

Лабораторная работа №1

Модель экспоненциального роста

Чувакина М. В.

17 февраля 2026

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

- Чувакина Мария Владимировна
- студентка
- группа НКНбд-01-23
- Российский университет дружбы народов
- 1132236055@rudn.ru
- <https://github.com/mvchuvakina>

Цель работы

Целью работы являлось изучение модели экспоненциального роста, её программная реализация на языке Julia, проведение параметрического исследования и освоение принципов литературного программирования.

Выполнение лабораторной работы

Подготовка

Ранее я уже работа с git, поэтому установка у меня уже осуществлена. Затем я создала репозиторий курса на основе шаблона и настроила Git Flow.

Создание проекта DrWatson для лабораторных

Перейдем в папку лабораторной работы и создадим проект DrWatson

```
mvchuvakina@dk7n02 ~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01 $ julia  
julia> using Pkg  
  
julia> Pkg.add("DrWatson")  
Installing known registries into '/var/tmp/mvchuvakina'  
    Added 'General' registry to /var/tmp/mvchuvakina/registries  
    Updating registry at '/var/tmp/mvchuvakina/registries/General.toml'  
Resolving package versions...  
Installed Zstd_jll └── v1.5.7+1  
Installed ChunkCodecZlib └── v1.0.0  
Installed JLLWrappers └── v1.7.1  
Installed HashArrayMappedTries └── v0.2.0  
Installed Scratch └── v1.3.0  
Installed JLD2 └── v0.6.3  
Installed Preferences └── v1.5.1  
Installed DrWatson └── v2.19.1  
Installed ScopedValues └── v1.5.0  
Installed MacroTools └── v0.5.16  
Installed ChunkCodecCore └── v1.0.1  
Installed PrecompileTools └── v1.2.1  
Documentation: https://docs.julialang.org  
Type "?" for help, "]??" for Pkg help.  
Version 1.11.5 (2025-04-14)  
Official https://julialang.org/ release
```

Рис. 1: Создадим проект DrWatson

Добавление необходимых пакетов

Создадим файл для установки пакетов “Вариант А: Установка скриптом”

```
mvchuvakina@dk7n02 ~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project $ cat > add_packages.jl << EOF
#!/usr/bin/env julia
using Pkg
Pkg.activate(".")

# packages = [
#     "DrWatson",
#     "DifferentialEquations",
#     "Plots",
#     "DataFrames",
#     "CSV",
#     "JLD2",
#     "Literate",
#     "IJulia",
#     "BenchmarkTools"
# ]
#
# println("Установка пакетов...")
# Pkg.add(packages)
# println("✓ Все пакеты установлены!")
EOF
```

Рис. 2: Добавление необходимых пакетов

Проверка установки

```
mvchuvakina@dk7n02 ~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project $ julia --project=. scripts/test_setup.jl
✓ Проект активирован: /afs/.dk.sci.pfu.edu.ru/home/m/v/mvchuvakina/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project

Проверка пакетов:
✓ DrWatson
✓ DifferentialEquations
✓ Plots
✓ DataFrames
✓ CSV
✓ JLD2
✓ Literate
✓ IJulia
✓ BenchmarkTools

Структура проекта:
└ Корень: /afs/.dk.sci.pfu.edu.ru/home/m/v/mvchuvakina/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project
   └ Данные: /afs/.dk.sci.pfu.edu.ru/home/m/v/mvchuvakina/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/data
   └ Скрипты: /afs/.dk.sci.pfu.edu.ru/home/m/v/mvchuvakina/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/src
   └ Графики: /afs/.dk.sci.pfu.edu.ru/home/m/v/mvchuvakina/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/plots
mvchuvakina@dk7n02 ~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project $
```

Рис. 3: Проверка установки

Реализация модели

Создадим папку для скриптов.

Создадим проверочный скрипт.

```
mvchuvakina@dk7n02 ~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project $ cat > scripts/test_setup.jl
mvchuvakina@dk7n02 ~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project $ cat > scripts/test_setup.jl
<< 'EOF'
#!/usr/bin/env julia
using DrWatson
@quickactivate "project"

println("✓ Проект активирован: ", projectdir())

packages = [
    "DrWatson", "DifferentialEquations", "Plots",
    "DataFrames", "CSV", "JLD2", "Literate", "IJulia", "BenchmarkTools"
]

println("\nПроверка пакетов:")
for pkg in packages
    try
        eval(Meta.parse("using $pkg"))
        println(" ✓ $pkg")
    catch e
        println(" ✗ $pkg: Ошибка загрузки")
    end
end

println("\nСтруктура проекта:")
println(" Корень: ", projectdir())
println(" Данные: ", datadir())
println(" Скрипты: ", srcdir())
```

Рис. 4: Скрипт

Реализация модели экспоненциального роста

Создадим первый скрипт (модель экспоненциального роста)

```
mvchuvakina@dk7n02 ~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project $ cat > scripts/01_exponentia  
l_growth.jl << 'EOF'  
# # Экспоненциальный рост  
# **Цель:** Исследовать решение уравнения  $du/dt = au$ .  
  
using DrWatson  
@quickactivate "project"  
using DifferentialEquations  
using Plots  
using DataFrames  
using JLD2  
  
script_name = splitext(basename(PROGRAM_FILE))[1]  
mkpath(plotsdir(script_name))  
mkpath(datadir(script_name))  
  
function exponential_growth!(du, u, p, t)  
    a = p  
    du[1] = a * u[1]  
end  
  
u0 = [1.0]  
a = 0.3  
tspan = (0.0, 10.0)  
  
prob = ODEProblem(exponential_growth!, u0, tspan, a)
```

Рис. 5: Модель экспоненциального роста 1

Запуск модели

Запустим модель

```
mvchuvakina@dk7n02 ~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project $ julia --project=. scripts/02_exponential_growth.jl
Базовые параметры эксперимента:
    a = 0.3
    u0 = [1.0]
    saveat = 0.1
    solver = Tsit5(typeof(OrdinaryDiffEqCore.trivial_limiter!), typeof(OrdinaryDiffEqCore.trivial_limiter!), Static.False)(OrdinaryDiffEqCore.trivial_limiter!, OrdinaryDiffEqCore.trivial_limiter!, static(false))
    tspan = (0.0, 10.0)

Результаты базового эксперимента:
Финальная популяция: 20.085448516186737
Время удвоения: 2.31
Файл результатов: /afs/.dk.sci.pfu.edu.ru/home/m/v/mvchuvakina/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/data/02_exponential_growth/single/exp_growth_saveat=0.1_a=0.3.jld2
```

Рис. 6: Запуск скрипта

График модели

Посмотрим на график который создался

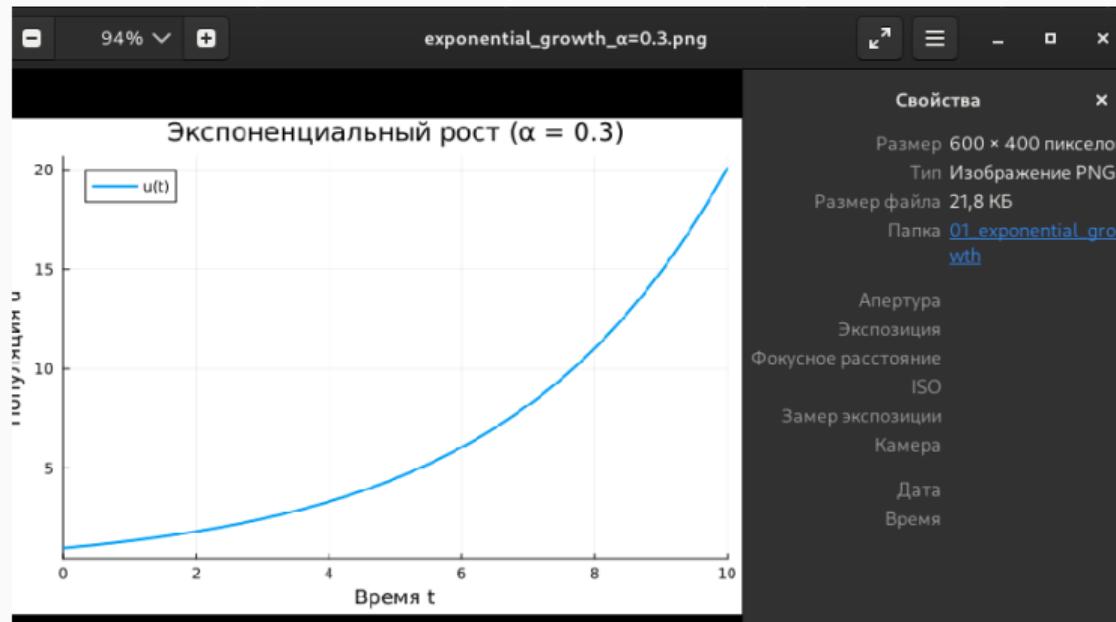


Рис. 7: График

Генерация производных форматов

Сгенерируем производные форматы

```
mvchuvakina@dk7n02 ~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project $ julia --project=. scripts/01_exponential_growth.jl
Генерация из: scripts/01_exponential_growth.jl
[ Info: generating plain script file from `~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/scripts/01_exponential_growth.jl`
[ Info: writing result to `~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/scripts/01_exponential_growth/01_exponential_growth.jl`
    ✓ Чистый скрипт создан
[ Info: generating markdown page from `~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/scripts/01_exponential_growth.jl`
[ Info: writing result to `~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/markdown/01_exponential_growth/01_exponential_growth.qmd`
    ✓ Quarto документ создан
[ Info: generating notebook from `~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/scripts/01_exponential_growth.jl`
[ Info: writing result to `~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/notebooks/01_exponential_growth/01_exponential_growth.ipynb`
    ✓ Jupyter notebook создан
Готово!
```

Рис. 8: Производные форматы

Проверка файлов

Проверим созданные файлы

```
[root@mvchuvakina ~]# mvchuvakina@dk7n02 ~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project $ # Проверьте чистый скрипт
ls -la scripts/01_exponential_growth/
# Проверьте Quarto документ
ls -la markdown/01_exponential_growth/
# Проверьте Jupyter notebook
ls -la notebooks/01_exponential_growth/
итого 5
drwxr-xr-x 2 mvchuvakina studsci 2048 фев 16 13:55 .
drwxr-xr-x 5 mvchuvakina studsci 2048 фев 16 14:24 ..
-rw-r--r-- 1 mvchuvakina studsci 974 фев 16 15:55 01_exponential_growth.jl
итого 6
drwxr-xr-x 2 mvchuvakina studsci 2048 фев 16 13:55 .
drwxr-xr-x 5 mvchuvakina studsci 2048 фев 16 14:24 ..
-rw-r--r-- 1 mvchuvakina studsci 1119 фев 16 15:55 01_exponential_growth.qmd
итого 8
drwxr-xr-x 3 mvchuvakina studsci 2048 фев 16 14:05 .
drwxr-xr-x 5 mvchuvakina studsci 2048 фев 16 14:24 ..
-rw-r--r-- 1 mvchuvakina studsci 1963 фев 16 15:55 01_exponential_growth.ipynb
drwxr-xr-x 2 mvchuvakina studsci 2048 фев 16 14:01 .ipynb_checkpoints
mvchuvakina@dk7n02 ~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project $
```

Рис. 9: Проверка

Запуск Jupyter notebook

Запустим Jupyter notebook

The screenshot shows a Jupyter Notebook cell with the following content:

```
%%save dataadir(script_name, 'all_results.json') at
```

Первые 5 строк результатов:

5x2 DataFrame

| Row | t | u |
|-----|---------|---------|
| | Float64 | Float64 |
| 1 | 0.0 | 1.0 |
| 2 | 0.1 | 1.03045 |
| 3 | 0.2 | 1.06184 |
| 4 | 0.3 | 1.09417 |
| 5 | 0.4 | 1.1275 |

Аналитическое время удвоения: 2.31

Рис. 10: Запуск

Запуск параметрический скрипт

Запустим параметрический скрипт (02_exponential_growth.jl)

```
EUF
mvchuvakina@dk7n02 ~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project $ julia --project=. scripts/0
2_exponential_growth.jl
Базовые параметры эксперимента:
    a = 0.3
    u0 = [1.0]
    saveat = 0.1
    solver = Tsit5(typeof(OrdinaryDiffEqCore.trivial_limiter!), typeof(OrdinaryDiffEqCore.trivial_limiter!), Sta
tic.False)(OrdinaryDiffEqCore.trivial_limiter!, OrdinaryDiffEqCore.trivial_limiter!, static(false))
    tspan = (@.0, 10.0)
[ Info: File /afs/.dk.sci.pfu.edu.ru/home/m/v/mvchuvakina/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/
project/data/02_exponential_growth/single/exp_growth_saveat=0.1_a=0.3.jld2 does not exist. Producing it now...
[ Info: File /afs/.dk.sci.pfu.edu.ru/home/m/v/mvchuvakina/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/
project/data/02_exponential_growth/single/exp_growth_saveat=0.1_a=0.3.jld2 saved.

Результаты базового эксперимента:
    Финальная популяция: 20.085448516186737
    Время удвоения: 2.31
    Файл результатов: /afs/.dk.sci.pfu.edu.ru/home/m/v/mvchuvakina/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs
/lab01/project/data/02_exponential_growth/single/exp_growth_saveat=0.1_a=0.3.jld2
=====
ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ СКАНИРОВАНИЕ
```

Рис. 11: Параметрический скрипт

Генерация производных форматов

Сгенерируем производные форматы для параметрического скрипта

```
mvchuvakina@dk7n02 ~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project $ julia --project=. scripts/t
angle.jl scripts/02_exponential_growth.jl
Генерация из: scripts/02_exponential_growth.jl
[ Info: generating plain script file from `~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/scripts/02_exponential_growth.jl'
[ Info: writing result to `~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/scripts/02_exponential_growth/02_exponential_growth.jl'
✓ Чистый скрипт создан
[ Info: generating markdown page from `~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/scripts/02_exponential_growth.jl`
[ Info: writing result to `~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/markdown/02_exponential_growth/02_exponential_growth.qmd`
✓ Quarto документ создан
[ Info: generating notebook from `~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/scripts/02_exponential_growth.jl`
[ Info: writing result to `~/work/study/2026-1/2026-1--study--mathmod/labs/lab01/project/notebooks/02_exponential_growth/02_exponential_growth.ipynb`
✓ Jupyter notebook создан
Готово!
```

Рис. 12: Производные форматы

Интегрируем в отчёт. Для этого, мы

Перейдем в папку с отчётом

```
cd ~/work/study/2026-1/2026-1--study--simulation-modeling/labs/lab01/report
```

Отредактируем необходимые файлы. После этого отправим изменения на GitHub

Выводы

Выводы

В процессе выполнения данной лабораторной работы я изучила модели экспоненциального роста, её программную реализацию на языке Julia, проведение параметрического исследования и освоение принципов литературного программирования.