

Лабораторная работа № 1

Математическое моделирование

Разанацуа Сара Естэлл

Содержание

1	Цель работы	5
2	Задание	6
3	Выполнение лабораторной работы	7
3.1	Настройка git	7
3.2	Создание ключи SSH и pgr	7
3.3	Добавление PGP ключа на хостинг	9
3.4	Создание репозитория курса на основе шаблона	11
3.5	Настройка каталога курса	11
3.6	Создание проекта DrWatson для лабораторных	12
3.7	Добавление необходимых пакетов	12
3.8	Модель экспоненциального роста	14
3.9	Литературная реализация модели	15
3.10	Литературная реализация модели	17
4	Выводы	18
	Список литературы	19

Список иллюстраций

3.1	fig	7
3.2	fig	8
3.3	fig	8
3.4	fig	9
3.5	fig	10
3.6	fig	10
3.7	fig	11
3.8	fig	11
3.9	fig	11
3.10	fig	12
3.11	fig	12
3.12	fig	13
3.13	fig	13
3.14	fig	13
3.15	fig	14
3.16	fig	14
3.17	fig	15
3.18	fig	15
3.19	fig	16
3.20	fig	16
3.21	fig	16
3.22	fig	17
3.23	fig	17

Список таблиц

1 Цель работы

Данная работа посвящена подготовке программной среды и освоению методологии современной программной инженерии для проведения научных исследований. Актуальность работы обусловлена необходимостью создания воспроизводимых вычислительных экспериментов, что требует владения не только языками программирования, но и инструментами управления проектами.

2 Задание

1. Программная инженерия
2. Использование git
3. Литературное программирование
4. julia. Пакет DrWatson
5. Язык Markdown
6. Соглашение об именовании Denote
7. Настройка git
8. Рабочее пространство лабораторной работы
9. Создание проекта DrWatson для лабораторных работ
10. Модель экспоненциального роста

3 Выполнение лабораторной работы

3.1 Настройка git

- Мы зададим имя и email владельца репозитория, настроим utf-8 в выводе сообщений git и зададим имя начальной ветки (будем называть её master). Параметр autocrlf и safecrlf. (рис. 3.1)

```
serazanacua@fedora:~$ git config --global user.name "Sarahestelle"  
serazanacua@fedora:~$ git config --global user.email "estellesarah2002@gmail.com"  
serazanacua@fedora:~$ git config --global core.quotepath false  
serazanacua@fedora:~$ git config --global init.defaultBranch master  
serazanacua@fedora:~$ git config --global core.autocrlf input  
serazanacua@fedora:~$ git config --global core.safecrlf warn
```

Рис. 3.1: fig

3.2 Создание ключи SSH и рдр

- По алгоритму rsa с ключём размером 4096 бит: ssh-keygen -t rsa -b 4096 (рис. 3.2)

```

serazanacua@fedora:~$ ssh-keygen -t rsa -b 4096
Generating public/private rsa key pair.
Enter file in which to save the key (/home/serazanacua/.ssh/id_rsa):
Enter passphrase for "/home/serazanacua/.ssh/id_rsa" (empty for no passphrase):
Enter same passphrase again:
Your identification has been saved in /home/serazanacua/.ssh/id_rsa
Your public key has been saved in /home/serazanacua/.ssh/id_rsa.pub
The key fingerprint is:
SHA256:o9sj5NPh+mdmm4jTGfAG3K4Hwr8GBP2NCZAHg9ks4AM serazanacua@fedora
The key's randomart image is:
+---[RSA 4096]-----+
|E0 ..o          |
|O.* . . +       |
| B o B          |
| = * o          |
| . o + S        |
| . O +...       |
| . =,* .        |
| . O *+=,=      |
| . +**+O.       |
+---[SHA256]-----+

```

Рис. 3.2: fig

- По алгоритму ed25519: `ssh-keygen -t ed25519` (рис. 3.3)

```

serazanacua@fedora:~$ ssh-keygen -t ed25519
Generating public/private ed25519 key pair.
Enter file in which to save the key (/home/serazanacua/.ssh/id_ed25519):
Enter passphrase for "/home/serazanacua/.ssh/id_ed25519" (empty for no passphrase):
Enter same passphrase again:
Your identification has been saved in /home/serazanacua/.ssh/id_ed25519
Your public key has been saved in /home/serazanacua/.ssh/id_ed25519.pub
The key fingerprint is:
SHA256:J0oNnmWLy8NzfchHTgljTFSwSRUveE/u5Ef8TTYcwY serazanacua@fedora
The key's randomart image is:
+--[ED25519 256]--+
|      .+=B*      |
|      O+.=       |
|      . . = oE   |
|      . O O + O. |
|      O O S O + +=|
|      O =..O O O O+*|
|      = =O . O .O+.|
|      oo.. . .O.|
|      +O      ...|
+---[SHA256]-----+

```

Рис. 3.3: fig

- Генерируем ключ: `gpg --full-generate-key`

Из предложенных опций выбираем: — тип RSA and RSA; — размер 4096; — выберите срок действия; значение по умолчанию — 0 (срок действия не истекает никогда).

GPG запросит личную информацию, которая сохранится в ключе: — Имя (не менее 5 символов). — Адрес электронной почты. — При вводе email убедитесь, что он соответствует адресу, используемому на GtVerse и GitHub. — Комментарий. Можно ввести что угодно или нажать клавишу ввода, чтобы оставить это поле пустым. (рис. 3.4)


```

serazanacua@fedora:~$ gpg --full-generate-key
gpg (GnuPG) 2.4.8; Copyright (C) 2025 g10 Code GmbH
This is free software: you are free to change and redistribute it.
There is NO WARRANTY, to the extent permitted by law.

gpg: répertoire « /home/serazanacua/.gnupg » créé
Sélectionnez le type de clef désiré :
  (1) RSA et RSA
  (2) DSA et Elgamal
  (3) DSA (signature seule)
  (4) RSA (signature seule)
  (9) ECC (signer et chiffrer) *par défaut*
 (10) ECC (signature seule)
 (14) Clef existante sur la carte
Quel est votre choix ? (1)
Choix incorrect.
Quel est votre choix ? 1
les clefs RSA peuvent faire une taille comprise entre 1024 et 4096 bits.
Quelle taille de clef désirez-vous ? (3072) 4096
La taille demandée est 4096 bits
Veuillez indiquer le temps pendant lequel cette clef devrait être valable.
  0 = la clef n'expire pas
  <n> = la clef expire dans n jours
  <n>w = la clef expire dans n semaines
  <n>m = la clef expire dans n mois
  <n>y = la clef expire dans n ans
Pendant combien de temps la clef est-elle valable ? (0) 0
La clef n'expire pas du tout
Est-ce correct ? (o/N) o

GnuPG doit construire une identité pour identifier la clef.

Nom réel : Sarahestelle
Adresse électronique : estellesarah2002@gmail.com

```

Рис. 3.4: fig

3.3 Добавление PGP ключа на хостинг

- Мы выводим список ключей и копируем отпечаток приватного ключа. Отпечаток ключа — это последовательность байтов, используемая для идентификации более длинного, по сравнению с самим отпечатком ключа. (рис. 3.5)

```
serazanacua@fedora:~$ gpg --armor --export 899B4F4A322C1C58
-----BEGIN PGP PUBLIC KEY BLOCK-----

mQINB6mUNHQBEAC1ZB9eMfANF8EL0J0sxb/Mp8pTA8xhZR8V4CLHTFoLNKLu6a8w
lN+bTiNooxFUGSY8Ki36pHUwTCwVsn57rv/c0+yLvLcctvYVl1Y00QfTHcM9tyJp
8+obwDkbUCFpqgErDjghN5uJQtD3Zv4oilSgIcEeHnGbrLx03y9xePUaHsS/MTPL
nHqmxATlT0uBXpuB/VxjwzdDqt0plrwe9t+JiGDWT/48FrBgQ1gTA3suxf/R64CD
PRKCPzJnp/CtSqYsdINrBzctwAKF0DE/b56kwb0SX97Ry0QxQl1jmG7o/f2qimg
LtUjeZtILLuHRFIPuTw43Xv38F10GFxdrPm00V2/mN2sVFaQnn14jx8tG35kVEV2
gIRvY2SHD2AEUxwvK+5gI8Z+0KSbta89rJMUtff/F4/0YITN2yF86xXN5XPhVkfU
PJlVRbTfALj98JySeoLUWVR0+RryHjYrZbEwwNkS+oDudd+CkEwwC5yqFdwXepLz
pHXjzvCyZpwEnhpw+UGkRF7qBju1N88XNfKJXf5YBxGPJmr8INXtE7CJ8BNxAI6T
/8NUQ8SqV1d1QuFw/kDWWQ5r9hNYdrdnw/+t5uX9RhZwle4aQVrJgKVJw6NcGXjX
I5wcXlrgY5VCX6C+scBPIJERSFI9Pod0g8TY+TNXWv0t6+0boPeI5LYJVQARAQAB
tClTYXJhaGVzdGVsbGUGPgVzdGVsbGVzYXJhaDIwMDJAZ21haWwY29tPokCUQQT
AQoAOxYhBHdIfJ+ay3cPgvHmJYmbT0oyLBxYBQJpLDR0AhsDBQsJCAcCAiICBhUK
CQgLAQgWAgMBAh4HAheAAAJEImbT0oyLBxYcL4P/RruRNYiVEC+BowATDtm7uy
qATiF6lawpoqpsEaxsFIBJCx2f08HBKjSC2LJf6e6xpc4itK4Y2jysqv4Csw2H
hIHxrsS5CBGi+RBWULx6GthyX8t31VNespxTnKW0E9MEas/ZBPyZdVJqVFNz4ss
fMxSiT68Q3ISABITeeQB6Zdd3Zx+C8s4TfAn7N3Lu0gnFXS+kZ/y5XrEw5ec98lb
YPDfGDLP0xqKSeucXRbfXCAo9EJTxcX29zWbYLABRV/T+X3Dxkt9zWzmXATYgQ
hLDHGFMlVLSLHoZyurLrvwhEyen9MtQ9kyvY6Z6ivxr0HRhJ3TANekNBW0VERk7f
ZUKIQypdwozhbnUVJIBAPY8qYIceqzxN+tEoL45srQ7HxA9vxoVF3CLsI66BXh
a08mxu/tF8Hvmy+zy0HAMJqj3lv9IAV0S70dEBXBVhop6iYcZIMGSxdz/veQVxb9
YIkXqe0eJDdb/LIfgw6ms3pHxe5wqqCDWfkegsD8hLLVcvcc7JjSzodigAGL6zPr
eNNLxPRq+2CdkzC0LQJSQlG/yZV6uwr/HTPgBTCCGQ/tSEFqkU0BM5G+8x/S/f28
S5pY2XUiu2Y/W8sXuBZzsI7LDjB+9YGBXG0ZiwCF0iCma7pcEd6Zx+fQjffSio+K
fBdvbyqWzjI37LfIVYUMuQINB6mUNHQBEADM7dH/EZjOMHxRQAcg9uvY0Q90SfB
pkS0w3sS6g4xH100ocj7ALN9V6Y0c1LSb0Ipa9YKZl0S+lvk38f0bUMEM68rWsmR
KdHJ/PBAPhMj0N44qD+7nbqbugZrknmFCv7HsCM8sShe6VDGKKWiQ0hQMIYL8nf
iuYP4+ZqdSZ27VmsN1cx5FZkQxwIjMcVeIdrRqgE/RyQ9V1b2LIZ74BwBcZuA9d8
598NbfYoL0s20vZdVAlfwhXcBBfDer0CLiATo5D+61IpXOXQZlziM2yTdfjJdov
y+H45eci+pGBSSXhc9ictXsjvBEESJBjYIE7EkBu0RvBi95VLwH+x0KRJ/soR2A5
DPnkF0geil783eBV4uQWmzfj1qHV0LWHG6sNGzfFLg5ZLE1SiubgtjnybEHCPmL/a
aveV9y/Rs8n/hXqdEofes09Gxzcvs4fJRYZyaciUNH10vDerTgoDwaeyfngLXTw
HA4whM959Y4wfP702ZWUprdpffJ83anxB2mntUwEo1ZE3ZBqH9P2+Ew23oRzbGJ
jkALdJ4fzwB7hFxoEDq8ie0HEKH2UMXtu7M4IIairCcMZ/vM4I0CSH9E/tRenE8k
JsdPlxemYENH1p7yA81tdeoccc2UrokDrVdvcfdqyZ+Bte2pfcf2cLYd/kN9Jizm
OEPag/oJfyxYKwARAQABiQI2BBgBCgAgFiEEd2J8n5rLdw+C8cwliztPSjIsHFgF
AmUNHQC6wwACgkQiZtPSjIsHF1F7RAARKHveyl+Cyb69Zl7I71gsj38dCPILFZf
JULtNrZKXSSeZ/X/xPQT6CDb5CW5Qr3qmxF3pGEiRrit0jjIo10q5UGBYULgyGz
hbbPaY7Z7t1Yr9xiNv+t6qJLSBeHJ9kdy3n1vpEs8Bllv12+xKkBRnqv5/7/1d74S
```

Рис. 3.5: fig

- Скопируйте ваш сгенерированный PGP ключ в буфер обмена (рис. 3.6).

```
serazanacua@fedora:~$ gpg --list-secret-keys --keyid-format LONG
gpg: vérification de la base de confiance
gpg: marginals needed: 3 completes needed: 1 trust model: pgp
gpg: profondeur : 0 valables : 1 signées : 0
confiance : 0 i., 0 n.d., 0 j., 0 m., 0 t., 1 u.
[keyboard]
-----
sec   rsa4096/899B4F4A322C1C58 2026-02-17 [SC]
      77627C9F9ACB770F82F1CC25899B4F4A322C1C58
uid   [ ultime ] Sarahestelle <estellesarah2002@gmail.com>
ssb   rsa4096/ABDB11917EB8E373 2026-02-17 [E]
```

Рис. 3.6: fig

- Используя введённый email, укажите Git применять его при подписи коммитов. (рис. 3.7)

```
serazanacua@fedora:~$ git config --global user.signingkey 899B4F4A322C1C58
serazanacua@fedora:~$ git config --global commit.gpgsign true
serazanacua@fedora:~$ git config --global gpg.program $(which gpg)
```

Рис. 3.7: fig

3.4 Сознание репозитория курса на основе шаблона

— Сделать свой репозиторий на основе шаблона можно и вручную: <https://docs.github.com/ru/repositories/creating-and-managing-repositories/creating-a-repository-from-a-template>. — Авторизуйтесь на <https://gitverse.ru>. — Перейдите в репозиторий <https://gitverse.ru/dharma/course-directory-student-template>. — Найдите кнопку (ссылку) «Использовать как шаблон» https://gitverse.ru/new?template_id=195300. — После нажатия откроется форма для создания нового репозитория. — Укажите название для вашего нового проекта: 2026-1-study-simulation-modeling — Укажите описание для вашего проекта. — Выберите уровень доступа (публичный). — Нажмите кнопку для подтверждения создания. (рис. 3.8)

```
serazanacua@fedora:~$ mkdir -p ~/work/study/2025-2026/simulation-modeling
serazanacua@fedora:~$ cd ~/work/study/2025-2026/simulation-modeling
serazanacua@fedora:~/work/study/2025-2026/simulation-modeling$ gh repo create study_2025-2026_simulation-modeling --template=yamadharma/course-directory-student-template --public
Created repository Sarahestelle/study_2025-2026_simulation-modeling on github.com
https://github.com/Sarahestelle/study_2025-2026_simulation-modeling
```

Рис. 3.8: fig

3.5 Настройка каталога курса

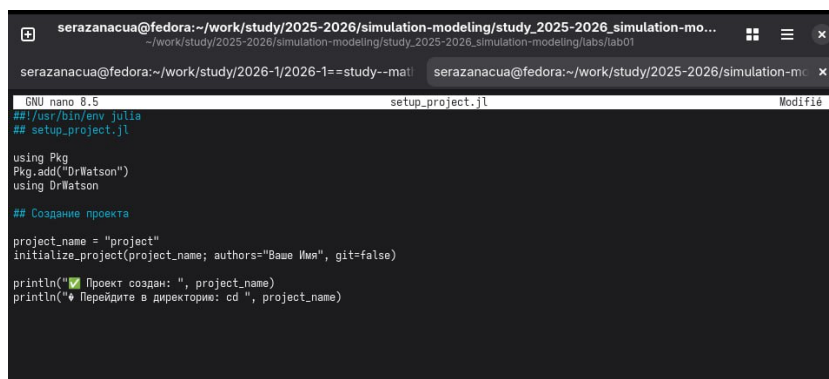
- Перейдите в каталог курса, Инициализируйте курс, Отправьте файлы на сервер. (рис. 3.9)

fig

Рис. 3.9: fig

3.6 Создание проекта DrWatson для лабораторных

(рис. 3.10)



```
serazanacua@fedora:~/work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-mo...
~/work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01
serazanacua@fedora:~/work/study/2026-1/2026-1==study--matl serazanacua@fedora:~/work/study/2025-2026/simulation-mo...
GNU nano 8.5 setup_project.jl
## /usr/bin/env julia
## setup_project.jl

using Pkg
Pkg.add("DrWatson")
using DrWatson

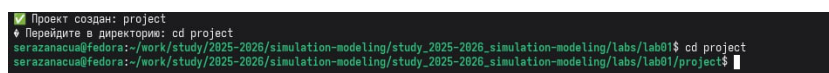
## Создание проекта

project_name = "project"
initialize_project(project_name; authors="Баба Иван", git=false)

println("✅ Проект создан: ", project_name)
println("⚡ Перейдите в директорию: cd ", project_name)
```

Рис. 3.10: fig

- Запуститим (рис. 3.11)



```
✅ Проект создан: project
⚡ Перейдите в директорию: cd project
serazanacua@fedora:~/work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01$ cd project
serazanacua@fedora:~/work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01/project$
```

Рис. 3.11: fig

3.7 Добавление необходимых пакетов

- Установка скриптом (рис. 3.12)

```
serazanacua@fedora:~/work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-mo...
~/work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01/project

serazanacua@fedora:~/work/study/2026-1/2026-1==study--matl serazanacua@fedora:~/work/study/2025-2026/simulation-mo... x

GNU nano 8.5 add_packages.jl                                     Modifie
##!/usr/bin/env julia
## add_packages.jl

using Pkg
Pkg.activate(".") # Активируем текущий проект

## ОСНОВНЫЕ ПАКЕТЫ ДЛЯ РАБОТЫ
packages = [
    "DrWatson", # Организация проекта
    "DifferentialEquations", # Решение ОДУ
    "Plots", # Визуализация
    "DataFrames", # Таблицы данных
    "CSV", # Работа с CSV
    "JLD2", # Сохранение данных
    "Literate", # Literate programming
    "IJulia", # Jupyter notebook
    "BenchmarkTools", # Бенчмаркинг
    "Quarto" # Создание отчетов
]

println("Установка базовых пакетов...")
Pkg.add(packages)

println("\n✅ Все пакеты установлены!")
println("Для проверки: using DrWatson, DifferentialEquations, Plots")
```

Рис. 3.12: fig

- Создание файла add_packages.jl в корне проекта и запустим её. (рис. 3.13)

```
serazanacua@fedora:~/work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01/project
serazanacua@fedora:~/work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01/project$ julia --project, scripts/test_setup.jl
# Проект активирован: /home/serazanacua/work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01/project

Проверка пакетов:
└─ DrWatson
└─ DifferentialEquations
└─ Plots
└─ DataFrames
└─ CSV
└─ JLD2
└─ Literate
└─ IJulia
└─ BenchmarkTools
└─ Quarto

Структура проекта:
Корень: /home/serazanacua/work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01/project
Данные: /home/serazanacua/work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01/project/data
Скрипты: /home/serazanacua/work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01/project/scripts
serazanacua@fedora:~/work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01/project$
```

Рис. 3.13: fig

- Проверка установки (рис. 3.14)

```
serazanacua@fedora:~/work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01/project -- nano scripts/test_setup.jl
GNU nano 8.5 scripts/test_setup.jl                               Modifie
##!/usr/bin/env julia
## test_setup.jl

using DrWatson
@quickactivate "project"

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

## Проверка пакетов
packages = [
    "DrWatson", # Организация проекта
    "DifferentialEquations", # Решение ОДУ
    "Plots", # Визуализация
    "DataFrames", # Таблицы данных
    "CSV", # Работа с CSV
    "JLD2", # Сохранение данных
    "Literate", # Literate programming
    "IJulia", # Jupyter notebook
    "BenchmarkTools", # Бенчмаркинг
    "Quarto" # Создание отчетов
]

println("Проверка пакетов:")
for pkg in packages
    try
        eval(Meta.parse("using $pkg"))
        println(" - $pkg")
    catch e
        println(" x $pkg: Ошибка загрузки")
    end
end

## Проверка путей
println("Структура проекта:")
println(" Корень: ", projectdir())
println(" Данные: ", datadir())
println(" Скрипты: ", scriptdir())
```

Рис. 3.14: fig

- Создание тестового скрипта `scripts/test_setup.jl` и запустим его. (рис. 3.15)

```
julia> include("scripts/test_setup.jl")
[✓] Проект активирован: /home/serazanacua/work/study/2026-1/2026-1==study--mathmod/mathmod/labs/lab01

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

Структура проекта:
Корень: /home/serazanacua/work/study/2026-1/2026-1==study--mathmod/mathmod/labs/lab01
Данные: /home/serazanacua/work/study/2026-1/2026-1==study--mathmod/mathmod/labs/lab01/data
Скрипты: /home/serazanacua/work/study/2026-1/2026-1==study--mathmod/mathmod/labs/lab01/src
Графики: /home/serazanacua/work/study/2026-1/2026-1==study--mathmod/mathmod/labs/lab01/plots
```

Рис. 3.15: fig

3.8 Модель экспоненциального роста

- Реализация модели скрипта (рис. 3.16)

```
GNU nano 8.5 scripts/01_exponential_growth.jl
using DrWatson
@quickactivate "project"

using DifferentialEquations
using Plots
using DataFrames

function exponential_growth!(du, u, p, t)
    α = p
    du[1] = α * u[1]
end

u0 = [1.0] # начальная популяция
α = 0.3 # скорость роста
tspan = (0.0, 10.0) # временной интервал

prob = ODEProblem(exponential_growth!, u0, tspan, α)
sol = solve(prob, Tsit5(), saveat=0.1)

plot(sol, label="u(t)", xlabel="Время t", ylabel="Популяция u",
      title="Экспоненциальный рост (α = $α)", lw=2, legend=:topleft)
savefig(plotsdir("exponential_growth_α=$α.png"))

df = DataFrame(t=sol.t, u=first.(sol.u))
println("Первые 5 строк результатов:")
println(first(df, 5))

u_final = last(sol.u)[1]
doubling_time = log(2) / α
println("\nАналитическое время удвоения: ", round(doubling_time; digits=2))
```

Рис. 3.16: fig

- Создание следующий скрипт (scripts/01_exponential_growth.jl) и запустим его. (рис. 3.17)

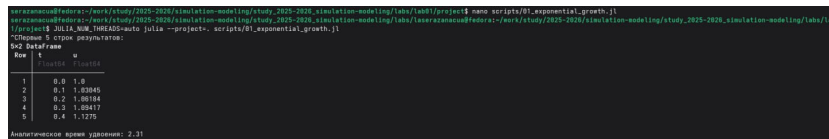


Рис. 3.17: fig

- Результ графики в каталоге plots/. (рис. 3.18)

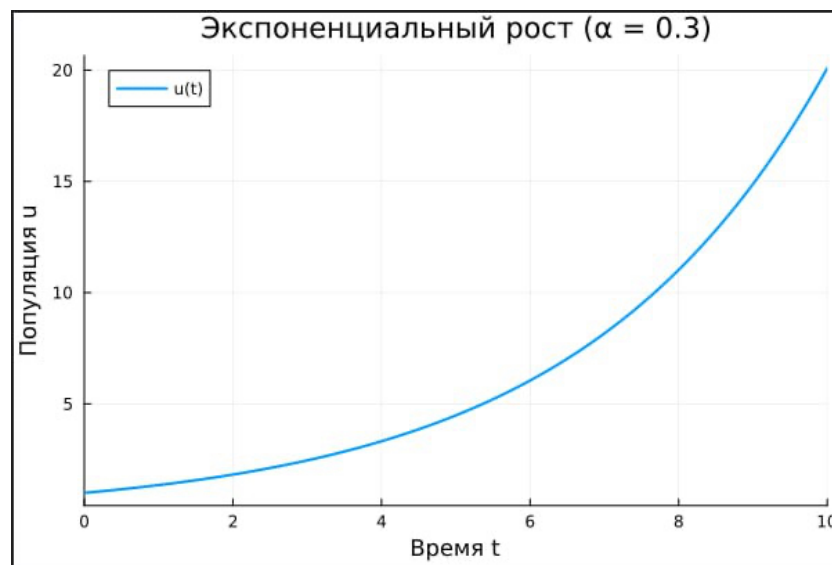


Рис. 3.18: fig

3.9 Литературная реализация модели

- Программный код (рис. 3.19)

```

serazanacua@fedora: /work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01/project -- nano scripts/01_exponential_growth.jl
@() nano 8.1
scripts/01_exponential_growth.jl
using DifferentialEquations
using Plots
using DataFrames
using JLD2

script_name = splitext(basename(PROGRAM_FILE))[1]
@show(plotdir(script_name))
@show(plotdir(script_name))

function exponential_growth!(du, u, p, t)
    %du[1] = %u * %p[1]
end

u0 = [1.0] # начальное количество
p = 0.3 # скорость роста
tspan = (0.0, 10.0) # временной интервал

prob = ODEProblem{exponential_growth, u0, tspan, p}
sol = solve(prob, Tsit5(), saveat=0.1)

plot(sol, label="u(t)", xlabel="Время t", ylabel="Популяция u",
      title="Экспоненциальный рост (α = 0.3)", lw=2, legend=:topleft)
savefig(plotdir(script_name, "exponential_growth_u=8a.png"))

df = DataFrame{sol.t, ufirst(sol.u)}
println("Время 5 точек: ", first(df), last(df))
println("Время 5 точек: ", first(df), last(df))

u_final = last(sol.u)[1]
doubling_time = log(2) / p
println("Время удвоения: ", round(doubling_time, digits=2))

save_datafile(script_name, "all_results.jld2") df

```

Рис. 3.19: fig

- Изменение файла scripts/01_exponential_growth.jl и запустим его. (рис. 3.21)

```

serazanacua@fedora: /work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01/project -- nano scripts/01_exponential_growth.jl
2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01/project$ nano scripts/01_exponential_growth.jl
serazanacua@fedora: /work/study/2025-2026/simulation-modeling/study_2025-2026_simulation-modeling/labs/lab01/project$ JULIA_NUM_THREADS=auto julia --project=. scripts/01_exponential_growth.jl
Время 5 точек: 0.0 1.0
5x2 DataFrame
 Row    t      u
  --  --  --
  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

```

Рис. 3.20: fig

Результ полученных данных и графики. (рис. 3.20)

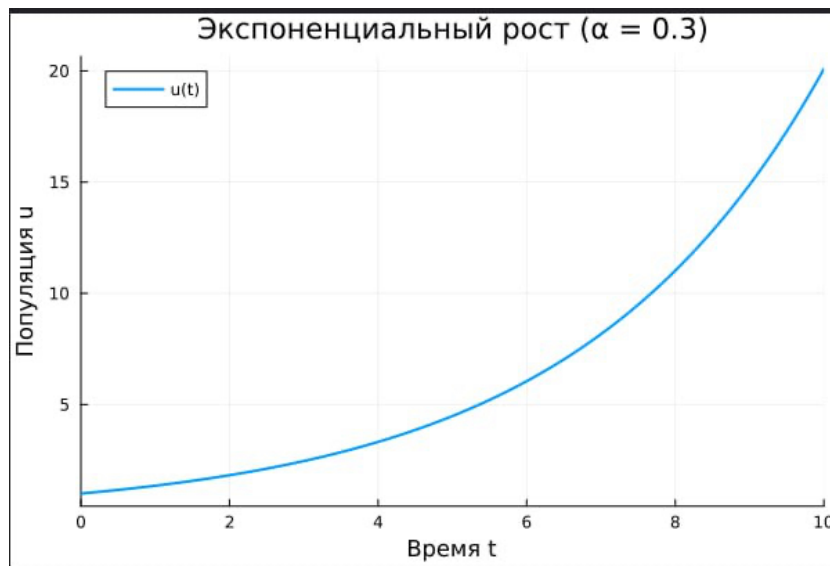


Рис. 3.21: fig

3.10 Литературная реализация модели

- Создание производных форматов (рис. 3.22)

[illegible]

Рис. 3.22: fig

- Создадим скрипт для генерации производных форматов (scripts/tangle.jl) и запустим его. Создайте производные форматы (рис. 3.23)

[illegible]

Рис. 3.23: fig

4 Выводы

- В этой лаборатории мы успели подготовить стенду.

Список литературы