---

## Front matter

title: "Компьютерный практикум по статистическому анализу данных"

subtitle: "Отчёт по лабораторной работе №4: Линейная алгебра"

author: "Ахлиддинзода Аслиддин"

## Generic otions

lang: ru-RU

toc-title: "Содержание"

## Bibliography

bibliography: bib/cite.bib

csl: pandoc/csl/gost-r-7-0-5-2008-numeric.csl

## Pdf output format

toc: true # Table of contents

toc-depth: 2

lof: true # List of figures

lot: true # List of tables

fontsize: 12pt

linestretch: 1.5

papersize: a4

documentclass: scrreprt

## I18n polyglossia

polyglossia-lang:

name: russian

options:

- spelling=modern

- babelshorthands=true

polyglossia-otherlangs:

name: english

## I18n babel

babel-lang: russian

babel-otherlangs: english

## Fonts

mainfont: PT Serif

romanfont: PT Serif

sansfont: PT Sans

monofont: PT Mono

mainfontoptions: Ligatures=TeX

romanfontoptions: Ligatures=TeX

sansfontoptions: Ligatures=TeX,Scale=MatchLowercase

monofontoptions: Scale=MatchLowercase,Scale=0.9

## Biblatex

biblatex: true

biblio-style: "gost-numeric"

biblatexoptions:

- parentracker=true

- backend=biber

- hyperref=auto

- language=auto

- autolang=other\*

- citestyle=gost-numeric

## Pandoc-crossref LaTeX customization

figureTitle: "Рис."

tableTitle: "Таблица"

listingTitle: "Листинг"

lolTitle: "Листинги"

## Misc options

indent: true

header-includes:

- \usepackage{indentfirst}

- \usepackage{float} # keep figures where there are in the text

- \floatplacement{figure}{H} # keep figures where there are in the text

- \usepackage{unicode-math}

- \setmathfont{Latin Modern Math}

---

# Цель работы

Основной целью работы является изучение возможностей специализированных пакетов Julia для выполнения и оценки эффективности операций над объектами линейной алгебры.

# Выполнение лабораторной работы

## Поэлементные операции над многомерными массивами

Для матрицы 4 × 3 рассмотрим поэлементные операции сложения и произведения её элементов (рис. [-fig@:001]):

![Поэлементные операции сложения и произведения элементов матрицы](image/1.PNG){ #fig:001 width=100% height=100% }

Для работы со средними значениями можно воспользоваться возможностями пакета Statistics (рис. [-fig@:002]):

![Использование возможностей пакета Statistics для работы со средними значениями](image/2.PNG){ #fig:002 width=100% height=100% }

## Транспонирование, след, ранг, определитель и инверсия матрицы

Для выполнения таких операций над матрицами, как транспонирование, диагонализация, определение следа, ранга, определителя матрицы и т.п. можно воспользоваться библиотекой (пакетом) LinearAlgebra(рис. [-fig@:003] - рис. [-fig@:004] ):

![Использование библиотеки LinearAlgebra для выполнения определённых операций](image/3.PNG){ #fig:003 width=100% height=100% }

![Использование библиотеки LinearAlgebra для выполнения определённых операций](image/4.PNG){ #fig:004 width=100% height=100% }

## Вычисление нормы векторов и матриц, повороты, вращения

Для вычисления нормы используется LinearAlgebra.norm(x) (рис.[-fig@:005]):

![Использование LinearAlgebra.norm(x)](image/5.PNG){ #fig:005 width=100% height=100% }

Вычислим нормы для двумерной матрицы (рис.[-fig@:006]):

![Вычисление нормы для двумерной матрицы](image/6.PNG){ #fig:006 width=100% height=100% }

## Матричное умножение, единичная матрица, скалярное произведение

Выполним примеры матричного умножения, единичной матрицы и скалярного произведения (рис. [-@fig:007]):

![Примеры матричного умножения, единичной матрицы и скалярного произведения](image/7.PNG){ #fig:007 width=100% height=100% }

## Факторизация. Специальные матричные структуры

Рассмотрим несколько примеров. Для работы со специальными матричными структурами потребуется пакет LinearAlgebra.

Решение систем линейный алгебраических уравнений 𝐴𝑥 = 𝑏 (рис. [-@fig:008]):

![Решение систем линейный алгебраических уравнений 𝐴𝑥 = 𝑏](image/8.PNG){ #fig:008 width=100% height=100% }

Julia позволяет вычислять LU-факторизацию и определяет составной тип факторизации для его хранения (рис. [-@fig:009]):

![Пример вычисления LU-факторизации и определение составного типа факторизации для его хранения](image/9.PNG){ #fig:009 width=100% height=100% }

Исходная система уравнений 𝐴𝑥 = 𝑏 может быть решена или с использованием исходной матрицы, или с использованием объекта факторизации (рис. [-@fig:010]):

![Пример решения с использованием исходной матрицы и с использованием объекта факторизации](image/10.PNG){ #fig:010 width=100% height=100% }

Julia позволяет вычислять QR-факторизацию и определяет составной тип факторизации для его хранения (рис. [-@fig:011]):

![Пример вычисления QR-факторизации и определение составного типа факторизации для его хранения](image/11.PNG){ #fig:011 width=100% height=100% }

Примеры собственной декомпозиции матрицы 𝐴 (рис. [-@fig:012]):

![Примеры собственной декомпозиции матрицы 𝐴](image/12.PNG){ #fig:012 width=100% height=100% }

Далее рассмотрим примеры работы с матрицами большой размерности и специальной структуры (рис. [-@fig:013]):

![Примеры работы с матрицами большой размерности и специальной структуры](image/13.PNG){ #fig:013 width=100% height=100% }

Пример добавления шума в симметричную матрицу (матрица уже не будет симметричной) (рис. [-@fig:014]):

![Пример добавления шума в симметричную матрицу](image/14.PNG){ #fig:014 width=100% height=100% }

В Julia можно объявить структуру матрица явно, например, используя Diagonal, Triangular, Symmetric, Hermitian, Tridiagonal и SymTridiagonal (рис. [-@fig:015]):

![Пример явного объявления структуры матрицы](image/15.PNG){ #fig:015 width=100% height=100% }

Далее для оценки эффективности выполнения операций над матрицами большой размерности и специальной структуры воспользуемся пакетом BenchmarkTools (рис. [-@fig:016]):

![Использование пакета BenchmarkTools](image/16.PNG){ #fig:016 width=100% height=100% }

Далее рассмотрим примеры работы с разряженными матрицами большой размерности.

Использование типов Tridiagonal и SymTridiagonal для хранения трёхдиагональных матриц позволяет работать с потенциально очень большими трёхдиагональными матрицами (рис. [-@fig:017]):

![Примеры работы с разряженными матрицами большой размерности](image/17.PNG){ #fig:017 width=100% height=100% }

## Общая линейная алгебра

В примере показано, как можно решить систему линейных уравнений с рациональными элементами без преобразования в типы элементов с плавающей запятой (для избежания проблемы с переполнением используем BigInt) (рис. [-@fig:018]):

![Решение системы линейных уравнений с рациональными элементами без преобразования в типы элементов с плавающей запятой](image/18.PNG){ #fig:018 width=100% height=100% }

## Самостоятельная работа

Выполнения здания "Произведение векторов" (рис.[-fig@:019]):

![Выполнение задания "Произведение векторов"](image/19.PNG){ #fig:019 width=100% height=100% }

Выполнения задания "Система линеный уравнений" (рис.[-fig@:020] - рис.[-fig@:021]):

![Выполнение задания "Система линеный уравнений". Пункт 1](image/20.PNG){ #fig:020 width=100% height=100% }

![Выполнение задания "Система линеный уравнений". Пункт 2](image/21.PNG){ #fig:021 width=100% height=100% }

Выполнения задания "Операции с матрицами" (рис.[-fig@:022] - рис.[-fig@:026]):

![Выполнение задания "Операции с матрицами". Пункт 1](image/22.PNG){ #fig:022 width=100% height=100% }

![Выполнение задания "Операции с матрицами". Пункт 2](image/23.PNG){ #fig:023 width=100% height=100% }

![Выполнение задания "Операции с матрицами". Пункт 2](image/24.PNG){ #fig:024 width=100% height=100% }

![Выполнение задания "Операции с матрицами". Пункт 2](image/25.PNG){ #fig:025 width=100% height=100% }

![Выполнение задания "Операции с матрицами". Пункт 3](image/26.PNG){ #fig:026 width=100% height=100% }

Выполнения задания "Линейные модели экономики" (рис.[-fig@:027]):

![Выполнение задания "Линейные модели экономики"](image/27.PNG){ #fig:027 width=100% height=100% }

# Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы были изучены возможности специализированных пакетов Julia для выполнения и оценки эффективности операций над объектами линейной алгебры.

# Список литературы. Библиография

[1] Mininet: https://mininet.org/