

Отчёт по лабораторной работе №3

Управляющие структуры

Студент: Кузнецова София Вадимовна

Содержание

Цель работы	5
Выполнение лабораторной работы	6
Циклы while и for	6
Условные выражения	10
Функции	11
Сторонние библиотеки (пакеты) в Julia	13
Самостоятельная работа	15
Вывод	28
Список литературы. Библиография	29

Список иллюстраций

0.1	Примеры использования цикла while	7
0.2	Примеры использования цикла for	8
0.3	Пример использования цикла for для создания двумерного массива	9
0.4	Примеры использования условного выражения	10
0.5	Примеры способов написания функции	11
0.6	Сравнение результатов вывода	12
0.7	Примеры использования функций map() и broadcast()	13
0.8	Пример использования сторонних библиотек	15
0.9	Выполнение подпунктов задания №1	16
0.10	Выполнение подпунктов задания №1	17
0.11	Выполнение подпунктов задания №1	18
0.12	Выполнение подпунктов задания №1	18
0.13	Выполнение задания №2	19
0.14	Выполнение задания №3	19
0.15	Выполнение задания №4	20
0.16	Выполнение задания №5	20
0.17	Выполнение задания №6	21
0.18	Выполнение задания №7	22
0.19	Выполнение задания №7	23
0.20	Выполнение подпунктов задания №8	24
0.21	Выполнение подпунктов задания №8	24
0.22	Выполнение подпунктов задания №8	25
0.23	Выполнение задания №9	26
0.24	Выполнение подпунктов задания №10	26
0.25	Выполнение подпунктов задания №10	27
0.26	Выполнение задания №11	27

Список таблиц

Цель работы

Основная цель работы — освоить применение циклов функций и сторонних для Julia пакетов для решения задач линейной алгебры и работы с матрицами.

Выполнение лабораторной работы

Циклы while и for

Для различных операций, связанных с перебором индексируемых элементов структур данных, традиционно используются циклы while и for.

Синтаксис while

```
while <условие>  
    <тело цикла>  
end
```

Примеры использования цикла while:

```
[1]: # пока n<10 прибавить к n единицу и распечатать значение:
n = 0
while n < 10
  n += 1
  println(n)
end

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

[5]: # Демонстрация использования while при работе со строковыми элементами массива
myfriends = ["Ted", "Robyn", "Barney", "Lily", "Marshall"]

i = 1
while i <= length(myfriends)
  friend = myfriends[i]
  println("Hi $friend, it's great to see you!")
  i += 1
end

Hi Ted, it's great to see you!
Hi Robyn, it's great to see you!
Hi Barney, it's great to see you!
Hi Lily, it's great to see you!
Hi Marshall, it's great to see you!
```

Рис. 0.1: Примеры использования цикла while

Такие же результаты можно получить при использовании цикла for.

Синтаксис for

```
for <переменная> in <диапазон>
  <тело цикла>
end
```

Примеры использования цикла for:

```
[7]: for n in 1:2:10
      println(n)
      end
```

```
1
3
5
7
9
```

```
[11]: # Рассмотренные выше примеры, но с использованием цикла for:
      myfriends = ["Ted", "Robyn", "Barney", "Lily", "Marshall"]

      for friend in myfriends
          println("Hi $friend, it's great to see you!")
      end
```

```
Hi Ted, it's great to see you!
Hi Robyn, it's great to see you!
Hi Barney, it's great to see you!
Hi Lily, it's great to see you!
Hi Marshall, it's great to see you!
```

Рис. 0.2: Примеры использования цикла for

Пример использования цикла for для создания двумерного массива, в котором значение каждой записи является суммой индексов строки и столбца:

```
[13]: # инициализация массива m x n из нулей:
m, n = 5, 5
A = fill(0, (m, n))

# формирование массива, в котором значение каждой записи
# является суммой индексов строки и столбца:
for i in 1:m
    for j in 1:n
        A[i, j] = i + j
    end
end
A
```

```
[13]: 5x5 Matrix{Int64}:
 2  3  4  5  6
 3  4  5  6  7
 4  5  6  7  8
 5  6  7  8  9
 6  7  8  9 10
```

```
[15]: # инициализация массива m x n из нулей:
B = fill(0, (m, n))

for i in 1:m, j in 1:n
    B[i, j] = i + j
end
B
```

```
[15]: 5x5 Matrix{Int64}:
 2  3  4  5  6
 3  4  5  6  7
 4  5  6  7  8
 5  6  7  8  9
 6  7  8  9 10
```

```
[17]: # Ещё одна реализация этого же примера:
C = [i + j for i in 1:m, j in 1:n]
C
```

```
[17]: 5x5 Matrix{Int64}:
 2  3  4  5  6
 3  4  5  6  7
 4  5  6  7  8
 5  6  7  8  9
 6  7  8  9 10
```

Рис. 0.3: Пример использования цикла for для создания двумерного массива

Условные выражения

Довольно часто при решении задач требуется проверить выполнение тех или иных условий. Для этого используют условные выражения.

Синтаксис условных выражений с ключевым словом:

```
if <условие 1>  
    <действие 1>  
elseif <условие 2>  
    <действие 2>  
else  
    <действие 3>  
end
```

Примеры использования условного выражения:

```
[19]: # используем `&&` для реализации операции "AND"  
      # операция % вычисляет остаток от деления  
  
      N = 100  
      if (N % 3 == 0) && (N % 5 == 0)  
          println("FizzBuzz")  
      elseif N % 3 == 0  
          println("Fizz")  
      elseif N % 5 == 0  
          println("Buzz")  
      else  
          println(N)  
      end  
  
      Buzz
```

```
[21]: # Пример использования тернарного оператора:  
      x = 5  
      y = 10  
  
      (x > y) ? x : y
```

```
[21]: 10
```

Рис. 0.4: Примеры использования условного выражения

Функции

Julia дает нам несколько разных способов написать функцию.

Примеры способов написания функции:

```
[35]: # Первый требует ключевых слов function и end:
function sayhi(name)
    println("Hi $name, it's great to see you!")
end
# функция возведения в квадрат:
function f(x)
    x^2
end
# Вызов функции осуществляется по её имени с указанием аргументов, например:
sayhi("C-3PO")
f(42)

Hi C-3PO, it's great to see you!
[35]: 1764
```

```
[33]: # В качестве альтернативы, можно объявить любую из выше определённых функций в одной
# строке:
|
sayhi2(name) = println("Hi $name, it's great to see you!")
f2(x) = x^2

sayhi("C-3PO")
f(42)

Hi C-3PO, it's great to see you!
[33]: 1764
```

```
[31]: # Наконец, можно объявить выше определённые функции как «анонимные»:
sayhi3 = name -> println("Hi $name, it's great to see you!")
f3 = x -> x^2

sayhi("C-3PO")
f(42)

Hi C-3PO, it's great to see you!
[31]: 1764
```

Рис. 0.5: Примеры способов написания функции

По соглашению в Julia функции, сопровождаемые восклицательным знаком, изменяют свое содержимое, а функции без восклицательного знака не делают этого:

```
[37]: # задаём массив v:
      v = [3, 5, 2]
      sort(v)
      v

[37]: 3-element Vector{Int64}:
       3
       5
       2

[39]: sort!(v)
      v

[39]: 3-element Vector{Int64}:
       2
       3
       5
```

Рис. 0.6: Сравнение результатов вывода

В Julia функция `map` является функцией высшего порядка, которая принимает функцию в качестве одного из своих входных аргументов и применяет эту функцию к каждому элементу структуры данных, которая ей передаётся также в качестве аргумента.

Функция `broadcast` — ещё одна функция высшего порядка в Julia, представляющая собой обобщение функции `map`. Функция `broadcast()` будет пытаться привести все объекты к общему измерению, `map()` будет напрямую применять данную функцию поэлементно.

Примеры использования функций `map()` и `broadcast()`:

```
[45]: # В Julia функция map является функцией высшего порядка, которая принимает функцию  
# в качестве одного из своих входных аргументов и применяет эту функцию к каждому  
# элементу структуры данных, которая ей передаётся также в качестве аргумента:
```

```
f(x) = x^2  
map(f, [1, 2, 3])
```

```
[45]: 3-element Vector{Int64}:  
      1  
      4  
      9
```

```
[47]: # Функция broadcast – ещё одна функция высшего порядка в Julia, представляющая собой  
# обобщение функции map. Функция broadcast() будет пытаться привести все объекты  
# к общему измерению, map() будет напрямую применять данную функцию поэлементно.
```

```
f(x) = x^2  
broadcast(f, [1, 2, 3])
```

```
[47]: 3-element Vector{Int64}:  
      1  
      4  
      9
```

Рис. 0.7: Примеры использования функций map() и broadcast()

Сторонние библиотеки (пакеты) в Julia

Julia имеет более 2000 зарегистрированных пакетов, что делает их огромной частью экосистемы Julia. Есть вызовы функций первого класса для других языков, обеспечивающие интерфейсы сторонних функций. Можно вызвать функции из Python или R, например, с помощью PyCall или Rcall.

С перечнем доступных в Julia пакетов можно ознакомиться на страницах следующих ресурсов: - <https://julialang.org/packages/> - <https://juliahub.com/ui/Home> - <https://juliaobserver.com/> - <https://github.com/svaksha/Julia.jl>

При первом использовании пакета в вашей текущей установке Julia вам необходимо использовать менеджер пакетов, чтобы явно его добавить:

```
import Pkg  
Pkg.add("Example")
```

При каждом новом использовании Julia (например, в начале нового сеанса в REPL или открытии блокнота в первый раз) нужно загрузить пакет, используя ключевое слово `using`:

Например, добавим и загрузим пакет `Colors`:

```
Pkg.add("Colors")  
  
using Colors
```

Затем создадим палитру из 100 разных цветов:

```
palette = distinguishable_colors(100)
```

А затем определим матрицу 3×3 с элементами в форме случайного цвета из палитры, используя функцию `rand`:

```
rand(palette, 3, 3)
```

Пример использования сторонних библиотек:

```
[50]: # добавим и загрузим пакет Colors:
import Pkg
Pkg.add("Colors")
using Colors
# Затем создадим палитру из 100 разных цветов:
palette = distinguishable_colors(100)

rand(palette, 3, 3)
```

Resolving package versions...
No Changes to `C:\Users\sofik\.julia\environments\v1.11\Project.toml`
No Changes to `C:\Users\sofik\.julia\environments\v1.11\Manifest.toml`

```
[50]:
```

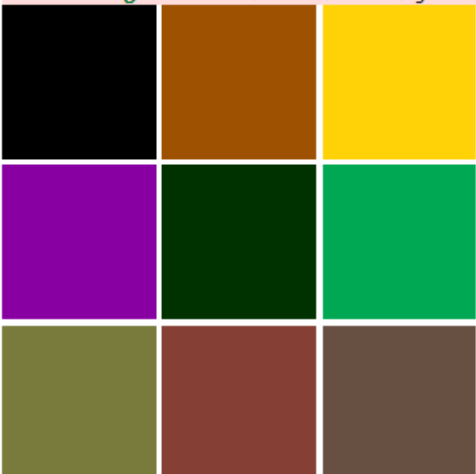


Рис. 0.8: Пример использования сторонних библиотек

Самостоятельная работа

Выполнение задания №1:

```
[52]: # while

n = 1
while n <= 100
    println("$n^2 = $(n^2)")
    n += 1
end

1^2 = 1
2^2 = 4
3^2 = 9
4^2 = 16
5^2 = 25
6^2 = 36
7^2 = 49
8^2 = 64
9^2 = 81
10^2 = 100
11^2 = 121
12^2 = 144
13^2 = 169
....
```

Рис. 0.9: Выполнение подпунктов задания №1

```
[56]: # for  
  
for n in 1:100  
    println("$n^2 = $(n^2)")  
end  
  
1^2 = 1  
2^2 = 4  
3^2 = 9  
4^2 = 16  
5^2 = 25  
6^2 = 36  
7^2 = 49  
8^2 = 64  
9^2 = 81  
10^2 = 100  
11^2 = 121  
12^2 = 144  
13^2 = 169  
14^2 = 196  
15^2 = 225  
16^2 = 256  
17^2 = 289  
18^2 = 324  
19^2 = 361  
20^2 = 400  
21^2 = 441  
22^2 = 484  
23^2 = 529  
24^2 = 576
```

Рис. 0.10: Выполнение подпунктов задания №1

```
[62]: squares = Dict()
      for n in 1:100
          squares[n] = n^2
      end
      println(squares)
```

Dict{Any, Any}(5 => 25, 56 => 3136, 35 => 1225, 55 => 3025, 60 => 3600, 30 => 900, 32 => 1024, 6 => 36, 67 => 4489, 45 => 2025, 73 => 5329, 64 => 4096, 90 => 8100, 4 => 16, 13 => 169, 54 => 2916, 63 => 3969, 86 => 7396, 91 => 8281, 62 => 3844, 58 => 3364, 52 => 2704, 12 => 144, 28 => 784, 75 => 5625, 23 => 529, 92 => 8464, 41 => 1681, 43 => 1849, 11 => 121, 36 => 1296, 68 => 4624, 69 => 4761, 98 => 9604, 82 => 6724, 85 => 7225, 39 => 1521, 84 => 7056, 77 => 5929, 7 => 49, 25 => 625, 95 => 9025, 71 => 5041, 66 => 4356, 76 => 5776, 34 => 1156, 50 => 2500, 59 => 3481, 93 => 8649, 2 => 4, 10 => 100, 18 => 324, 26 => 676, 27 => 729, 42 => 1764, 87 => 7569, 100 => 10000, 79 => 6241, 16 => 256, 20 => 400, 81 => 6561, 19 => 361, 49 => 2401, 44 => 1936, 9 => 81, 31 => 961, 74 => 5476, 61 => 3721, 29 => 841, 94 => 8836, 46 => 2116, 57 => 3249, 70 => 4900, 21 => 441, 38 => 1444, 88 => 7744, 78 => 6084, 72 => 5184, 24 => 576, 8 => 64, 17 => 289, 37 => 1369, 1 => 1, 53 => 2809, 22 => 484, 47 => 2209, 83 => 6889, 99 => 9801, 89 => 7921, 14 => 196, 3 => 9, 80 => 6400, 96 => 9216, 51 => 2601, 33 => 1089, 40 => 1600, 48 => 2304, 15 => 225, 65 => 4225, 97 => 9409)

Рис. 0.11: Выполнение подпунктов задания №1

```
[65]: squares_arr = [n^2 for n in 1:100]
      println(squares_arr)
```

[1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100, 121, 144, 169, 196, 225, 256, 289, 324, 361, 400, 441, 484, 529, 576, 625, 676, 729, 784, 841, 900, 961, 1024, 1089, 1156, 1225, 1296, 1369, 1444, 1521, 1600, 1681, 1764, 1849, 1936, 2025, 2116, 2209, 2304, 2401, 2500, 2601, 2704, 2809, 2916, 3025, 3136, 3249, 3364, 3481, 3600, 3721, 3844, 3969, 4096, 4225, 4356, 4489, 4624, 4761, 4900, 5041, 5184, 5329, 5476, 5625, 5776, 5929, 6084, 6241, 6400, 6561, 6724, 6889, 7056, 7225, 7396, 7569, 7744, 7921, 8100, 8281, 8464, 8649, 8836, 9025, 9216, 9409, 9604, 9801, 10000]

Рис. 0.12: Выполнение подпунктов задания №1

Выполнение задания №2:

```
[71]: # условный оператор

n = 50
if n % 2 == 0
    println(n)
else
    println("нечётное")
end

50
```

```
[73]: # тернарный оператор

println(n % 2 == 0 ? n : "нечётное")

50
```

Рис. 0.13: Выполнение задания №2

Выполнение задания №3:

```
[77]: function add_one(x)
        return x + 1
    end
println(add_one(10))

11
```

Рис. 0.14: Выполнение задания №3

Выполнение задания №4:

```
[81]: # map

A = reshape(1:9, 3, 3)
B = map(x -> x + 1, A)
println(B)

[2 5 8; 3 6 9; 4 7 10]
```

```
[85]: # broadcast

B = broadcast(x -> x + 1, A)
println(B)

[2 5 8; 3 6 9; 4 7 10]
```

Рис. 0.15: Выполнение задания №4

Выполнение задания №5:

```
[87]: # Определение матрицы
A = [1 1 3; 5 2 6; -2 -1 -3]

# Вычисление A в 3 степени
println(map(x -> x^3, A))

[1 1 27; 125 8 216; -8 -1 -27]
```

```
[89]: # Замена третьего столбца матрицы A на сумму второго и третьего столбцов

A[:, 3] = A[:, 2] + A[:, 3]
println(A)

[1 1 4; 5 2 8; -2 -1 -4]
```

Рис. 0.16: Выполнение задания №5

Выполнение задания №6:

```
[93]: # Создание матрицы B
      B = repeat([10 -10 10], 11, 1)
```

```
[93]: 11x3 Matrix{Int64}:
      10  -10  10
      10  -10  10
      10  -10  10
      10  -10  10
      10  -10  10
      10  -10  10
      10  -10  10
      10  -10  10
      10  -10  10
      10  -10  10
      10  -10  10
```

```
[95]: # Вычисление матрицы C как B' * B
      C = B' * B
      println(C)

      [1100 -1100 1100; -1100 1100 -1100; 1100 -1100 1100]
```

Рис. 0.17: Выполнение задания №6

Выполнение задания №7:

```

[107]: # ---- Параметры ----
n = 6
Z = zeros(Int, n, n)

# ---- Функция вывода (без "Matrix{...}") ----
function show_matrix(title, M)
    println("Матрица $title =")
    for i in 1:size(M,1)
        println(join(M[i, :], " "))
    end
    println()
end

# Показать нулевую матрицу Z
show_matrix("Z (нулевая матрица)", Z)

# ---- Z1: единицы на соседних диагоналях (sub- и super-диагонали) ----
Z1 = zeros(Int, n, n)
for i in 1:n, j in 1:n
    if abs(i - j) == 1
        Z1[i, j] = 1
    end
end
show_matrix("Z1", Z1)

# ---- Z2: единицы, где |i-j| == 0 или 2 (главная диагональ и диагонали со смещением ±2) ----
Z2 = zeros(Int, n, n)
for i in 1:n, j in 1:n
    if abs(i - j) == 0 || abs(i - j) == 2
        Z2[i, j] = 1
    end
end
show_matrix("Z2", Z2)

# ---- Z3: единицы на побочной диагонали и на диагоналях, отстоящих на 2 (т.е. i+j = 5,7,9 для n=6) ----
Z3 = zeros(Int, n, n)
for i in 1:n, j in 1:n
    # для общего n условие будет abs(i + j - (n+1)) == 0 или 2
    if abs(i + j - (n + 1)) == 0 || abs(i + j - (n + 1)) == 2
        Z3[i, j] = 1
    end
end
show_matrix("Z3", Z3)

# ---- Z4: "шахматка" — 1, если i+j чётно ----
Z4 = zeros(Int, n, n)
for i in 1:n, j in 1:n
    if iseven(i + j)
        Z4[i, j] = 1
    end
end
show_matrix("Z4", Z4)

```

Рис. 0.18: Выполнение задания №7

Матрица Z (нулевая матрица) =

```
0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0
```

Матрица Z1 =

```
0 1 0 0 0 0
1 0 1 0 0 0
0 1 0 1 0 0
0 0 1 0 1 0
0 0 0 1 0 1
0 0 0 0 1 0
```

Матрица Z2 =

```
1 0 1 0 0 0
0 1 0 1 0 0
1 0 1 0 1 0
0 1 0 1 0 1
0 0 1 0 1 0
0 0 0 1 0 1
```

Матрица Z3 =

```
0 0 0 1 0 1
0 0 1 0 1 0
0 1 0 1 0 1
1 0 1 0 1 0
0 1 0 1 0 0
1 0 1 0 0 0
```

Матрица Z4 =

```
1 0 1 0 1 0
0 1 0 1 0 1
1 0 1 0 1 0
0 1 0 1 0 1
1 0 1 0 1 0
0 1 0 1 0 1
```

Рис. 0.19: Выполнение задания №7

Выполнение задания №8:

```
[109]: function outer(x, y, operation)
        return [operation(xi, yj) for xi in x, yj in y]
    end
```

```
[109]: outer (generic function with 1 method)
```

Рис. 0.20: Выполнение подпунктов задания №8

```
[111]: # Матрица A1: сложение элементов
A1 = outer(0:4, 0:4, +)

# Матрица A2: возведение в степень
function safe_pow(x, y)
    x == 0 && y == 0 ? 0 : x^y
end

# Матрица A2: с пропуском первого элемента в каждой строке
A2 = [j == 1 ? i : safe_pow(i, j) for i in 0:4, j in 1:5]

# Матрица A3: циклический сдвиг по модулю 5
A3 = outer(0:4, 0:4, (x,y) -> mod(x + y, 5))

# Матрица A4: циклический сдвиг по модулю 10
A4 = outer(0:9, 0:9, (x,y) -> mod(x + y, 10))

# Матрица A5: разность по модулю 9
A5 = outer(0:8, 0:8, (x,y) -> mod(x - y, 9))

# Функция для вывода матриц
function print_matrix(name, mat)
    println("\nМатрица $name:")
    for row in eachrow(mat)
        println(row)
    end
end

# Печать всех матриц
print_matrix("A1", A1)
print_matrix("A2", A2)
print_matrix("A3", A3)
print_matrix("A4", A4)
print_matrix("A5", A5)
```

Рис. 0.21: Выполнение подпунктов задания №8

Матрица A1:

```
[0, 1, 2, 3, 4]
[1, 2, 3, 4, 5]
[2, 3, 4, 5, 6]
[3, 4, 5, 6, 7]
[4, 5, 6, 7, 8]
```

Матрица A2:

```
[0, 0, 0, 0, 0]
[1, 1, 1, 1, 1]
[2, 4, 8, 16, 32]
[3, 9, 27, 81, 243]
[4, 16, 64, 256, 1024]
```

Матрица A3:

```
[0, 1, 2, 3, 4]
[1, 2, 3, 4, 0]
[2, 3, 4, 0, 1]
[3, 4, 0, 1, 2]
[4, 0, 1, 2, 3]
```

Матрица A4:

```
[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0]
[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0, 1]
[3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0, 1, 2]
[4, 5, 6, 7, 8, 9, 0, 1, 2, 3]
[5, 6, 7, 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4]
[6, 7, 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4, 5]
[7, 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6]
[8, 9, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]
[9, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
```

Матрица A5:

```
[0, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1]
[1, 0, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2]
[2, 1, 0, 8, 7, 6, 5, 4, 3]
[3, 2, 1, 0, 8, 7, 6, 5, 4]
[4, 3, 2, 1, 0, 8, 7, 6, 5]
[5, 4, 3, 2, 1, 0, 8, 7, 6]
[6, 5, 4, 3, 2, 1, 0, 8, 7]
[7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0, 8]
[8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0]
```

Рис. 0.22: Выполнение подпунктов задания №8

Выполнение задания №9 :

```
[113]: A = [1 2 3 4 5;
           2 1 2 3 4;
           3 2 1 2 3;
           4 3 2 1 2;
           5 4 3 2 1]
b = [7, -1, -3, 5, 17]

# Решение системы
x = A \ b
println(x)

[-1.999999999999987, 2.999999999999996, 4.999999999999998, 2.000000000000001, -4.0]
```

Рис. 0.23: Выполнение задания №9

Выполнение задания №10:

```
[131]: function print_matrix(name, mat)
        println("\nМатрица $name:")
        for row in eachrow(mat)
            println "[" * join(row, ", ") * "]"
        end
    end

M = rand(1:10, 6, 10)

print_matrix("M", M)

Матрица M:
[9, 7, 5, 6, 2, 5, 6, 1, 10, 6]
[10, 9, 5, 1, 9, 9, 1, 2, 2, 6]
[7, 1, 7, 3, 10, 6, 2, 6, 2, 2]
[6, 5, 9, 7, 10, 4, 2, 1, 6, 8]
[1, 7, 3, 3, 4, 1, 7, 8, 4, 5]
[10, 8, 3, 7, 6, 1, 2, 1, 1, 8]
```

Рис. 0.24: Выполнение подпунктов задания №10

```
[135]: N = 4
greater_than_N = sum(M .> N, dims=2)
println(greater_than_N)

[8; 6; 5; 7; 4; 5;;]

[138]: M_value = 7
rows_with_M_twice = findall(x -> count(==(M_value), x) == 2, eachrow(M))
println(rows_with_M_twice)

[3, 5]

[143]: K = 75
col_pairs = []
for i in 1:size(M, 2)-1
    for j in i+1:size(M, 2)
        if sum(M[:,i] .+ M[:,j]) > K
            push!(col_pairs, (i, j))
        end
    end
end
println(col_pairs)

Any[(1, 2), (1, 5), (1, 10), (2, 5), (5, 10)]
```

Рис. 0.25: Выполнение подпунктов задания №10

Выполнение задания №11:

```
[145]: sum1 = sum(i^4 * (3 + j) for i in 1:20 for j in 1:5)
println(sum1)

21679980

[147]: sum2 = sum(i^4 * (3 + i * j) for i in 1:20 for j in 1:5)
println(sum2)

195839490
```

Рис. 0.26: Выполнение задания №11

Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы было освоено применение циклов функций и сторонних для Julia пакетов для решения задач линейной алгебры и работы с матрицами.

Список литературы. Библиография

[1] Julia Documentation: <https://docs.julialang.org/en/v1/>