

Цель работы

Построить графики к задаче, используя языки Julia и OpenModelica.

Задание

1. Построить графики изменения оборотных средств фирмы 1 и фирмы 2 без учета постоянных издержек и с введенной нормировкой для случая 1:
$$\begin{cases} \frac{dM_1}{d\theta} = M_1 - \frac{b}{c_1} M_1 M_2 - \frac{a_1}{c_1} M_1^2 \\ \frac{dM_2}{d\theta} = \frac{c_2}{c_1} M_1 - \frac{b}{c_1} M_1 M_2 - \frac{a_2}{c_1} M_2^2 \end{cases}$$
2. Построить графики изменения оборотных средств фирмы 1 и фирмы 2 без учета постоянных издержек и с введенной нормировкой для случая 2:
$$\begin{cases} \frac{dM_1}{d\theta} = M_1 - (\frac{b}{c_1} + 0.00017) M_1 M_2 - \frac{a_1}{c_1} M_1^2 \\ \frac{dM_2}{d\theta} = \frac{c_2}{c_1} M_1 - \frac{b}{c_1} M_1 M_2 - \frac{a_2}{c_1} M_2^2 \end{cases}$$

При этом объем аудитории начальные условия $M_0^1 = 7.7$, $M_0^2 = 8.8$, $p_{cr} = 39$, $N = 91$, $q = 1$, $\tau_1 = 31$, $\tau_2 = 28$, $\tilde{p}_1 = 11.2$, $\tilde{p}_2 = 15.5$, где

N – число потребителей производимого продукта

τ – длительность производственного цикла

p – рыночная цена товара

\tilde{p} – себестоимость продукта, то есть переменные издержки на производство единицы продукции

q – максимальная потребность одного человека в продукте в единицу

времени $\theta = t/c_1$ – безразмерное время

Теоретическое введение

Дуополия — это экономическая ситуация, когда на рынке конкурентную борьбу ведут только две компании, не связанные между собой никакими соглашениями[1].

Случай 1. Рассмотрим две фирмы, производящие взаимозаменяемые товары одинакового качества и находящиеся в одной рыночной нише. Считаем, что в рамках нашей модели конкурентная борьба ведётся только рыночными методами. То есть, конкуренты могут влиять на противника путем изменения параметров своего производства: себестоимость, время цикла, но не могут прямо вмешиваться в ситуацию на рынке («назначать» цену или влиять на потребителей каким-либо иным способом.) Будем считать, что постоянные издержки пренебрежимо малы, и в модели учитывать не будем. В этом случае динамика изменения объемов продаж фирмы 1 и фирмы 2 описывается следующей системой уравнений:
$$\begin{cases} \frac{dM_1}{d\theta} = M_1 - \frac{b}{c_1} M_1 M_2 - \frac{a_1}{c_1} M_1^2 \\ \frac{dM_2}{d\theta} = \frac{c_2}{c_1} M_1 - \frac{b}{c_1} M_1 M_2 - \frac{a_2}{c_1} M_2^2 \end{cases}$$

Случай 2. Рассмотрим модель, когда, помимо экономического фактора влияния (изменение себестоимости, производственного цикла, использование кредита и т.п.), используются еще и социально-психологические факторы – формирование общественного предпочтения одного товара другому, не зависимо от их качества и цены. В этом случае взаимодействие двух фирм будет зависеть друг от друга, соответственно коэффициент перед M_1 и M_2 будет отличаться. Пусть в рамках рассматриваемой модели динамика изменения объемов продаж фирмы 1 и фирмы 2 описывается следующей системой уравнений:
$$\begin{cases} \frac{dM_1}{d\theta} = M_1 - (\frac{b}{c_1} + 0.00017) M_1 M_2 - \frac{a_1}{c_1} M_1^2 \\ \frac{dM_2}{d\theta} = \frac{c_2}{c_1} M_1 - \frac{b}{c_1} M_1 M_2 - \frac{a_2}{c_1} M_2^2 \end{cases}$$

Выполнение лабораторной работы

Создание проекта (код на Julia) *случай 1*

```
using Plots
using DifferentialEquations

p_cr = 39
N=91
q = 1
t1 = 31
t2 = 28
p1 = 11.2
p2 = 15.5

a1 = p_cr/(t1*t1*p1*p1*N*q)
a2 = p_cr/(t2*t2*p2*p2*N*q)
b = p_cr/(t1*t1*p1*p1*t2*t2*p2*p2*N*q)
c1 = (p_cr-p1)/(t1*p1)
c2 = (p_cr-p2)/(t2*p2)

tspan = (0.0, 40)
u = [7.7, 8.8]
p = [c1, c2, b, a1, a2]

function f1(du, u, p, t)
```

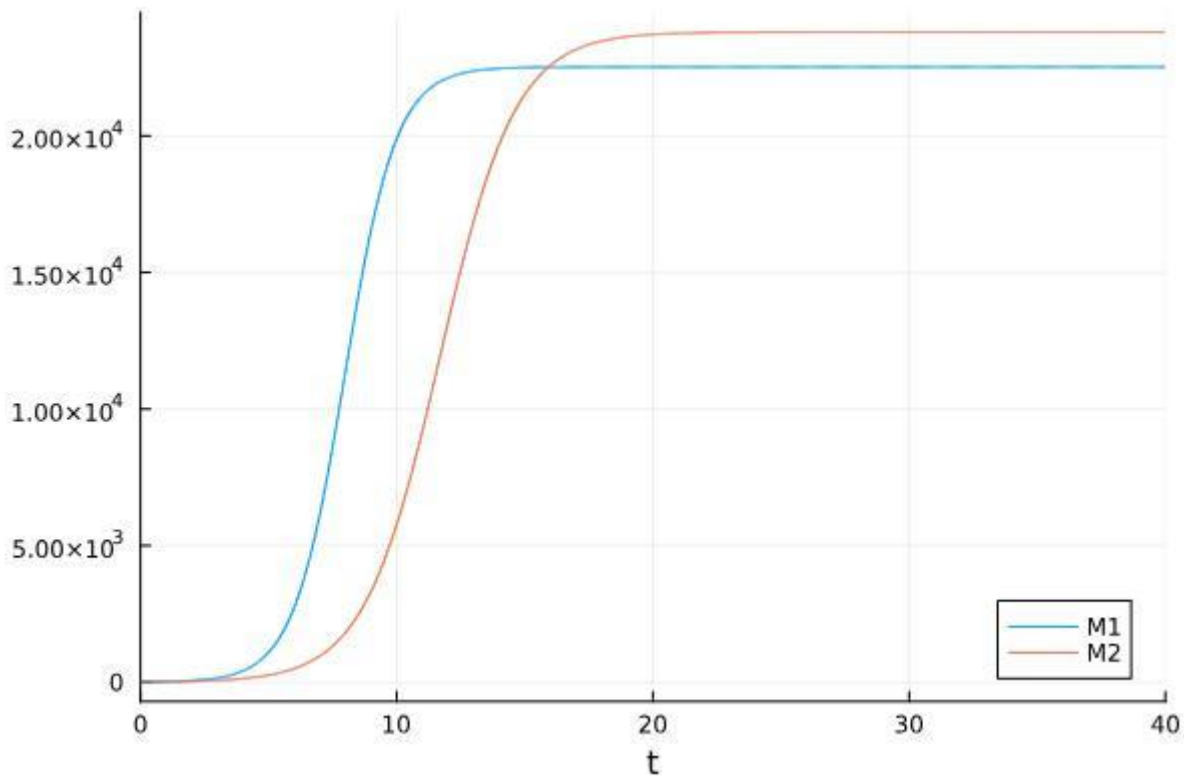
```

M1, M2 = u
c1, c2, b, a1, a2 = p
du[1] = (c1/c1)*M1 - (b/c1)*M1*M2 - (a1/c1)*M1*M1
du[2] = (c2/c1)*M2 - (b/c1)*M1*M2 - (a2/c1)*M2*M2
end

prob1 = ODEProblem(f1, u, tspan, p)
sol1 = solve(prob1, Tsit5())
plot(sol1, label = ["M1" "M2"])

```

Полученный график *случай 1* (рис. @fig:001).



{#fig:001

width=70%}

Создание проекта (код на OpenModelica) *случай 1*

```

model lab_08

Real M1(start = 7.7);
Real M2(start = 8.8);

parameter Real p_cr = 39;
parameter Real N = 91;
parameter Real q = 1;
parameter Real t1 = 31;
parameter Real t2 = 28;
parameter Real p1 = 11.2;
parameter Real p2 = 15.5;

parameter Real a1 = p_cr/(t1*t1*p1*p1*N*q);
parameter Real a2 = p_cr/(t2*t2*p2*p2*N*q);

```

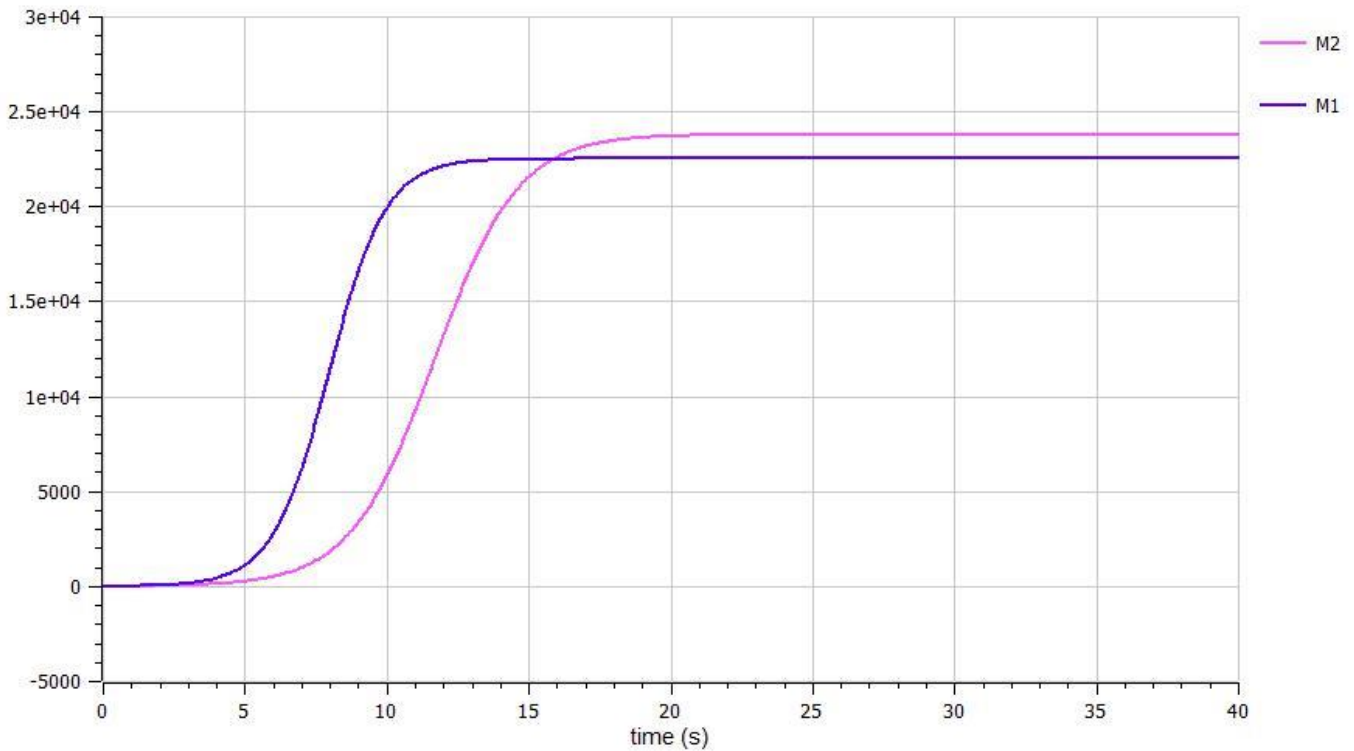
```

parameter Real b = p_cr/(t1*t1*p1*p1*t2*t2*p2*p2*N*q);
parameter Real c1 = (p_cr-p1)/(t1*p1); parameter Real
c2 = (p_cr-p2)/(t2*p2);

equation
der(M1) = (c1/c1)*M1 - (b/c1)*M1*M2 -
(a1/c1)*M1*M1; der(M2) = (c2/c1)*M2 - (b/c1)*M1*M2
- (a2/c1)*M2*M2; end lab_08;

```

Полученный график *случай 1*(рис. @fig:001).



{#fig:002 width=70%}

Создание проекта (код на Julia) *случай 2*

```

using Plots
using DifferentialEquations

p_cr = 39
N=91
q = 1
t1 = 31
t2 = 28
p1 = 11.2
p2 = 15.5

a1 = p_cr/(t1*t1*p1*p1*N*q)
a2 = p_cr/(t2*t2*p2*p2*N*q)
b = p_cr/(t1*t1*p1*p1*t2*t2*p2*p2*N*q)
c1 = (p_cr-p1)/(t1*p1)
c2 = (p_cr-p2)/(t2*p2)

```

```

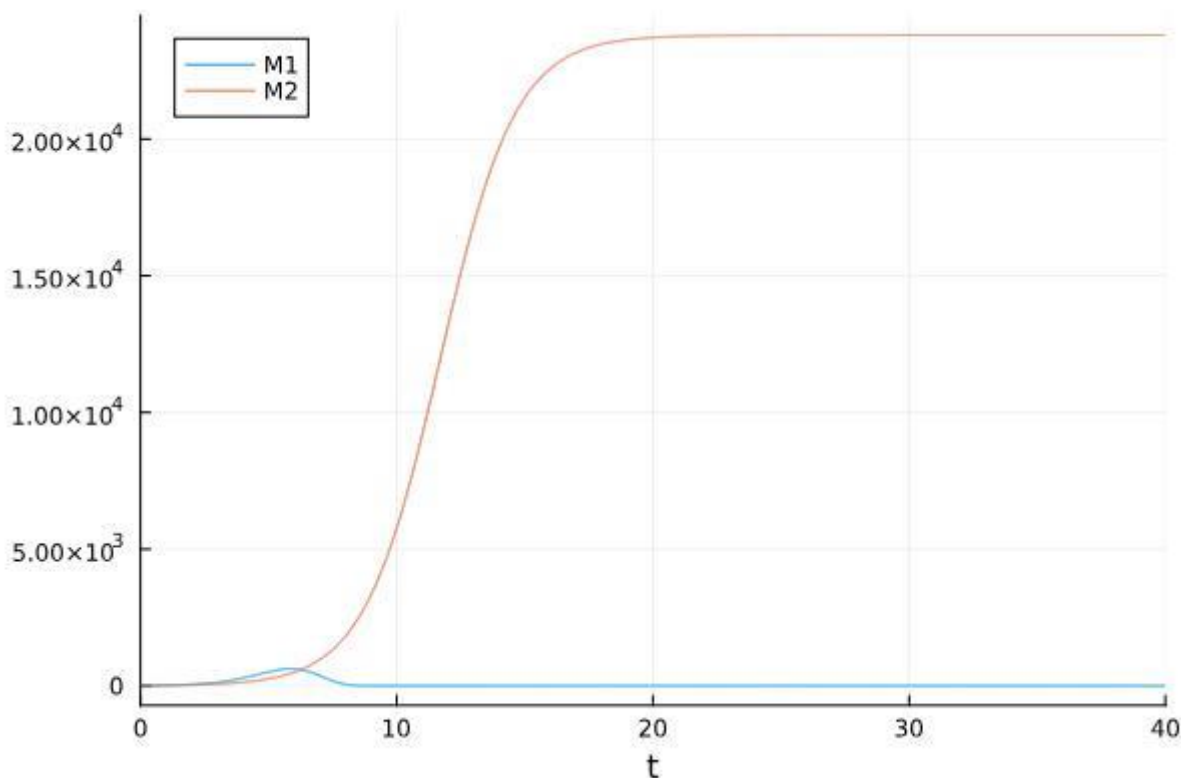
tspan = (0.0, 40)
u = [7.7, 8.8]
p = [c1, c2, b, a1, a2]

function f2(du, u, p, t)
    M1, M2 = u
    c1, c2, b, a1, a2 = p
    du[1] = (c1/c1)*M1 - ((b+0.00017)/c1)*M1*M2 - (a1/c1)*M1*M1
    du[2] = (c2/c1)*M2 - (b/c1)*M1*M2 - (a2/c1)*M2*M2
end

prob1 = ODEProblem(f2, u, tspan, p)
sol1 = solve(prob1, Tsit5())
plot(sol1, label = ["M1" "M2"])

```

Полученный график *случай 2* (рис. @fig:003).



{#fig:003 width=70%}

Создание проекта (код на OpenModelica) *случай 2*

```

model lab_08

Real M1(start = 7.7);
Real M2(start = 8.8);

parameter Real p_cr = 39;
parameter Real N = 91;
parameter Real q = 1;
parameter Real t1 = 31;

```



```

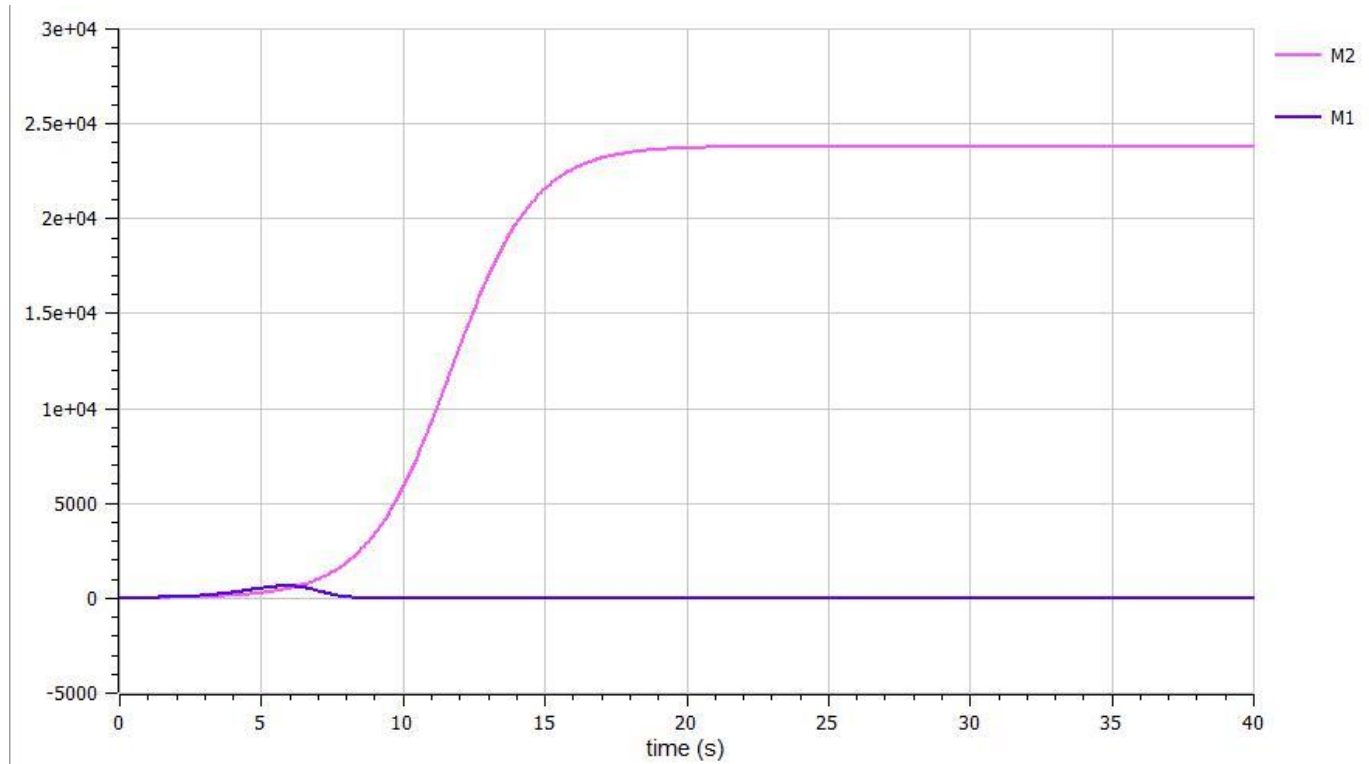
parameter Real t2 = 28;
parameter Real p1 = 11.2;
parameter Real p2 = 15.5;

parameter Real a1 = p_cr/(t1*t1*p1*p1*N*q);
parameter Real a2 = p_cr/(t2*t2*p2*p2*N*q);
parameter Real b = p_cr/(t1*t1*p1*p1*t2*t2*p2*p2*N*q);
parameter Real c1 = (p_cr-p1)/(t1*p1);
parameter Real c2 = (p_cr-p2)/(t2*p2);

equation
der(M1) = (c1/c1)*M1 - ((b+0.00017)/c1)*M1*M2 - (a1/c1)*M1*M1;
der(M2) = (c2/c1)*M2 - (b/c1)*M1*M2 - (a2/c1)*M2*M2; end
lab_08;

```

Полученный график при *случай 2*(рис. @fig:004).



{#fig:004 width=70%}

Анализ результатов

Были построены четыре графика на Julia и OpenModelica, на которых видно, что графики абсолютно одинаковые в первом и втором случаях.

Вывод

В процессе выполнения данной лабораторной работы я построила графики, используя Julia и OpenModelica, а также приобрела практические навыки работы с Julia и OpenModelica.

Список литературы

[1] Дуополия:
<https://sendpulse.com/ru/support/glossary/duopoly#:~:text=%D0%94%D1%83%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%8F%20%E2%80%94%D1%8D%D1%82%D0%BE%20%D1%8D%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D1%81%D0%B8%D1%82%D1%83%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%2C%20%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%B4%D0%B0,%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BC%D0%B5%D0%B6%D0%B4%D1%83%20%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B9%20%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%BA%D0%B8%D0%BC%D0%B8%20%D1%81%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%D0%BC%D0%B8>.