

Отчёт по лабораторной работе №2

Математическое моделирование

Задача о погоне. Вариант №21

Выполнила: Петрова Мария Евгеньевна,
НФИбд-02-21, 1032216450

Содержание

1	Ц е л ь р а б о т ы	1
2	Теоретическое введение	1
3	Задание	2
4	Задачи:	3
5	Выполнение лабораторной работы	4
5.1	Математическая модель	4
5.2	Решение с помощью программ	5
5.2.1	OpenModelica	5
5.2.2	Julia	5
5.2.3	Результаты работы кода на Julia	8
6	Анализ полученных результатов	9
7	Вывод	9
8	Список литературы. Библиография	9

1 Цель работы

Изучить основы языков программирования Julia и OpenModelica. Освоить библиотеки этих языков, которые используются для построения графиков и решения дифференциальных уравнений. Решить задачу о погоне.

2 Теоретическое введение

Справка о языках программирования:

Julia — высокоуровневый высокопроизводительный свободный язык программирования с динамической типизацией, созданный для математических вычислений. Эффективен также и для написания программ общего назначения. Синтаксис языка схож с синтаксисом других математических языков (например, MATLAB и Octave), однако имеет некоторые существенные отличия. Julia написан на Си,

C++ и Scheme. Имеет встроенную поддержку многопоточности и распределённых вычислений, реализованные в том числе в стандартных конструкциях.

OpenModelica — свободное открытое программное обеспечение для моделирования, симуляции, оптимизации и анализа сложных динамических систем. Основано на языке Modelica. Активно развивается Open Source Modelica Consortium, некоммерческой неправительственной организацией. Open Source Modelica Consortium является совместным проектом RISE SICS East AB и Линчёпингского университета. По своим возможностям приближается к таким вычислительным средам как Matlab Simulink, Scilab xCos, имея при этом значительно более удобное представление системы уравнений исследуемого блока.

Математическая справка:

Дифференциальное уравнение — уравнение, которое помимо функции содержит её производные. Порядок входящих в уравнение производных может быть различен (формально он ничем не ограничен). Производные, функции, независимые переменные и параметры могут входить в уравнение в различных комбинациях или отсутствовать вовсе, кроме хотя бы одной производной. Не любое уравнение, содержащее производные неизвестной функции, является дифференциальным.

В отличие от алгебраических уравнений, в результате решения которых ищется число (несколько чисел), при решении дифференциальных уравнений ищется функция (семейство функций).

Дифференциальное уравнение порядка выше первого можно преобразовать в систему уравнений первого порядка, в которой число уравнений равно порядку исходного дифференциального уравнения.

Физические термины:


- Тангенциальная скорость - составляющая вектора скорости, перпендикулярная линии, соединяющей источник и наблюдателя. Измеряется собственному движению - угловому перемещению источника.
- Радиальная скорость — проекция скорости точки на прямую, соединяющую её с выбранным началом координат.
- Полярная система координат — двумерная система координат, в которой каждая точка на плоскости определяется двумя числами — полярным углом и полярным радиусом.

3 Задание

Задания лабораторной работы разделены по вариантам. Мой вариант 30

(исходя из формулы $N_{student} \bmod K_{ofvariants} + 1$).

Этот же вариант будет использоваться для всех последующих лабораторных работ.

A screenshot of a Python interpreter window. The title bar shows 'main.py'. The code editor contains a single line: `1 print(((1032216450 % 70)+1))`. Below the code editor, the output area shows the result '21'.

```
main.py
1 print(((1032216450 % 70)+1))
21
```

(рис. 1. Формула вычисления варианта и её вывод)

Задача о погоне. Вариант 21:

Вариант 21

На море в тумане катер береговой охраны преследует лодку браконьеров. Через определенный промежуток времени туман рассеивается, и лодка обнаруживается на расстоянии 9,4 км от катера. Затем лодка снова скрывается в тумане и уходит прямолинейно в неизвестном направлении. Известно, что скорость катера в 3,7 раза больше скорости браконьерской лодки.

1. Запишите уравнение, описывающее движение катера, с начальными условиями для двух случаев (в зависимости от расположения катера относительно лодки в начальный момент времени).
2. Постройте траекторию движения катера и лодки для двух случаев.
3. Найдите точку пересечения траектории катера и лодки

На море в тумане катер береговой охраны преследует лодку браконьеров. Через определенный промежуток времени туман рассеивается, и лодка обнаруживается на расстоянии 12,2 км от катера. Затем лодка снова скрывается в тумане и уходит прямолинейно в неизвестном направлении. Известно, что скорость катера в 4,1 раза больше скорости браконьерской лодки.

4 Задачи:

1. Записать уравнение, описывающее движение катера, с начальными условиями для двух случаев (в зависимости от расположения катера относительно лодки в начальный момент времени).
2. Построить траекторию движения катера и лодки для двух случаев.
3. Найти точку пересечения траектории катера и лодки

5 Выполнение лабораторной работы

5.1 Математическая модель

1. Примем за момент отсчета времени момент первого рассеивания тумана. Введем полярные координаты с центром в точке нахождения браконьеров и осью, проходящей через катер береговой охраны. Тогда начальные координаты катера $(9,4; 0)$. Обозначим скорость лодки v .
2. Траектория катера должна быть такой, чтобы и катер, и лодка все время были на одном расстоянии от полюса. Только в этом случае траектория катера пересечется с траекторией лодки. Поэтому для начала катер береговой охраны должен двигаться некоторое время прямолинейно, пока не окажется на том же расстоянии от полюса, что и лодка браконьеров. После этого катер береговой охраны должен двигаться вокруг полюса удаляясь от него с той же скоростью, что и лодка браконьеров.
3. Чтобы найти расстояние x (расстояние после которого катер начнет двигаться вокруг полюса), необходимо составить следующие уравнение. Пусть через время t катер и лодка окажутся на одном расстоянии x от полюса. За это время лодка пройдет x , а катер $9,4 + x$ (или $9,4 - x$, в зависимости от начального положения катера относительно полюса). Время, за которое они пройдут это расстояние, вычисляется как x/v или $(9,4 - x)/(3,7v)$ ($(9,4 + x)/(3,7v)$). Так как время должно быть одинаковым, эти величины тоже будут друг другу равны. Из этого получаем объединение из двух уравнений (двух из-за двух разных изначальных позиций катера относительно полюса):

$$\left[\begin{array}{l} \frac{x}{v} = \frac{9,4 - x}{3,7v} \\ \frac{x}{v} = \frac{9,4 + x}{3,7v} \end{array} \right. \text{right.}$$

Из данных уравнений можно найти расстояние, после которого катер начнёт раскручиваться по спирали. Для данных уравнений решения будут следующими: $x_1 = \frac{122}{51}$, $x_2 = \frac{122}{31}$. Задачу будем решать для двух случаев. После того, как катер береговой охраны окажется на одном расстоянии от полюса, что и лодка, он должен сменить прямолинейную траекторию и начать двигаться вокруг полюса удаляясь от него со скоростью лодки v . Для этого скорость катера раскладываем на две составляющие: $v_r = \frac{dr}{dt} = v$ - радиальная скорость и $v_\tau = r \frac{d\theta}{dt}$ - тангенциальная скорость.

$$v_\tau = \frac{\sqrt{1581}v}{10}$$

4. Решение исходной задачи сводится к решению системы из двух дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dr}{dt} = v \\ \frac{\sqrt{1581}v}{10} = r \frac{d\theta}{dt} \end{array} \right. \text{right.}$$

с начальными условиями

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_0 = 0 \\ r_0 = x_1 = \frac{122}{51} \end{array} \right. \text{right.}$$

или

$$\left\{ \begin{array}{cl} \theta_0 = -\pi \\ r_0 = x_2 = \frac{122}{31} \end{array} \right\}$$

Исключая из полученной системы производную по t , можно перейти к следующему уравнению (с неизменными начальными условиями):

$$\frac{dr}{d\theta} = \frac{10r}{\sqrt{1581}}$$

Решением этого уравнения с заданными начальными условиями и будет являться траектория движения катера в полярных координатах. [3]

5.2 Решение с помощью программ

5.2.1 OpenModelica

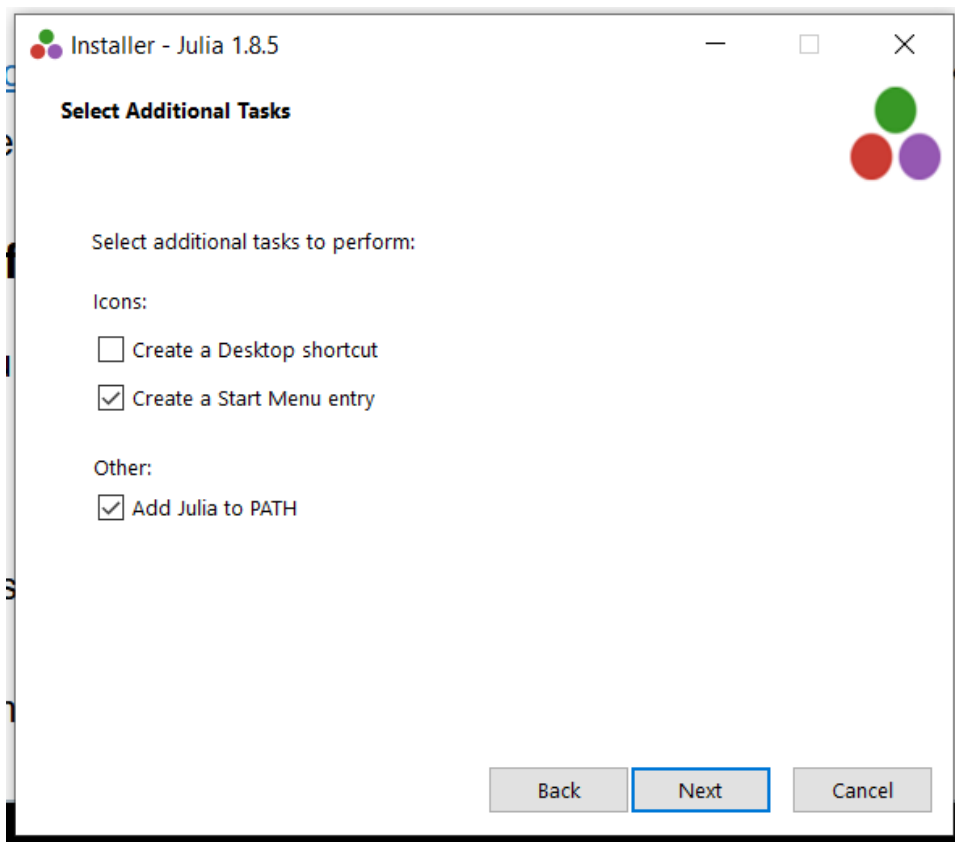
К сожалению, OpenModelica не адаптирована к использованию полярных координат, поэтому адекватное отображение результатов данной задачи там невозможно. [2]

5.2.2 Julia

5.2.2.1 Программный код решения на Julia

Решить дифференциальное уравнение, расписанное в постановке задачи лабораторной работы, поможет библиотека DifferentialEquations. Итоговые изображения в полярных координатах будут строиться через библиотеку Plots. [1]

Установим Julia:



“Установщик Julia.exe”

Установим нужные библиотеки, проверим их установку:

```
Julia 1.10.0-DEV

Documentation: https://docs.julialang.org
Type "?" for help, "]?" for Pkg help.

Version 1.10.0-DEV.656 (2023-02-24)
Commit f0eadd076f (0 days old master)

julia> using Plots
julia> using DifferentialEquations
julia>
```

“Проверка установки библиотек”

Код программы:

```
using Plots
using DifferentialEquations
```

```

# расстояние от лодки до катера
const a = 12.2
const n = 4.1

# расстояние начала спирали
const r0 = a/(n + 1)
const r0_2 = a/(n - 1)
# интервал
const T = (0, 2*pi)
const T_2 = (-pi, pi)

function F(u, p, t)
    return u / sqrt(n*n - 1)
end

# задача ОДУ
problem = ODEProblem(F, r0, T)

#решение
result = solve(problem, abstol=1e-8, reltol=1e-8)
@show result.u
@show result.t

dxR = rand(1:size(result.t)[1])
rAngles = [result.t[dxR] for i in 1:size(result.t)[1]]

#холст1
plt = plot(proj=:polar, aspect_ratio=:equal, dpi = 1000, legend=true, bg=:white)

#параметры для холста
plot!(plt, xlabel="theta", ylabel="r(t)", title="Задача о погоне - случай 1", legend=:outerbottom)
plot!(plt, [rAngles[1], rAngles[2]], [0.0, result.u[size(result.u)[1]]], label="Путь лодки", color=:blue, lw=1)
scatter!(plt, rAngles, result.u, label="", mc=:blue, ms=0.0005)
plot!(plt, result.t, result.u, xlabel="theta", ylabel="r(t)", label="Путь катера", color=:green, lw=1)
scatter!(plt, result.t, result.u, label="", mc=:green, ms=0.0005)

savefig(plt, "lab02_01.png")

problem = ODEProblem(F, r0_2, T_2)
result = solve(problem, abstol=1e-8, reltol=1e-8)
dxR = rand(1:size(result.t)[1])
rAngles = [result.t[dxR] for i in 1:size(result.t)[1]]

#холст2
plt1 = plot(proj=:polar, aspect_ratio=:equal, dpi = 1000, legend=true, bg=:white)
)

#параметры для холста

```

```

plot!(plt1, xlabel="theta", ylabel="r(t)", title="Задача о погоне - случай 2", legend=:outerbottom)
plot!(plt1, [rAngles[1], rAngles[2]], [0.0, result.u[size(result.u)[1]]], label="Путь лодки", color=:blue, lw=1)
scatter!(plt1, rAngles, result.u, label="", mc=:blue, ms=0.0005)
plot!(plt1, result.t, result.u, xlabel="theta", ylabel="r(t)", label="Путь катера", color=:green, lw=1)
scatter!(plt1, result.t, result.u, label="", mc=:green, ms=0.0005)

savefig(plt1, "lab02_02.png")

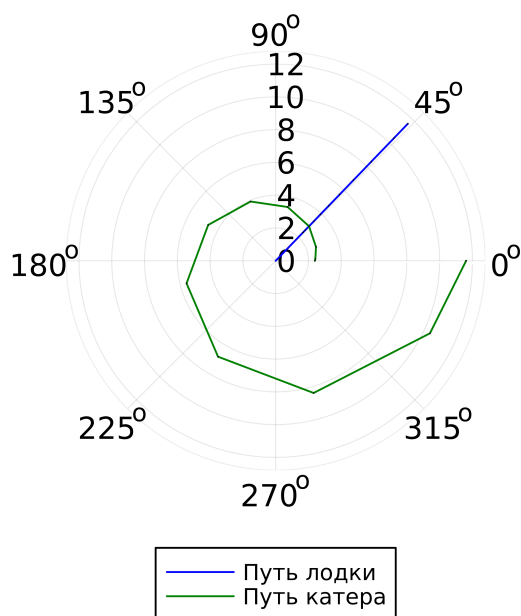
```

Скомпилируем файл командной в PShell:

5.2.3 Результаты работы кода на Julia

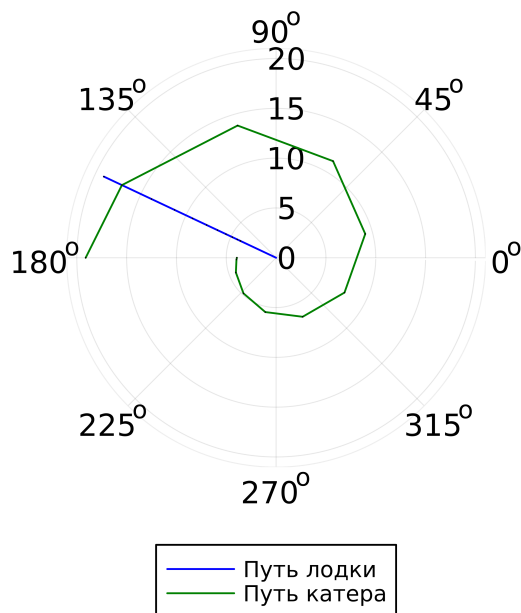
На рис. ?? и ?? изображены итоговые графики траектории движения катера и лодки для случая обоих случаев.

Задача о погоне - случай 1



“Полученный график. Первый случай”

Задача о погоне - случай 2



“Полученный график. Второй случай”

6 Анализ полученных результатов

Многую были построены графики для обоих случаев. На них получилось отрисовать траекторию катера, траекторию лодки и получилось наглядно найти их точки пересечения. Мы успешно решили задачу о погоне.

7 Вывод

Были изучены основы языков программирования Julia и OpenModelica. Освоены библиотеки этих языков, которые используются для построения графиков и решения дифференциальных уравнений. Поскольку OpenModelica не работает с полярными координатами, она пока что не была использована в данной лабораторной работе.

8 Список литературы. Библиография

- [1] Документация по Julia: <https://docs.julialang.org/en/v1/>
- [2] Документация по OpenModelica: <https://openmodelica.org/>
- [3] Решение дифференциальных уравнений: <https://www.wolframalpha.com/>