

Матрицы и Векторы в Действии: Открытие Новых Горизонтов в Линейной Алгебре и Экономике

Презентация к 4 лабораторной работе

Группа НКНбд-01-20
Мухамедияр Адиль

Изучение первых двух пунктов

Поэлементные операции над многомерными массивами

```
# Массив 4x3 со случайными целыми числами (от 1 до 20):
```

```
a = rand(1:20,(4,3))
```

```
# Поэлементная сумма:
```

```
sum(a)
```

```
# Поэлементная сумма по столбцам:
```

```
sum(a,dims=1)
```

```
# Поэлементная сумма по строкам:
```

```
sum(a,dims=2)
```

```
# Поэлементное произведение:
```

```
prod(a)
```

```
# Поэлементное произведение по столбцам:
```

```
prod(a,dims=1)
```

```
# Поэлементное произведение по строкам:
```

```
prod(a,dims=2)
```

```
4×1 Matrix{Int64}:
```

```
40
```

```
1200
```

```
2176
```

```
216
```

```
# Подключение пакета Statistics:
```

```
import Pkg
```

```
Pkg.add("Statistics")
```

```
using Statistics
```

```
# Вычисление среднего значения массива:
```

```
mean(a)
```

```
# Среднее по столбцам:
```

```
mean(a,dims=1)
```

```
# Среднее по строкам:
```

```
mean(a,dims=2)
```

```
Resolving package versions...
```

```
No Changes to `C:\Users\adiks\.julia\environments\v1.9\Project.toml`
```

```
No Changes to `C:\Users\adiks\.julia\environments\v1.9\Manifest.toml`
```

```
4×1 Matrix{Float64}:
```

```
5.0
```

```
12.333333333333334
```

```
13.666666666666666
```

```
7.666666666666667
```

Транспонирование, след, ранг, определитель и инверсия матрицы

```
# Подключение пакета LinearAlgebra:
```

```
import Pkg
```

```
Pkg.add("LinearAlgebra")
```

```
using LinearAlgebra
```

```
# Массив 4x4 со случайными целыми числами (от 1 до 20):
```

```
b = rand(1:20,(4,4))
```

```
# Транспонирование:
```

```
transpose(b)
```

```
# След матрицы (сумма диагональных элементов):
```

```
tr(b)
```

```
# Извлечение диагональных элементов как массив:
```

```
diag(b)
```

```
# Ранг матрицы:
```

```
rank(b)
```

```
# Инверсия матрицы (определение обратной матрицы):
```

```
inv(b)
```

```
# Определитель матрицы:
```

```
det(b)
```

```
# Псевдообратная функция для прямоугольных матриц:
```

```
pinv(a)
```

```
Resolving package versions...
```

```
Updating `C:\Users\adiks\.julia\environments\v1.9\Project.toml`
```

```
[37e2e46d] + LinearAlgebra
```

```
No Changes to `C:\Users\adiks\.julia\environments\v1.9\Manifest.toml`
```

```
3×4 Matrix{Float64}:
```

```
0.0120272  0.150642  -0.103743  -0.0217696
```

```
-0.0660249 -0.199137  0.189898  0.0683751
```

```
0.119144  0.0689872 -0.0554635 -0.0463341
```

Изучение пункта 3 и 4

Вычисление нормы векторов и матриц, повороты, вращения

```
# Создание вектора X:
X = [2, 4, -5]
# Вычисление евклидовой нормы:
norm(X)
# Вычисление p-нормы:
p = 1
norm(X,p)

11.0

# Расстояние между двумя векторами X и Y:
X = [2, 4, -5];
Y = [1, -1, 3];
norm(X-Y)

9.486832980505138

# Проверка по базовому определению:
sqrt(sum((X-Y).^2))

9.486832980505138

# Угол между двумя векторами:
acos((transpose(X)*Y)/(norm(X)*norm(Y)))

2.4404307889469252
```

Вычисление нормы для двумерной матрицы:

```
# Создание матрицы:
d = [5 -4 2 ; -1 2 3; -2 1 0]
# Вычисление Евклидовой нормы:
ornorm(d)
# Вычисление p-нормы:
p=1
ornorm(d,p)
# Поворот на 180 градусов:
rot180(d)
# Переворачивание строк:
reverse(d,dims=1)
# Переворачивание столбцов
reverse(d,dims=2)
```

```
3x3 Matrix{Int64}:
 2 -4  5
 3  2 -1
 0  1 -2
```

```
using LinearAlgebra

# функция для проверки продуктивности матрицы
function is_productive(A)
    E = Matrix{Float64}(I, size(A))
    inv_E_A = inv(E - A)
    return all(inv_E_A .>= 0)
end

# функция для проверки спектрального критерия продуктивности
function is_spectral_productive(A)
    eigenvalues = abs.(eigvals(A))
    return all(eigenvalues .< 1)
end

# Матрицы для проверки
A1 = [1 2; 3 4]
A2 = 1/2 * A1
A3 = 1/10 * A1
A4 = [1 2; 3 1]
A5 = 1/2 * A4
A6 = 1/10 * A4
A7 = [0.1 0.2 0.3; 0 0.1 0.2; 0 0.1 0.3]

# Проверка продуктивности
println("Продуктивность A1: $(is_productive(A1))")
println("Продуктивность A2: $(is_productive(A2))")
println("Продуктивность A3: $(is_productive(A3))")
println("Продуктивность A4: $(is_productive(A4))")
println("Продуктивность A5: $(is_productive(A5))")
println("Продуктивность A6: $(is_productive(A6))")

# Проверка спектрального критерия продуктивности
println("Спектральная продуктивность A1: $(is_spectral_productive(A1))")
println("Спектральная продуктивность A2: $(is_spectral_productive(A2))")
println("Спектральная продуктивность A3: $(is_spectral_productive(A3))")
println("Спектральная продуктивность A4: $(is_spectral_productive(A4))")
println("Спектральная продуктивность A5: $(is_spectral_productive(A5))")
println("Спектральная продуктивность A6: $(is_spectral_productive(A6))")
println("Спектральная продуктивность A7: $(is_spectral_productive(A7))")

Продуктивность A1: false
Продуктивность A2: false
Продуктивность A3: true
Продуктивность A4: false
Продуктивность A5: false
Продуктивность A6: true
Спектральная продуктивность A1: false
Спектральная продуктивность A2: false
Спектральная продуктивность A3: true
Спектральная продуктивность A4: false
Спектральная продуктивность A5: false
Спектральная продуктивность A6: true
Спектральная продуктивность A7: true
```

Пункт 5: Факторизация

Факторизация. Специальные матричные структуры

```
# Задаём квадратную матрицу 3x3 со случайными значениями:
A = rand(3, 3)
# Задаём единичный вектор:
x = fill(1.0, 3)
# Задаём вектор b:
b = A*x
# Решение исходного уравнения получаем с помощью функции \
# (убеждаемся, что x - единичный вектор):
A\b
```

```
3-element Vector{Float64}:
 1.0000000000000002
 1.0
 1.0
```

```
# LU-факторизация:
Alu = lu(A)
```

```
LU{Float64, Matrix{Float64}, Vector{Int64}}
L factor:
3x3 Matrix{Float64}:
 1.0      0.0      0.0
 0.137732  1.0      0.0
 0.267182  0.925564  1.0
U factor:
3x3 Matrix{Float64}:
 0.591678  0.807178  0.486095
 0.0       0.348887  0.743889
 0.0       0.0       0.144943
```

```
# Матрица перестановок:
Alu.P
# Вектор перестановок:
Alu.p
# Матрица L:
Alu.L
# Матрица U:
Alu.U
```

```
3x3 Matrix{Float64}:
 0.591678  0.807178  0.486095
 0.0       0.348887  0.743889
 0.0       0.0       0.144943
```

```
# Решение СЛАУ через матрицу A:
A\b
# Решение СЛАУ через объект факторизации:
Alu\b
```

```
3x3 Matrix{Float64}:
 0.591678  0.807178  0.486095
 0.0       0.348887  0.743889
 0.0       0.0       0.144943
```

```
# Решение СЛАУ через матрицу A:
A\b
# Решение СЛАУ через объект факторизации:
Alu\b
```

```
3-element Vector{Float64}:
 1.0000000000000002
 1.0
 1.0
```

```
# Детерминант матрицы A:
det(A)
# Детерминант матрицы A через объект факторизации:
det(Alu)
```

```
0.029920458614848326
```

```
# QR-факторизация:
Aqr = qr(A)
```

```
LinearAlgebra.QRCompactWY{Float64, Matrix{Float64}, Matrix{Float64}}
Q factor:
3x3 LinearAlgebra.QRCompactWY{Float64, Matrix{Float64}, Matrix{Float64}}:
 -0.95767  0.269196 -0.101992
 -0.131902 -0.725259 -0.675723
 -0.255872 -0.633666  0.730066
```

```
R factor:
3x3 Matrix{Float64}:
 -0.617831 -0.971501 -0.818961
 0.0       -0.457655 -1.06765
 0.0       0.0       0.105818
```

```
# Матрица Q:
Aqr.Q
# Матрица R:
Aqr.R
# Проверка, что матрица Q - ортогональная:
Aqr.Q'*Aqr.Q
```

```
3x3 Matrix{Float64}:
 1.0      0.0      -5.55112e-17
 5.55112e-17  1.0      1.11022e-16
 0.0       1.11022e-16  1.0
```

```
# Добавление шума:
Asym_noisy = copy(Asym)
Asym_noisy[1,2] += Seps()
# Проверка, является ли матрица симметричной:
issymmetric(Asym_noisy)
```

```
false
```

```
# Явно указываем, что матрица является симметричной:
Asym_explicit = Symmetric(Asym_noisy)
```

```
3x3 Symmetric{Float64, Matrix{Float64}}:
 1.18336  0.888672  0.644181
 0.888672  0.920123  1.34942
 0.644181  1.34942  1.92667
```

```
import Pkg
Pkg.add("BenchmarkTools")
using BenchmarkTools
# Оценка эффективности выполнения операции по нахождению
# собственных значений симметризованной матрицы:
@btime eigvals(Asym);
# Оценка эффективности выполнения операции по нахождению
# собственных значений зашумлённой матрицы:
@btime eigvals(Asym_noisy);
# Оценка эффективности выполнения операции по нахождению
# собственных значений зашумлённой матрицы,
# для которой явно указано, что она симметричная:
@btime eigvals(Asym_explicit);
```

```
Resolving package versions...
Installed BenchmarkTools - v1.4.0
Updating `C:\Users\adiks\.julia\environments\v1.9\Project.toml`
[6e4bb0f9] + BenchmarkTools v1.4.0
Updating `C:\Users\adiks\.julia\environments\v1.9\Manifest.toml`
[6e4bb0f9] + BenchmarkTools v1.4.0
[9abb945] + Profile
Precompiling project...
✓ BenchmarkTools
1 dependency successfully precompiled in 5 seconds. 204 already precompiled.
1.830 μs (10 allocations: 1.69 KiB)
```

```
2.367 μs (12 allocations: 1.64 KiB)
1.670 μs (10 allocations: 1.69 KiB)
```

```
# Трёхдиагональная матрица 1000000 x 1000000:
n = 1000000;
A = SymTridiagonal(randn(n), randn(n-1))
# Оценка эффективности выполнения операции по нахождению
# собственных значений:
@btime eigmax(A)
```

```
417.457 ms (17 allocations: 183.11 MiB)
6.919247259252579
```

Изучение 6 пункта

Общая линейная алгебра

```
# Матрица с рациональными элементами:
Arational = Matrix{Rational{BigInt}}(rand(1:10, 3, 3))/10
# Единичный вектор:
x = fill(1, 3)
# Задаём вектор b:
b = Arational*x
# Решение исходного уравнения получаем с помощью функции \
# (убеждаемся, что x - единичный вектор):
Arational\b
# LU-разложение:
lu(Arational)

LU{Rational{BigInt}, Matrix{Rational{BigInt}}, Vector{Int64}}
L factor:
3×3 Matrix{Rational{BigInt}}:
 1//1  0//1  0//1
 1//4  1//1  0//1
 1//8  27//46 1//1
U factor:
3×3 Matrix{Rational{BigInt}}:
 4//5  1//2  2//5
 0//1  23//40 7//10
 0//1  0//1  16//115
```

Решение 1 пункта и начало 2

Произведение векторов

```
# 1. Скалярное умножение вектора на самого себя  
v = [1, 2, 3] # Пример вектора, замените на ваш вектор
```

```
dot_v = dot(v, v) # Результат скалярного умножения
```

```
# 2. Внешнее произведение вектора на самого себя  
outer_v = v * v' # Результат внешнего произведения
```

```
# Вывод результатов
```

```
println("Скалярное произведение: $dot_v")
```

```
println("Внешнее произведение: $outer_v")
```

```
Скалярное произведение: 14
```

```
Внешнее произведение: [1 2 3; 2 4 6; 3 6 9]
```

Системы линейных уравнений

```
using LinearAlgebra

# Функция для решения СЛАУ и обработки исключений
function solve_system(A, b)
    try
        return A \ b
    catch e
        if isa(e, SingularException)
            return "Система не имеет единственного решения (вырожденная или несовместная)"
        else
            throw(e)
        end
    end
end

# Решение СЛАУ

# a)
A1 = [1 1; 1 -1]
b1 = [2; 3]
x1 = solve_system(A1, b1)

# b)
A2 = [1 1; 2 2]
b2 = [2; 4]
x2 = solve_system(A2, b2)

# c)
A3 = [1 1; 2 2]
b3 = [2; 5]
x3 = solve_system(A3, b3)
```

Продолжение 2 пункта и решение 3 пункта

```
# d)
A4 = [1 1; 2 2; 3 3]
b4 = [1; 2; 3]
x4 = solve_system(A4, b4)

# e)
A5 = [1 1; 2 1; 1 -1]
b5 = [2; 1; 3]
x5 = solve_system(A5, b5)

# f)
A6 = [1 1; 2 1; 3 2]
b6 = [2; 1; 3]
x6 = solve_system(A6, b6)

# Вывод результатов
println("Решение a): $x1")
println("Решение b): $x2")
println("Решение c): $x3")
println("Решение d): $x4")
println("Решение e): $x5")
println("Решение f): $x6")
```

Решение a): [2.5, -0.5]
Решение b): Система не имеет единственного решения (вырожденная или несовместная)
Решение c): Система не имеет единственного решения (вырожденная или несовместная)
Решение d): [0.4999999999999999, 0.5]
Решение e): [1.5000000000000004, -0.9999999999999997]
Решение f): [-0.9999999999999989, 2.999999999999982]

Операции с матрицами

```
[39]: using LinearAlgebra

# 1. Приведение матриц к диагональному виду

# a)
A1 = [1 -2; -2 1]
D1 = Diagonal(eigvals(A1))

# b)
A2 = [1 -2; -2 3]
D2 = Diagonal(eigvals(A2))

# c)
A3 = [1 -2 0; -2 1 2; 0 2 0]
D3 = Diagonal(eigvals(A3))

# 2. Вычисление степеней и корней матриц

# a)
pow_A1 = A1^10

# b)
sqrt_A2 = sqrt(A2)

# c)
cbrt_A1 = cbrt.(A1)

# d)
A4 = [1 2; 2 3]
sqrt_A4 = sqrt(A4)

# 3. Собственные значения матрицы A

A5 = [140 97 74 168 131; 97 106 89 131 36; 74 89 152 144 71; 168 131 144 54 142; 131 36 71 142 36]
eigenvalues_A5 = eigvals(A5)
D5 = Diagonal(eigenvalues_A5)

# Нижнедиагональная матрица из A
lower_A5 = tril(A5)
```


Вывод 3 пункта и решение 4

```
# Вывод результатов
println("Диагональный вид а): $D1")
println("Диагональный вид б): $D2")
println("Диагональный вид с): $D3")
println("A1 в 10 степени: $pow_A1")
println("Квадратный корень из A2: $sqrt_A2")
println("Кубический корень из A1: $cbrt_A1")
println("Квадратный корень из A4: $sqrt_A4")
println("Собственные значения A5: $eigenvalues_A5")
println("Диагональная матрица из собственных значений A5: $D5")
println("Нижнедиагональная матрица из A5: $lower_A5")

Диагональный вид а): [-1.0 0.0; 0.0 3.0]
Диагональный вид б): [-0.2360679774997897 0.0; 0.0 4.23606797749979]
Диагональный вид с): [-2.1413361156553643 0.0 0.0; 0.0 0.51513804712807 0.0; 0.0 0.0 3.6261980685272945]
A1 в 10 степени: [29525 -29524; -29524 29525]
Квадратный корень из A2: ComplexF64[0.5688644810057828 + 0.35157758425414287im -0.9204420652599258 + 0.2172868967516401im; -0.9204420652599258 + 0.21728689675164012im 1.489306546265709 + 0.1342906875025027im]
Кубический корень из A1: [1.0 -1.2599210498948732; -1.2599210498948732 1.0]
Квадратный корень из A4: ComplexF64[0.5688644810057828 + 0.35157758425414287im 0.9204420652599258 - 0.2172868967516401im; 0.9204420652599258 - 0.21728689675164012im 1.489306546265709 + 0.1342906875025027im]
Собственные значения A5: [-128.49322764802145, -55.887784553056875, 42.7521672793189, 87.16111477514521, 542.4677301466143]
Диагональная матрица из собственных значений A5: [-128.49322764802145 0.0 0.0 0.0 0.0; 0.0 -55.887784553056875 0.0 0.0 0.0; 0.0 0.0 42.7521672793189 0.0 0.0; 0.0 0.0 0.0 87.16111477514521 0.0; 0.0 0.0 0.0 542.4677301466143]
Нижнедиагональная матрица из A5: [140 0 0 0 0; 97 106 0 0 0; 74 89 152 0 0; 168 131 144 54 0; 131 36 71 142 36]
```

Линейные модели экономики

```
using LinearAlgebra

# Функция для проверки продуктивности матрицы
function is_productive(A)
    E = Matrix{Float64}(I, size(A))
    inv_E_A = inv(E - A)
    return all(inv_E_A .>= 0)
end

# Функция для проверки спектрального критерия продуктивности
function is_spectral_productive(A)
    eigenvalues = abs.(eigvals(A))
    return all(eigenvalues .< 1)
end

# Матрицы для проверки
A1 = [1 2; 3 4]
A2 = 1/2 * A1
A3 = 1/10 * A1
A4 = [1 2; 3 1]
A5 = 1/2 * A4
A6 = 1/10 * A4
A7 = [0.1 0.2 0.3; 0 0.1 0.2; 0 0.1 0.3]

# Проверка продуктивности
println("Продуктивность A1: $(is_productive(A1))")
println("Продуктивность A2: $(is_productive(A2))")
println("Продуктивность A3: $(is_productive(A3))")
println("Продуктивность A4: $(is_productive(A4))")
println("Продуктивность A5: $(is_productive(A5))")
println("Продуктивность A6: $(is_productive(A6))")

# Проверка спектрального критерия продуктивности
println("Спектральная продуктивность A1: $(is_spectral_productive(A1))")
println("Спектральная продуктивность A2: $(is_spectral_productive(A2))")
println("Спектральная продуктивность A3: $(is_spectral_productive(A3))")
println("Спектральная продуктивность A4: $(is_spectral_productive(A4))")
println("Спектральная продуктивность A5: $(is_spectral_productive(A5))")
println("Спектральная продуктивность A6: $(is_spectral_productive(A6))")
println("Спектральная продуктивность A7: $(is_spectral_productive(A7))")

Продуктивность A1: false
Продуктивность A2: false
Продуктивность A3: true
Продуктивность A4: false
Продуктивность A5: false
Продуктивность A6: true
Спектральная продуктивность A1: false
Спектральная продуктивность A2: false
Спектральная продуктивность A3: true
Спектральная продуктивность A4: false
Спектральная продуктивность A5: false
Спектральная продуктивность A6: true
Спектральная продуктивность A7: true
```




Спасибо за внимание!