [1, 3],
7         [2, 10]
8     ])
9
10 B = np.array(
11     [
12         [2, 5],
13         [7, 4]
14     ])
15 )
16
17 C = A - B
18
```

ПРОБЛЕМЫ ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

/vitalybykador/PROJECTS/test/for_

A - B =
[[-1 -2]
 [-5 6]]

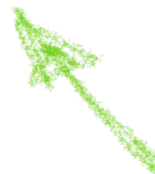
Умножение матриц

$$A \times B = C$$

Пример 1.5.

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix}_{2 \times 3} \times \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \\ b_{31} & b_{32} \end{pmatrix}_{3 \times 2} =$$

C_{11}

$$= \begin{pmatrix} a_{11}b_{11} + a_{12}b_{21} + a_{13}b_{31} & a_{11}b_{12} + a_{12}b_{22} + a_{13}b_{32} \\ a_{21}b_{11} + a_{22}b_{21} + a_{23}b_{31} & a_{21}b_{12} + a_{22}b_{22} + a_{23}b_{32} \end{pmatrix}_{2 \times 2}.$$


Письменный, Д. Т.

Конспект лекций по высшей математике: полный курс /
Д. Т. Письменный. — 4-е изд. — М.: Айрис-пресс, 2006. —
608 с.: ил. — (Высшее образование).

Умножение матриц

```
4 A = np.array(  
5     [  
6         [1, 3],  
7         [2, 10]  
8     ])
```

```
9  
10 B = np.array(  
11     [  
12         [2, 5],  
13         [7, 4]  
14     ]  
15 )
```

```
17 C1 = A.dot(B)
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

A * B =
[[23 17]
[74 50]]

```
4 A = np.array(  
5     [  
6         [1, 3],  
7         [2, 10]  
8     ])
```

```
9  
10 B = np.array(  
11     [  
12         [2, 5],  
13         [7, 4]  
14     ]  
15 )
```

```
17 C1 = A.dot(B)
```

```
18 C2 = A * B
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАНН

[[23 17]
[74 50]]

[[2 15]
[14 40]]

```
4 A = np.array(  
5     [  
6         [1, 3],  
7         [2, 10]  
8     ])
```

```
9  
10 B = np.array(  
11     [  
12         [2, 5],  
13         [7, 4]  
14     ]  
15 )
```

```
17 C1 = A.dot(B)
```

```
18 C2 = A * 2
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

[[23 17]
[74 50]]

[[2 6]
[4 20]]

Обратная матрица

$$C = A * B^{-1}$$



Обратная
матрица
матрицы B.

```
4  A = np.array(  
5      [  
6          [1, 3],  
7          [2, 10]  
8      ] )  
9  
10 B = np.array(  
11     [  
12         [2, 5],  
13         [7, 4]  
14     ]  
15 )  
16  
17 B_1 = np.linalg.inv(B)  
18 C1 = A.dot(B_1)  
19
```

```
B_1 = [[-0.14814815  0.18518519]  
       [ 0.25925926 -0.07407407]]
```

```
A * B =  
[[ 0.62962963 -0.03703704]  
 [ 2.2962963  -0.37037037]]
```


Транспонированная матрица

16

17 `A_tr = A.T`

18

19

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАН

- (venv) vitalybykador@Air-V
/vitalybykador/PROJECTS/te

A =

`[[1 3]
[2 10]]`

A_tr

`[[1 2]
[3 10]]`

Вычисление определителя и ранга матрицы

```
17  det_A = np.linalg.det(A)
18
19  rank_A = np.linalg.matrix_rank(A)
20
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py

det_A = 4.0

rank_A = 2

Вычисление определителя и ранга матрицы

```
17  det_A = np.linalg.det(A)
18
19  rank_A = np.linalg.matrix_rank(A)
20
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py

det_A = 4.0

rank_A = 2

Решение системы линейных уравнений

$$\begin{cases} 10x_1 + 3x_2 = 5 \\ 4x_1 - 5x_2 = 1 \end{cases}$$



$$\begin{pmatrix} 10 & 3 \\ 4 & -5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\Delta = \begin{pmatrix} 10 & 3 \\ 4 & -5 \end{pmatrix} = 10 \cdot (-5) - 3 \cdot 4 = -62$$

$$\Delta_1 = \begin{pmatrix} 5 & 3 \\ 1 & -5 \end{pmatrix} = 5 \cdot (-5) - 3 \cdot 1 = -28$$

$$\Delta_2 = \begin{pmatrix} 10 & 5 \\ 4 & 1 \end{pmatrix} = 10 \cdot 1 - 5 \cdot 4 = -10$$

$$x_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-28}{-62} = 0,45$$

$$x_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{-10}{-62} = 0,16$$

```
17 delta = np.linalg.det(np.array([
18     [10, 3],
19     [4, -5]
20 ]))
21
22 delta_1 = np.linalg.det(np.array([
23     [5, 3],
24     [1, -5]
25 ]))
26
27 delta_2 = np.linalg.det(np.array([
28     [10, 5],
29     [4, 1]
30 ]))
31
32 x1 = delta_1 / delta
33 x2 = delta_2 / delta
34
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ

```
• (venv) vityalbykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py
```

x1 = 0.45

x2 = 0.16

Решение системы линейных уравнений

$$\begin{cases} 10x_1 + 3x_2 = 5 \\ 4x_1 - 5x_2 = 1 \end{cases}$$



$$\begin{pmatrix} 10 & 3 \\ 4 & -5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 10 & 3 \\ 4 & -5 \end{pmatrix} \quad \mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} \quad \mathbf{b} = \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \end{pmatrix}$$



Функция решения СЛУ,
записанных в матричной
форме



$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,45 \\ 0,16 \end{pmatrix}$$

```
4  A = np.array(  
5      [  
6          [10, 3],  
7          [4, -5]  
8      ] )  
9  
10 b = np.array(  
11     [  
12         [5],  
13         [1]  
14     ] )  
15 )  
16  
17 X = np.linalg.solve(A, b)  
18
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОНСОЛЬ

```
• (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test % /Us  
/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2
```

```
X = [[0.4516129 ]  
     [0.16129032]]
```

Полезные функции для работы с матрицами

```
4 A = np.array(  
5     [  
6         [10, 3],  
7         [4, -5]  
8     ])  
9  
10 print(f'A = {A}')11  
12 B = A ← ссылка на A  
13  
14 A[1] = 3  
15
```

ПРОБЛЕМЫ Выходные данные КОНСОЛЬ ОТ

```
• (venv) vitalitybykador@Air-Vitaly test % /Use  
/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.  
A = [[10  3]  
     [ 4 -5]]  
  
A = [[10  3]  
     [ 3  3]]  
  
B = [[10  3]  
     [ 3  3]]
```

```
4 A = np.array(  
5     [  
6         [10, 3],  
7         [4, -5]  
8     ])  
9  
10 print(f'A = {A}')11  
12 B = A.copy() ← копия A  
13  
14 A[1] = 3  
15
```

ПРОБЛЕМЫ Выходные данные КОНСОЛЬ ОТ

```
• (venv) vitalitybykador@Air-Vitaly test % /Use  
/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.  
A = [[10  3]  
     [ 4 -5]]  
  
A = [[10  3]  
     [ 3  3]]  
  
B = [[10  3]  
     [ 4 -5]]
```

Полезные функции для работы с матрицами

```
4  A = np.array(  
5      [  
6          [10, 3],  
7          [4, -5]  
8      ] )  
9  
10 min_A = A.min()  
11 max_A = A.max()  
12 sum_A = A.sum()  
13
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly
/vitalybykador/PROJECTS/test/for

min_A = -5

max_A = 10

sum_A = 12

```
4  A = np.array(  
5      [  
6          [10, 3],  
7          [4, 5]  
8      ] )  
9  
10 min_A = A.min()  
11 max_A = A.max()  
12 sum_A = A.sum()  
13
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

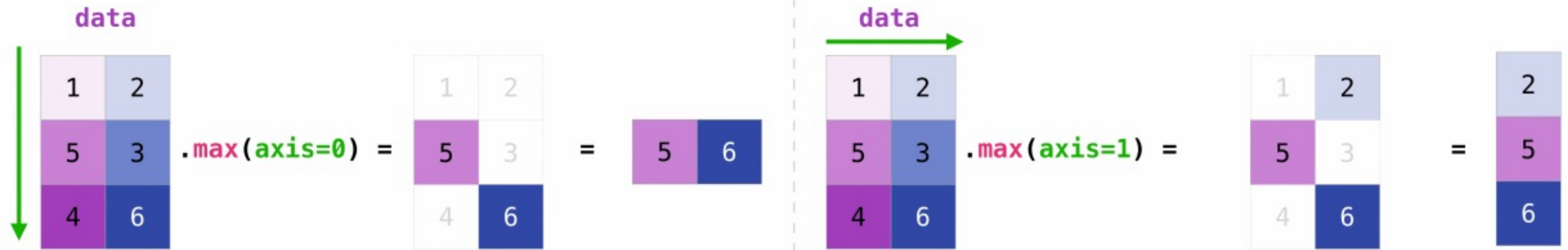
- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly
/vitalybykador/PROJECTS/test/for

min_A = 3

max_A = 10

sum_A = 22

Полезные функции для работы с матрицами



<https://numpy.org/doc/stable/numpy-user.pdf>

```
4  A = np.array([
5      [1, 2],
6      [3, 4],
7      [5, 6]])
8
9  max_A = A.max(axis=0)
10
```

ПРОБЛЕМЫ ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ КОНСОЛЬ ОТ

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test % /Use
/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.

max_A = [5 6]

```
8
9  max_A = A.max(axis=1)
10
```

ПРОБЛЕМЫ ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ КОН

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test
/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lec

max_A = [2 4 6]

Единичная матрица

```
10 one = np.ones(3)
```

```
11
```

```
12
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

К

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test /vitalybykador/PROJECTS/test/for_1

```
one = [1. 1. 1.]
```

```
10 one = np.ones((3,2))
```

```
11
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОН

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test /vitalybykador/PROJECTS/test/for_1

```
one =
```

```
[[1. 1.]
```

```
 [1. 1.]
```

```
 [1. 1.]]
```

Нулевая и диагональная матрицы

```
10 zero = np.zeros((3, 2))
```

```
11
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОНСОЛЬ

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test %
/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectur

```
zero =  
[[0. 0.]  
 [0. 0.]  
 [0. 0.]]
```

```
4 A = np.array([  
5 | | [1, 2],  
6 | | [3, 4]])
```

```
7
```

```
8
```

```
9 diag = np.diag(A)
```

```
10
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОД

- (venv) vityalybykad
/vitalybykador/PRO

```
diag =  
[1 4]
```

```
9 diag = np.diag((3, 10, 4, 2))
```

```
10
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОНСОЛЬ ОТЛАДК

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test % /Users/v
/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py

```
diag =  
[[ 3 0 0 0]  
 [ 0 10 0 0]  
 [ 0 0 4 0]  
 [ 0 0 0 2]]
```

Матрица со случайными значениями

```
8  
9  rand = np.random.random((3, 2))  
10
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py

```
rand =  
[[0.64710131 0.49239375]  
 [0.96803872 0.43692566]  
 [0.24476005 0.94731617]]
```

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py

```
rand =  
[[0.04838264 0.04687832]  
 [0.74926154 0.04697739]  
 [0.58154776 0.0073199 ]]
```

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py

```
rand =  
[[0.72149482 0.75636548]  
 [0.79595109 0.96087459]  
 [0.120356   0.17691104]]
```

Изменение размера матрицы

```
3
4  A = np.array([[1,2,3,4,5,6]])
5
```

ПРОБЛЕМЫ ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test % /Users/vi
/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py

```
A = [[1 2 3 4 5 6]]
```

```
4  A = np.array([[1,2,3,4,5,6]])
5  A = A.reshape((3,2))
6
```

ПРОБЛЕМЫ ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test % /Users/vi
/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py

```
A =
[[1 2]
 [3 4]
 [5 6]]
```

```
4  A = np.array([[1,2,3,4,5,6]])
5  A = A.reshape((2,3))
6
```

ПРОБЛЕМЫ ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test % /Users/vi
/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py

```
A =
[[1 2 3]
 [4 5 6]]
```

```
4  A = np.array([[1,2,3,4,5,6]])
5  A = A.reshape((2,2))
6
```

ПРОБЛЕМЫ ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ ТЕРМИНАЛ

- ⊗ (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PR
/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py
Traceback (most recent call last):
 File "/Users/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py",
 A = A.reshape((2,2))
ValueError: cannot reshape array of size 6 into shape (2,2)

Индексация элементов матрицы

<https://numpy.org/doc/stable/numpy-user.pdf>

```
np.array([[1,2],[3,4],[5,6]])
```



1	2
3	4
5	6

data

	0	1
0	1	2
1	3	4
2	5	6

data[0,1]

	0	1
0	1	2
1	3	4
2	5	6

data[1:3]

	0	1
0	1	2
1	3	4
2	5	6

data[0:2,0]

	0	1
0	1	2
1	3	4
2	5	6

Индексация элементов матрицы

```
4  A = np.array([
5      [10,2],
6      [3,43],
7      [51,6]])
8
9  x = A[1]
10
```

ПРОБЛЕМЫ	ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ
• (venv) vityalybykador@Air-Vita /vityalybykador/PROJECTS/test	[3 43]

строка

```
4  A = np.array([
5      [10,2],
6      [3,43],
7      [51,6]])
8
9  x = A[:,1]
10
```

ПРОБЛЕМЫ	ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ
• (venv) vityalybykador@Air-Vita /vityalybykador/PROJECTS/test/f	[2 43 6]

столбец

```
4  A = np.array([
5      [10,2],
6      [3,43],
7      [51,6]])
8
9  x = A[2,1]
10
```

ПРОБЛЕМЫ	ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ
• (venv) vityalybykador@Air-Vit /vityalybykador/PROJECTS/test	6

элемент

Отбор элементов матрицы по условию

```
4 A = np.array([1, 4, 3, 6, 12, 15, 40, 42, 31, 5])
```

```
6 x = []
```

```
7 for ai in A:
```

```
8     if ai % 2 == 0:
```

```
9         x.append(ai)
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ

ТЕРМИНАЛ

JUPYTER

```
• (venv) vitalitybykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PROJECTS/test
/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py
[4, 6, 12, 40, 42]
```

```
4 A = np.array([1, 4, 3, 6, 12, 15, 40, 42, 31, 5])
```

```
5
```

```
6 x = A[A % 2 == 0]
```

```
7
```

матрица элемент матрицы

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ

ТЕРМИНАЛ

JUPYTER

```
• (venv) vitalitybykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PROJECTS/test
/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py
[ 4  6 12 40 42]
```

Отбор элементов матрицы по условию

```
4 A = np.array([1, -4, -3, 6, 12])
```

```
5
```

```
6 A[A < 0] += 10
```

```
7
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ

- (venv) vitalitybykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py
[1 6 7 6 12]

Сохранение и чтение матрицы из файла

```
4 A = np.array([1, -4, -3, 6, 12])
5 np.save('matrix_A', A)
```



matrix_A.npy



```
4 A = np.load('matrix_A.npy')
5 print(A)
6
7
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОНСОЛЬ ОТЛА

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test % /Users/vityalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py
[1 -4 -3 6 12]

Сохранение матрицы в CSV-файла

```
2
3 A = np.array([
4     [1, -4],
5     [-3, 6],
6     [12, 4]])
7
8 np.savetxt('matrix_a.csv', A, delimiter=';', header='col1  col2')
```

 matrix_a.csv

```
1 # col1  col2
2 1.00000000000000000000e+00;-4.00000000000000000000e+00
3 -3.00000000000000000000e+00;6.00000000000000000000e+00
4 1.20000000000000000000e+01;4.00000000000000000000e+00
5
```

Сохранение матрицы в CSV-файла

```
3 A = np.array([
4     [1, -4],
5     [-3, 6],
6     [12, 4]])
7
8 np.savetxt('matrix_a.csv', A, fmt='%2d', delimiter=';', header='col1  col2')
9
```

	#	col1	col2
1			
2		1;-4	
3		-3; 6	
4		12; 4	
5			

Сохранение матрицы в CSV-файла

```
1  # col1  col2
2  | 1;-4
3  -3; 6
4  12; 4
5
```



```
11 B = np.loadtxt('matrix_a.csv', delimiter=';')
12 print(B)
13
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ

ТЕРМИНАЛ

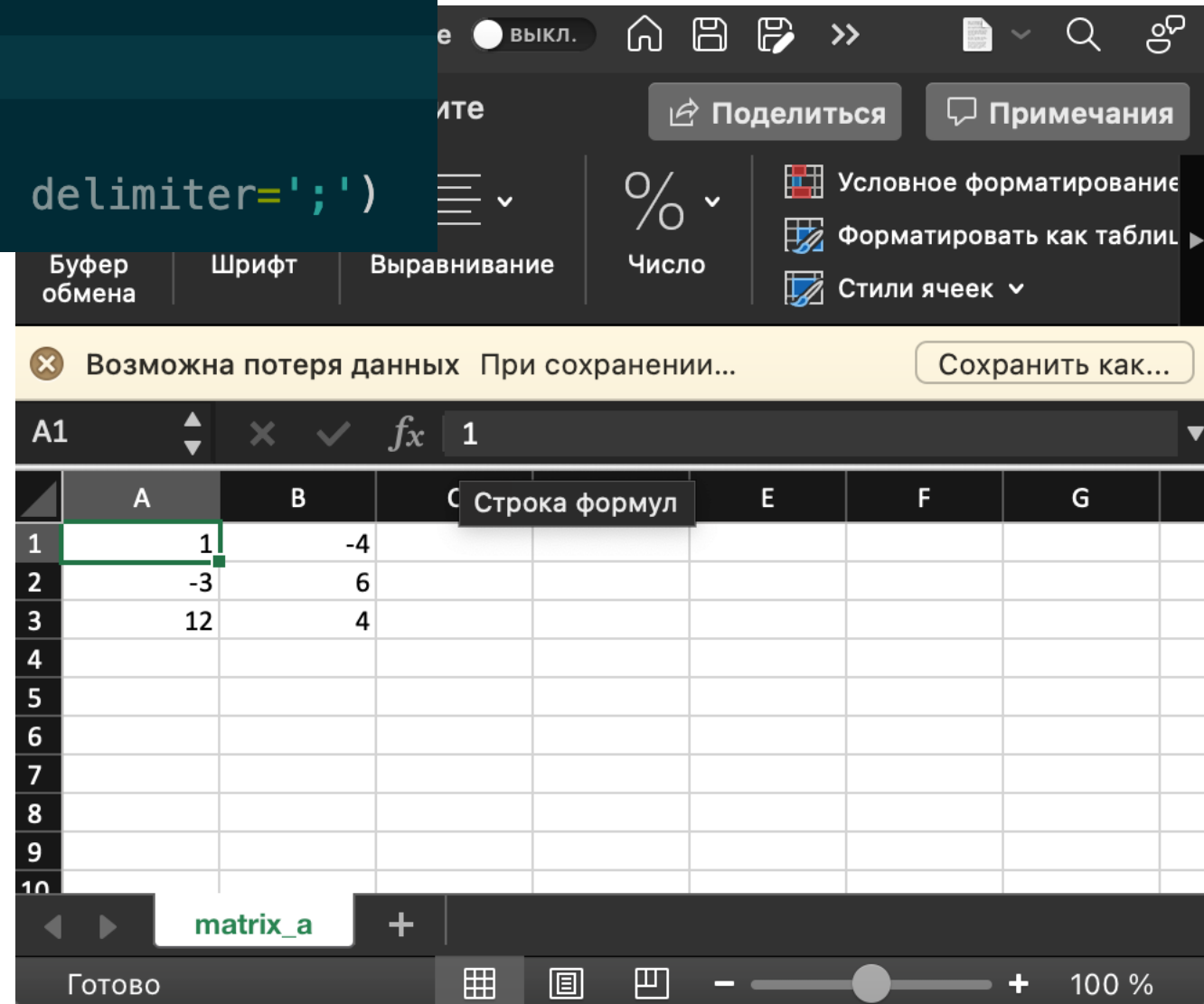
JU

- (venv) vitalybykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py
[[1. -4.]
 [-3. 6.]
 [12. 4.]]

Сохранение матрицы в CSV-файла

```
A = np.array([
    [1, -4],
    [-3, 6],
    [12, 4]])

np.savetxt('matrix_a.csv', A, fmt='%2d', delimiter=';')
```



Формирование последовательностей

```
3  # Стандартные функции
4  a = list(range(10))
5  b = list(range(3, 7))
6
7  print(a)
8  print(b)
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОНСОЛЬ О

- (venv) vityalybykador@Air-Vitaly test % /Us
r/PROJECTS/test/for_lectures2.py
[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
[3, 4, 5, 6]

Формирование последовательностей функцией `arange` библиотеки `Numpy`

```
1 import numpy as np
```

```
2
```

```
3
```

```
4 a = np.arange(3, 10, 2)
```

```
5
```

Начальное значение

```
6
```

```
7
```

```
8
```

Шаг

Конечное значение

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОНСОЛЬ ОТЛА

```
• (venv) vitalitybykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PROJECTS/test/r/PROJECTS/test/for_lectures2.py
```

```
[3 5 7 9]
```

```
4 a = np.arange(0, 20, 0.2)
```

```
5
```

ПРОБЛЕМЫ

ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ

ТЕРМИНАЛ

JUPYTER

```
• (venv) vitalitybykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PROJECTS/test/r/PROJECTS/test/for_lectures2.py
```

```
[ 0.  0.2  0.4  0.6  0.8  1.  1.2  1.4  1.6  1.8  2.  2.2  2.4  2.6
 2.8  3.  3.2  3.4  3.6  3.8  4.  4.2  4.4  4.6  4.8  5.  5.2  5.4
 5.6  5.8  6.  6.2  6.4  6.6  6.8  7.  7.2  7.4  7.6  7.8  8.  8.2
 8.4  8.6  8.8  9.  9.2  9.4  9.6  9.8 10. 10.2 10.4 10.6 10.8 11.
11.2 11.4 11.6 11.8 12. 12.2 12.4 12.6 12.8 13. 13.2 13.4 13.6 13.8
14. 14.2 14.4 14.6 14.8 15. 15.2 15.4 15.6 15.8 16. 16.2 16.4 16.6
16.8 17. 17.2 17.4 17.6 17.8 18. 18.2 18.4 18.6 18.8 19. 19.2 19.4
19.6 19.8]
```

Формирование последовательностей функцией `linspace` библиотеки `Numpy`

```
1 import numpy as np
2
3
4 a = np.linspace(3, 10, 4)
5
6
7
```

Количество точек

Начальное значение

Конечное значение

ПРОБЛЕМЫ ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ ТЕРМИНАЛ

```
(venv) vitalitybykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py
```

[3. 5.33333333 7.66666667 10.]

```
4 a = np.linspace(0, 20, 100)
5
```

ПРОБЛЕМЫ ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ ТЕРМИНАЛ JUPYTER

```
• (venv) vitalitybykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PROJECTS/test/for_lectures2.py
```

[0.	0.2020202	0.4040404	0.60606061	0.80808081	1.01010101
1.21212121	1.41414141	1.61616162	1.81818182	2.02020202	2.22222222
2.42424242	2.62626263	2.82828283	3.03030303	3.23232323	3.43434343
3.63636364	3.83838384	4.04040404	4.24242424	4.44444444	4.64646465
4.84848485	5.05050505	5.25252525	5.45454545	5.65656566	5.85858586
6.06060606	6.26262626	6.46464646	6.66666667	6.86868687	7.07070707
7.27272727	7.47474747	7.67676768	7.87878788	8.08080808	8.28282828
8.48484848	8.68686869	8.88888889	9.09090909	9.29292929	9.49494949
9.6969697	9.8989899	10.1010101	10.3030303	10.50505051	10.70707071
10.90909091	11.11111111	11.31313131	11.51515152	11.71717172	11.91919192
12.12121212	12.32323232	12.52525253	12.72727273	12.92929293	13.13131313
13.33333333	13.53535354	13.73737374	13.93939394	14.14141414	14.34343434
14.54545455	14.74747475	14.94949495	15.15151515	15.35353535	15.55555556
15.75757576	15.95959596	16.16161616	16.36363636	16.56565657	16.76767677
16.96969697	17.17171717	17.37373737	17.57575758	17.77777778	17.97979798
18.18181818	18.38383838	18.58585859	18.78787879	18.98989899	19.19191919
19.39393939	19.5959596	19.7979798	20.		

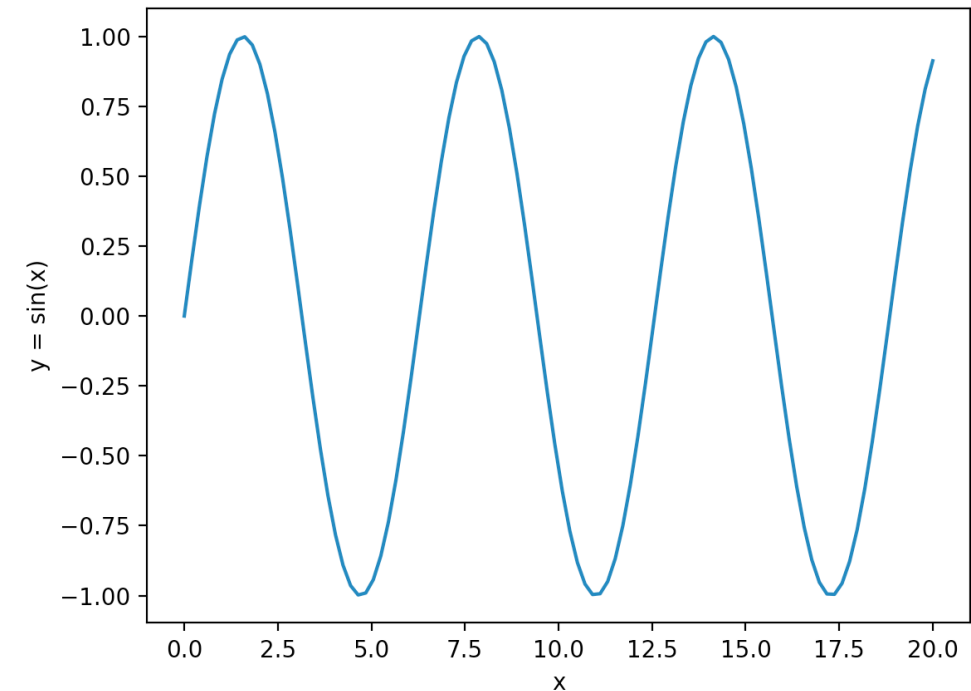
Формирование последовательностей функцией `linspace` библиотеки `Numpy`

```
5 x = np.linspace(0, 20, 100)
6 y = np.sin(x)
7
```

ПРОБЛЕМЫ ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ КОНСОЛЬ ОТЛАДКИ ТЕРМИНАЛ JUPYTER

○ (venv) vitalitybykador@Air-Vitaly test % /Users/vitalybykador/PROJECTS/test/venv/bin/python r/PROJECTS/test/for_lectures2.py

```
[ 0.          0.20064886  0.39313661  0.56963411  0.72296256  0.84688556
 0.93636273  0.98775469  0.99897117  0.96955595  0.90070545  0.79522006
 0.65739025  0.49282204  0.30820902  0.11106004 -0.09060615 -0.28858706
-0.47483011 -0.64176014 -0.7825875  -0.89158426 -0.96431712 -0.99782778
-0.99075324 -0.94338126 -0.85763861 -0.73701276 -0.58640998 -0.41195583
-0.22074597 -0.0205576  0.18046693  0.37415123  0.55261747  0.7086068
 0.83577457  0.92894843  0.98433866  0.99969234  0.97438499  0.90944594
 0.8075165   0.6727425   0.51060568  0.32770071  0.13146699 -0.07011396
-0.26884313 -0.45663749 -0.62585878 -0.76962418 -0.88208623 -0.95867071
-0.99626264 -0.99333304 -0.95000106 -0.86802917 -0.75075145 -0.60293801
-0.43060093 -0.24074979 -0.0411065   0.16020873  0.35500771  0.53536727
 0.69395153  0.82431033  0.9211415   0.98050658  0.99999098  0.9788022
 0.91780205  0.81947165  0.68781042  0.5281735   0.34705389  0.15181837
-0.04959214 -0.24898556 -0.43825186 -0.6096929  -0.75633557 -0.87221538
-0.95261911 -0.99427643 -0.995493   -0.95621934 -0.87805285 -0.76417283
-0.61921119 -0.44906404 -0.26065185 -0.06163804  0.13988282  0.33571414
 0.51789078  0.67900297  0.81249769  0.91294525]
```



Документация по библиотеке NumPy

<https://numpy.org/doc/stable/numpy-user.pdf>

1 / 565 | — 100% + |  

NumPy User Guide

Release 1.23.0

Written by the NumPy community