

Лабораторная работа № 1

Основы работы в Julia и математическое моделирование

Сущенко Алина Николаевна
НПИбд-01-23

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы

2026

Цель работы

- ▶ Подготовка рабочего пространства для выполнения программ и приобретение необходимых навыков создания и преобразования программ на Julia.

Создание репозитория курса

Ознакомившись с инструкцией, я перешла к созданию собственного репозитория для курса. Я авторизовалась на сайте GitHub под своей учётной записью. Затем я перешла в репозиторий-шаблон. На странице шаблона я нашла и нажала кнопку «Использовать как шаблон», которая перенаправила меня на страницу создания нового репозитория. В открывшейся форме я указала название для моего нового проекта: 2026-1-study-mathmod.

В терминале я выполнила команду создания родительского каталога для всех учебных проектов и перешла в него. Затем я клонировала созданный репозиторий:

```
git clone https://github.com/ALINASUSHCHENKO/2026-1--study--mathmod.git
```

```
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod> git clone https://github.com/ALINASUSHCHENKO/2026-1--study--mathmod.git
Cloning into '2026-1--study--mathmod'...
remote: Enumerating objects: 41, done.
remote: Counting objects: 100% (41/41), done.
remote: Compressing objects: 100% (39/39), done.
remote: Total 41 (delta 1), reused 28 (delta 1), pack-reused 0 (from 0)
Receiving objects: 100% (41/41), 25.55 KiB | 934.00 KiB/s, done.
Resolving deltas: 100% (1/1), done.
```

Рис.: Клонирование репозитория.

Настройка каталога курса

Я перешла в каталог клонированного репозитория. Для инициализации структуры каталога под предмет «Математическое моделирование» я записала его код в файл COURSE и свою фамилию в файл STUDENT:

```
echo mathmod > COURSE
```

```
echo "Сущенко Алина Николаевна" > STUDENT
```

```
----- 19.02.2026 12:18 .github  
d---- 19.02.2026 12:17 labs  
d---- 19.02.2026 12:17 notes  
d---- 19.02.2026 12:17 projects  
d---- 19.02.2026 12:17 reports  
d---- 19.02.2026 12:05 template  
d---- 19.02.2026 12:17 templates  
a---- 19.02.2026 12:05 2595 .cz-config.js  
a---- 19.02.2026 12:05 1845 .gitattributes  
a---- 19.02.2026 12:05 5088 .gitignore  
a---- 19.02.2026 12:05 284 .gitmodules  
a---- 19.02.2026 12:05 10649 CHANGELOG.md  
a---- 19.02.2026 12:05 0 CODE_OF_CONDUCT.md  
a---- 19.02.2026 12:05 0 CONTRIBUTING.md  
a---- 19.02.2026 12:09 9 COURSE  
a---- 19.02.2026 12:05 19053 LICENSE  
a---- 19.02.2026 12:19 600 Makefile  
a---- 19.02.2026 12:05 405 package.json  
a---- 19.02.2026 12:05 158 README.en.md  
a---- 19.02.2026 12:05 5809 README.git-flow.md  
a---- 19.02.2026 12:19 262 README.md  
a---- 19.02.2026 12:05 0 SECURITY.md  
a---- 19.02.2026 12:18 26 STUDENT
```

```
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod> Get-Content COURSE  
>> Get-Content STUDENT  
mathmod  
Сущенко Алина Николаевна  
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod>
```

Рис. 1. Запись информации о курсе и STU/STUDENT

Подготовка рабочего пространства

Затем я запустила процесс подготовки рабочего пространства, выполнив `make prepare`. После подготовки структуры я добавила все новые файлы в индекс Git, создала первый коммит и отправила файлы на удаленный сервер GitHub:

```
git add .
git commit -am 'feat(main): make course structure'
git push
```

```
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod> git add .
warning: in the working copy of 'Makefile', LF will be replaced by CRLF the next time Git touches it
warning: in the working copy of 'README.md', LF will be replaced by CRLF the next time Git touches it
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod> git commit -am 'feat(main): make course structure'
[master @lbd227] feat(main): make course structure
 4 files changed, 31 insertions(+), 496 deletions(-)
 create mode 100644 STUDENT
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod> git push
Enumerating objects: 19, done.
Counting objects: 100% (19/19), done.
Delta compression using up to 20 threads
Compressing objects: 100% (4/4), done.
Writing objects: 100% (6/6), 847 bytes | 847.00 KiB/s, done.
Total 6 (delta 1), reused 0 (delta 0), pack-reused 0 (from 0)
remote: Resolving deltas: 100% (1/1), completed with 1 local object.
To https://github.com/ALINASUSHCHENKO/2026-1==study--mathmod.git
 79cBe72..@lbd227 master -> master
```

Рис.: Добавление файлов и коммит.

Использование Git Flow

Я инициализировала Git Flow в своём проекте, выполнив команду `git flow init`. При инициализации я оставила предложенные по умолчанию названия для веток:

```
git flow init
```

```
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod> git flow init

Which branch should be used for bringing forth production releases?
  - master
Branch name for production releases: [master]
Branch name for "next release" development: [develop]

How to name your supporting branch prefixes?
Feature branches? [feature/]
Bugfix branches? [bugfix/]
Release branches? [release/]
Hotfix branches? [hotfix/]
Support branches? [support/]
Version tag prefix? []
Hooks and filters directory? [C:/Users/ansusenko/work/study/2026-1/2026-1==study--mathmod/2026-1--study--mathmod/.git/hooks]
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod>
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod>
```

Рис.: Инициализация Git Flow.

Отправка веток и создание релиза

Для отправки всей истории и всех веток в удаленные репозитории я использовала команду `git push -u --all`. Затем я создала релиз с версией 1.0.0:

```
git push -u --all  
git flow release start 1.0.0  
git flow release finish 1.0.0
```

```
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod> git push -u --all  
Total 0 (delta 0), reused 0 (delta 0), pack-reused 0 (from 0)  
remote:  
remote: Create a pull request for 'develop' on GitHub by visiting:  
remote:     https://github.com/ALINASUSHCHENKO/2026-1--study--mathmod/pull/new/develop  
remote:  
To https://github.com/ALINASUSHCHENKO/2026-1--study--mathmod.git  
 * [new branch]      develop -> develop  
branch 'master' set up to track 'origin/master'.  
branch 'develop' set up to track 'origin/develop'.  
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod> git flow release start 1.0.0  
Switched to a new branch 'release/1.0.0'  
  
Summary of actions:  
- A new branch 'release/1.0.0' was created, based on 'develop'  
- You are now on branch 'release/1.0.0'  
  
Follow-up actions:  
- Bump the version number now!  
- Start committing last-minute fixes in preparing your release  
- When done, run:  
  
    git flow release finish '1.0.0'
```

Рис.: Отправка всех веток в удаленный репозиторий.

Отправка тегов

После завершения релиза я отправила все ветки и теги в удаленный репозиторий:

```
git push --all
```

```
git push --tags
```

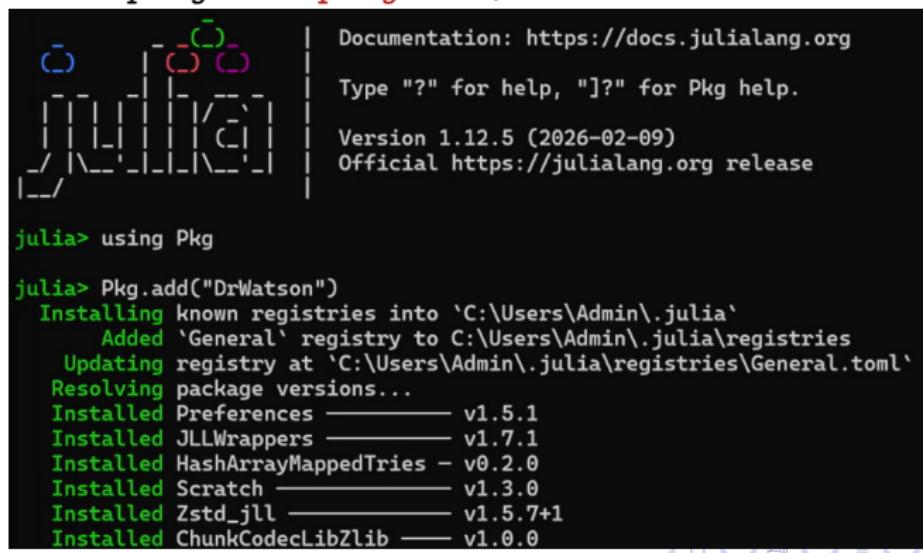
```
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod> git push --all
Enumerating objects: 7, done.
Counting objects: 100% (7/7), done.
Delta compression using up to 20 threads
Compressing objects: 100% (5/5), done.
Writing objects: 100% (5/5), 614 bytes | 614.00 KiB/s, done.
Total 5 (delta 3), reused 0 (delta 0), pack-reused 0 (from 0)
remote: Resolving deltas: 100% (3/3), completed with 1 local object.
To https://github.com/ALINASUSHCHENKO/2026-1--study--mathmod.git
  01bd227..9fbb523 develop -> develop
  01bd227..1738a5a master -> master
 * [new branch]      release/1.0.0 -> release/1.0.0
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod> git push --tags
Enumerating objects: 1, done.
Counting objects: 100% (1/1), done.
Writing objects: 100% (1/1), 176 bytes | 176.00 KiB/s, done.
Total 1 (delta 0), reused 0 (delta 0), pack-reused 0 (from 0)
To https://github.com/ALINASUSHCHENKO/2026-1--study--mathmod.git
 * [new tag]          v1.0.0 -> v1.0.0
```

Рис.: Отправка всех веток и тегов.

Создание проекта DrWatson

Я перешла в каталог, предназначенный для лабораторных работ: cd labs/lab01. В REPL Julia я последовательно выполнила команды для установки и инициализации проекта:

```
using Pkg
Pkg.add("DrWatson")
using DrWatson
initialize_project("project"; authors="ansusenko", git=false)
```



The screenshot shows a terminal window with the following text:

```
julia> using Pkg
julia> Pkg.add("DrWatson")
  Installing known registries into 'C:\Users\Admin\.julia'
    Added 'General' registry to C:\Users\Admin\.julia\registries
    Updating registry at 'C:\Users\Admin\.julia\registries\General.toml'
  Resolving package versions...
  Installed Preferences ━━━━━━ v1.5.1
  Installed JLLWrappers ━━━━━━ v1.7.1
  Installed HashArrayMappedTries ━ v0.2.0
  Installed Scratch ━━━━━━ v1.3.0
  Installed Zstd_jll ━━━━━━ v1.5.7+1
  Installed ChunkCodecLibZlib ━━ v1.0.0
Documentation: https://docs.julialang.org
Type "?" for help, "]??" for Pkg help.
Version 1.12.5 (2026-02-09)
Official https://julialang.org release
```

Инициализация проекта

```
julia> using DrWatson
julia> initialize_project("project"; authors="ansusenko", git=false)
  Activating new project at `C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod\1
abs\lab01\project`
    Resolving package versions...
      Updating C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod\labs\lab01\proje
ct\Project.toml
      [634d3b9d] + DrWatson v2.19.1
      Updating `C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod\labs\lab01\proje
ct\Manifest.toml`
      [0b6fb165] + ChunkCodecCore v1.0.1
      [4c0bb4e1] + ChunkCodecLibZlib v1.0.0
```

Рис.: Инициализация проекта.

Добавление необходимых пакетов

Следуя инструкции, я последовательно добавила все необходимые для работы пакеты:

```
Pkg.add("DifferentialEquations")
Pkg.add("Plots")
Pkg.add("DataFrames")
Pkg.add("Literate")
Pkg.add("CSV")
Pkg.add("JLD2")
Pkg.add("IJulia")
Pkg.add("BenchmarkTools")
Pkg.add("Quarto")
```

Добавление пакетов (часть 1)

```
julia> Pkg.add("DifferentialEquations")
```

Рис.: Добавление пакета DifferentialEquations.

```
julia> Pkg.add("Plots")
```

Рис.: Добавление пакета Plots.

Добавление пакетов (часть 2)

```
julia> Pkg.add("DataFrames")|
```

Рис.: Добавление пакета `DataFrames`.

```
julia> Pkg.add("Literate")|
```

Рис.: Добавление пакета `Literate`.

Добавление пакетов (часть 3)

```
julia> Pkg.add("CSV")
```

Рис.: Добавление пакета CSV.

```
julia> Pkg.add("JLD2")
```

Рис.: Добавление пакета JLD2.

Добавление пакетов (часть 4)

```
julia> Pkg.add("IJulia")
Resolving package versions...
```

Рис.: Добавление пакета IJulia.

```
julia> Pkg.add("BenchmarkTools")
Resolving package versions...
```

Рис.: Добавление пакета BenchmarkTools.

Добавление пакетов (часть 5)

```
julia> Pkg.add("Quarto")
```

Рис.: Добавление пакета Quarto.

Проверка установки пакетов

Для проверки корректности установки я создала тестовый скрипт `scripts/test_setup.jl`. Я выполнила проверку, запустив этот скрипт с активацией окружения проекта:

```
cd scripts  
julia --project=.. test_setup.jl
```

```
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod\labs\lab01\project\scripts>  
julia --project=.. test_setup.jl  
Проект активирован: C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod\labs\lab01\project  
  
Проверка загрузки пакетов:  
DrWatson: Type{Error(:using, "", Symbol, "DrWatson")  
DifferentialEquations: Type{Error(:using, "", Symbol, "DifferentialEquations")  
Plots: Type{Error(:using, "", Symbol, "Plots")  
DataFrames: Type{Error(:using, "", Symbol, "DataFrames")  
CSV: Type{Error(:using, "", Symbol, "CSV")  
JLD2: Type{Error(:using, "", Symbol, "JLD2")  
Literate: Type{Error(:using, "", Symbol, "Literate")  
IJulia: Type{Error(:using, "", Symbol, "IJulia")  
BenchmarkTools: Type{Error(:using, "", Symbol, "BenchmarkTools")  
Quarto: Type{Error(:using, "", Symbol, "Quarto")  
  
Структура проекта:  
Корень: C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod\labs\lab01\project  
Данные: C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod\labs\lab01\project\data  
та  
Скрипты: C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod\labs\lab01\project\sc  
ript  
Графики: C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod\labs\lab01\project\p  
lots  
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod\labs\lab01\project\scripts>
```

Рис.: Запуск тестового скрипта.

Реализация модели экспоненциального роста

Я создала файл скрипта `scripts/01_exponential_growth.jl` и поместила в него код, реализующий решение дифференциального уравнения экспоненциального роста:

```
using DifferentialEquations, Plots, DataFrames
```

```
# Параметры модели
= 0.3
u0 = [1.0]
tspan = (0.0, 10.0)
```

```
# Определение уравнения
function exponential_growth(du, u, p, t)
    du[1] = * u[1]
end
```

```
# Решение
prob = ODEProblem(exponential_growth, u0, tspan)
sol = solve(prob, Tsit5(), saveat=0.1)
```

Создание файла скрипта

```
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod\labs\lab01\project\scripts>
notepad 01_exponential_growth.jl
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod\labs\lab01\project\scripts>
ls

Каталог: C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod\labs\lab01\project\scripts

Mode                LastWriteTime         Length Name
----                -----          1----- 
-a----    19.02.2026     13:51            923 01_exponential_growth.jl
-a----    19.02.2026     13:16             405 intro.jl
-a----    19.02.2026     13:46           1277 test_setup.jl
```

Рис.: Создание файла скрипта.

Результат работы скрипта

Для выполнения этого скрипта я использовала команду `julia -project=.. 01_exponential_growth.jl` (находясь в каталоге `scripts`):

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

```
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1==study--mathmod\labs\lab01\project\scripts>
julia --project=.. 01_exponential_growth.jl
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
```

График экспоненциального роста

Скрипт сгенерировал график экспоненциального роста:

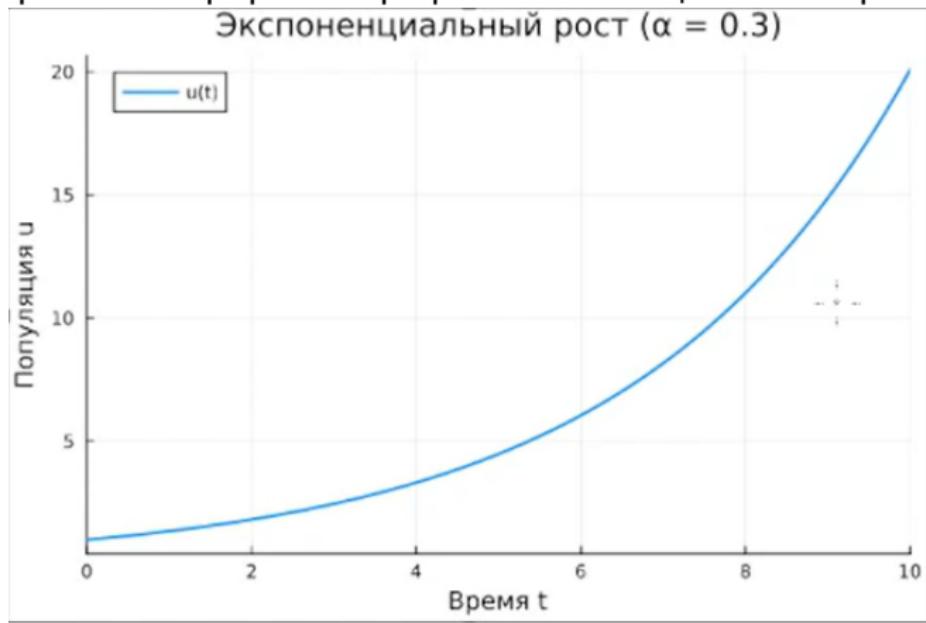


Рис.: График экспоненциального роста.

Структура решения дифференциального уравнения

Модель экспоненциального роста описывается дифференциальным уравнением:

$$\frac{du}{dt} = \alpha u, \quad u(0) = u_0$$

Аналитическое решение:

$$u(t) = u_0 e^{\alpha t}$$

Время удвоения вычисляется по формуле:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\alpha}$$

Для параметров модели $\alpha = 0.3$, $u_0 = 1.0$:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{0.3} \approx 2.31$$

Структура данных результатов

Результаты моделирования сохраняются в DataFrame со следующими полями:

Поле	Описание	Тип данных
t	Время	Float64
u	Значение популяции	Float64

Литературная реализация модели

Я отредактировала файл `scripts/01_exponential_growth.jl`, добавив подробные комментарии в формате Markdown, чтобы превратить его в литературный исходник:

```
# # Модель экспоненциального роста
#
# Рассмотрим дифференциальное уравнение:
# $$ \frac{du}{dt} = \alpha u, \quad u(0) = u_0 $$
```

```
using DifferentialEquations, Plots, DataFrames
```

```
# Параметры модели
```

```
= 0.3
```

```
u0 = [1.0]
```

```
tspan = (0.0, 10.0)
```

```
PS C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1--study--mathmod\labs\lab01\project\scripts>
julia --project=.. 01_exponential_growth.jl
```

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



Создание скрипта для генерации форматов

Я создала скрипт для генерации производных форматов scripts/tangle.jl, скопировав его содержимое из методички:

```
using Literate  
Literate.notebook(ARGS[1], ".")  
Literate.markdown(ARGS[1], ".")  
Literate.script(ARGS[1], ".")
```

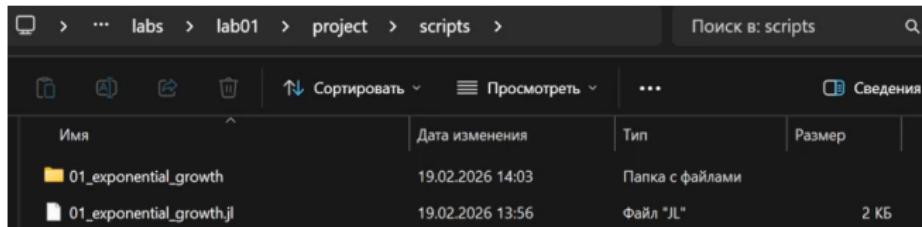


Рис.: Создание файла скрипта tangle.jl.

Генерация форматов

С помощью этого скрипта я сгенерировала чистый код, Quarto-документ и Jupyter notebook из моего литературного исходника:

```
julia --project=.. scripts/tangle.jl scripts/01_exponential.jl
```

```
%S C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1==study--mathmod\labs\lab01\project\scripts>
ls

Каталог: C:\Users\ansusenko\work\study\2026-1\2026-1==study--mathmod\2026-1==study--mathmod\labs\lab01\project\scripts

node           LastWriteTime          Length Name
----           -----          -----
j----- 19.02.2026 14:03          01_exponential_growth
a----- 19.02.2026 13:56 2026_01_exponential_growth.jl
a----- 19.02.2026 13:16        405_intro.jl
a----- 19.02.2026 14:03        1828_tangle.jl
a----- 19.02.2026 13:46       1277_test_setup.jl
```

Рис.: Результат работы скрипта tangle.jl.

Реализация параметрического исследования

Я создала новый, более сложный литературный скрипт `scripts/02_exponential_growth.jl`, который позволял проводить исследование модели с различными параметрами. После этого я выполнила параметрическое исследование, запустив этот скрипт:

```
julia --project=.. scripts/02_exponential_growth.jl
```

Результат параметрического исследования

Скрипт успешно выполнил сканирование параметров и сохранил

```
$ cd $PROJECT_SOURCE_DIR/project; ./scripts/v2_exponential_growth.sh
Выполните параметры эксперимента:
a = 0.1
b = 1.0
c = 0.1
d = 0.1
e = 0.1
f = 0.1
g = 0.1
h = 0.1
i = 0.1
j = 0.1
k = 0.1
l = 0.1
m = 0.1
n = 0.1
o = 0.1
p = 0.1
q = 0.1
r = 0.1
s = 0.1
t = 0.1
u = 0.1
v = 0.1
w = 0.1
x = 0.1
y = 0.1
z = 0.1
BaseExperimentName = base_experiment
ExperimentName = base_experiment
tspan = (0.0, 20.0)
tspan = (0.0, 20.0)
File c:\Users\user\Downloads\Mathematica\Study\2026-1\2026-1-study\mathmeth\1ab01\project\data\v2_exponential_growth\impl\exp\growth_experiment_name-base_experiment_name-at=0_L=0.3.jmu
does not exist. Producing it now...
Info: File c:\Users\user\Downloads\Mathematica\Study\2026-1\2026-1-study\mathmeth\1ab01\project\data\v2_exponential_growth\impl\exp\growth_experiment_name-base_experiment_name-at=0_L=0.3.jmu
Produced successfully: 20.08544851618176
Команды удалены: 2,33
```

все данные:

Рис.: Результат работы параметрического скрипта.

Параметры исследования

Параметр	Значение	Описание
α	0.3	Коэффициент роста
u_0	[1.0]	Начальная популяция
saveat	0.1	Шаг сохранения
solver	Tsit5()	Численный решатель
tspan	(0.0, 10.0)	Интервал времени

Результаты базового эксперимента:

Показатель	Значение
Финальная популяция	20.0854851618676
Время удвоения	2.31

Генерация форматов для параметрического исследования

Затем я снова воспользовалась скриптом `tangle.jl` для генерации производных форматов для параметрического исследования:

```
julia --project=.. scripts/tangle.jl scripts/02_exponential_
```

```
julia --project=.. scripts/tangle.jl scripts/02_exponential_growth.jl
Генерация из: scripts/02_exponential_growth.jl
```

Рис.: Генерация форматов для параметрического исследования.

Вывод

В результате выполнения лабораторной работы:

- ▶ Создано структурированное рабочее пространство для курса с использованием Git и Git Flow
- ▶ Установлены и настроены необходимые пакеты Julia
- ▶ Реализована модель экспоненциального роста с численным решением
- ▶ Получены результаты, соответствующие аналитическому решению
- ▶ Освоены принципы литературного программирования с использованием Literate.jl
- ▶ Сгенерированы различные форматы документов (чистый код, Jupyter notebook, Quarto)
- ▶ Проведено параметрическое исследование модели
- ▶ Получены практические навыки организации воспроизводимых научных вычислений