

Лабораторная работа №3. Модель боевых действий

Вариант 28

Смородова Дарья Владимировна

2022 Feb 26th

Содержание

1	Цель работы	5
2	Задание	6
3	Теоретическое введение	7
4	Выполнение лабораторной работы	13
5	Выводы	15
6	Список литературы	16

List of Tables

List of Figures

3.1	Жесткая модель войны	10
3.2	Фазовые траектории системы	11
4.1	Код программы	13
4.2	График для случая 1	14
4.3	График для случая 2	14

1 Цель работы

Целью данной лабораторной работы является научиться решать задачу с помощью математического моделирования и программного обеспечения OpenModelica о ведении боевых действий для двух случаев: когда боевые действия ведутся между регулярными войсками, и когда также принимают участие партизанские отряды.

2 Задание

Между страной X и страной Y идет война. Численность состава войск исчисляется от начала войны, и являются временными функциями $x(t)$ и $y(t)$. В начальный момент времени страна X имеет армию численностью 32 888 человек, а в распоряжении страны Y армия численностью в 17 777 человек. Для упрощения модели считаем, что коэффициенты a, b, c, h постоянны. Также считаем $P(t)$ и $Q(t)$ непрерывные функции.

Постройте графики изменения численности войск армии X и армии Y для следующих случаев: 1. Модель боевых действий между регулярными войсками:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -0,55x(t) - 0,77y(t) + 1,5\sin(3t + 1) \\ \frac{dy}{dt} &= -0,66x(t) - 0,44y(t) + 1,2\cos(t + 1)\end{aligned}$$

2. Модель ведение боевых действий с участием регулярных войск и партизанских отрядов:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -0,27x(t) - 0,88y(t) + \sin(20t) \\ \frac{dy}{dt} &= -0,68x(t)y(t) - 0,37y(t) + \cos(10t) + 1\end{aligned}$$

3 Теоретическое введение

Рассмотрим модель боевых действий – модель Ланчестера. В противоборстве могут принимать участие как регулярные войска, так и партизанские отряды. В общем случае главной характеристикой соперников являются численности сторон. Если в какой-то момент времени одна из численностей обращается в нуль, то данная сторона считается проигравшей (при условии, что численность другой стороны в данный момент положительна).

Рассмотрим три случая ведения боевых действий:

1. Боевые действия между регулярными войсками
2. Боевые действия с участием регулярных войск и партизанских отрядов
3. Боевые действия между партизанскими отрядами

В первом случае численность регулярных войск определяется тремя факторами:

- скорость уменьшения численности войск из-за причин, не связанных с боевыми действиями (болезни, травмы, дезертирство);
- скорость потерь, обусловленных боевыми действиями противоборствующих сторон (что связано с качеством стратегии, уровнем вооружения, профессионализмом солдат и т.п.);
- скорость поступления подкрепления (задаётся некоторой функцией от времени).

В этом случае модель боевых действий между регулярными войсками описывается следующим образом (1):

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -a(t)x(t) - b(t)y(t) + P(t) \\ \frac{dy}{dt} &= -c(t)x(t) - h(t)y(t) + Q(t)\end{aligned}$$

Потери, не связанные с боевыми действиями, описывают члены $-a(t)x(t)$ и $-h(t)y(t)$, члены $-b(t)y(t)$ и $-c(t)x(t)$ отражают потери на поле боя. Коэффициенты $b(t)$ и $c(t)$ указывают на эффективность боевых действий со стороны y и x соответственно, $a(t)$ и $h(t)$ - величины, характеризующие степень влияния различных факторов на потери. Функции $P(t)$, $Q(t)$ учитывают возможность подхода подкрепления к войскам X и Y в течение одного дня.

Во втором случае в борьбу добавляются партизанские отряды. Нерегулярные войска в отличии от постоянной армии менее уязвимы, так как действуют скрытно, в этом случае сопернику приходится действовать неизбирательно, по площадям, занимаемым партизанами. Поэтому считается, что тем потерь партизан, проводящих свои операции в разных местах на некоторой известной территории, пропорционален не только численности армейских соединений, но и численности самих партизан. В результате модель принимает вид (2):

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -a(t)x(t) - b(t)y(t) + P(t) \\ \frac{dy}{dt} &= -c(t)x(t)y(t) - h(t)y(t) + Q(t)\end{aligned}$$

В этой системе все величины имеют тот же смысл, что и в системе (1).

Модель ведения боевых действий между партизанскими отрядами с учетом предположений, сделанном в предыдущем случае, имеет вид (3):

$$\frac{dx}{dt} = -a(t)x(t) - b(t)x(t)y(t) + P(t)$$

$$\frac{dy}{dt} = -h(t)y(t) - c(t)x(t)y(t) + Q(t)$$

В простейшей модели борьбы двух противников коэффициенты $b(t)$ и $c(t)$ являются постоянными. Попросту говоря, предполагается, что каждый солдат армии x убивает за единицу времени c солдат армии y (и, соответственно, каждый солдат армии y убивает b солдат армии x). Также не учитываются потери, не связанные с боевыми действиями, и возможность подхода подкрепления. Состояние системы описывается точкой (x, y) положительного квадранта плоскости. Координаты этой точки, x и y - это численности противостоящих армий. Тогда модель принимает вид (4):

$$\begin{cases} \dot{x} = -by \\ \dot{y} = -cx \end{cases}$$

Это - жесткая модель, которая допускает точное решение (5):

$$\frac{dx}{dy} = \frac{by}{cx}$$

$$cxdx = bydy, cx^2 - by^2 = C$$

Эволюция численностей армий x и y происходит вдоль гиперболы, заданной этим уравнением (fig.3.1). По какой именно гиперболе пойдет война, зависит от начальной точки.

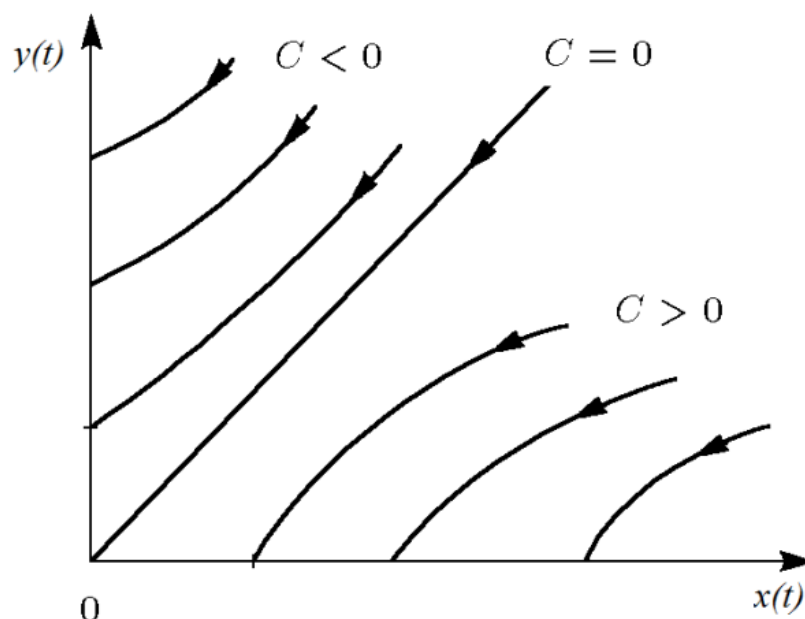


Figure 3.1: Жесткая модель войны

Эти гиперболы разделены прямой $\sqrt{c}x = \sqrt{b}y$. Если начальная точка лежит выше этой прямой, то гипербола выходит на ось y . Это значит, что в ходе войны численность армии x уменьшается до нуля (за конечное время). Армия y выигрывает, противник уничтожен.

Если начальная точка лежит ниже, то выигрывает армия x . В разделяющем эти случаи состоянии (на прямой) война заканчивается истреблением обеих армий. Но на это требуется бесконечно большое время: конфликт продолжает тлеть, когда оба противника уже обессилены.

Вывод модели таков: для борьбы с вдвое более многочисленным противником нужно в четыре раза более мощное оружие, с втрое более многочисленным - в девять раз и т. д. (на это указывают квадратные корни в уравнении прямой).

Стоит помнить, что эта модель сильно идеализирована и неприменима к реальной ситуации. Но может использоваться для начального анализа.

Если рассматривать второй случай (война между регулярными войсками и партизанскими отрядами) с теми же упрощениями, то модель (2) принимает вид (6):

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -by(t) \\ \frac{dy}{dt} &= -cx(t)y(t)\end{aligned}$$

Эта система приводится к уравнению (7):

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{b}{2}x^2(t) - cy(t) \right) = 0,$$

которое при заданных начальных условиях имеет единственное решение (8):

$$\frac{b}{2}x^2(t) - cy(t) = \frac{b}{2}x^2(0) - cy(0) = C_1$$

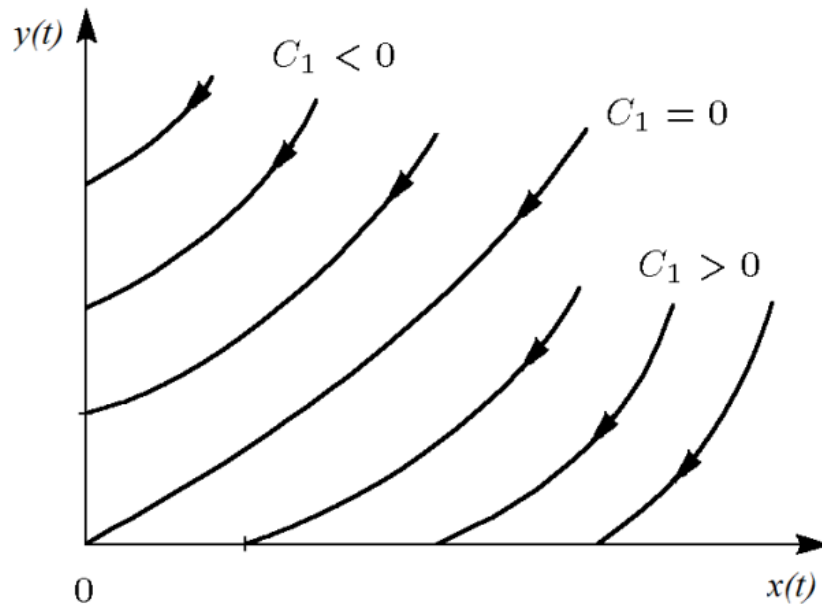


Figure 3.2: Фазовые траектории системы

Из (fig.3.2) видно, что при $C_1 > 0$ побеждает регулярная армия, при $C_1 < 0$ побеждают партизаны. Аналогично противостоянию регулярных войск, победа обеспечивается не только начальной численностью, но и боевой выучкой и качеством вооружения. При $C_1 > 0$ получаем соотношение $\frac{b}{2}x^2(0) > cy(0)$. Чтобы одержать победу партизанам необходимо увеличить коэффициент c и повысить

свою начальную численность на соответствующую величину. Причем это увеличение, с ростом начальной численности регулярных войск ($x(0)$), должно расти не линейно, а пропорционально второй степени $x(0)$. Таким образом, можно сделать вывод, что регулярные войска находятся в более выгодном положении, так как неравенство для них выполняется при меньшем росте начальной численности войск.

Рассмотренные простейшие модели соперничества соответствуют системам обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка, широко распространенным при описании многих естественно научных объектов.¹

¹Кулябов, Д.С. Модель боевых действий.

4 Выполнение лабораторной работы

1. Выполнять данную лабораторную работу я буду в программе OpenModelica.
2. Напишем программу для построения боевых моделей для обоих случаев (fig.4.1):

```
1 model lab03
2 parameter Real x0 = 32888;
3 parameter Real y0 = 17777;
4
5 parameter Real a1 = 0.55;
6 parameter Real b1 = 0.77;
7 parameter Real c1 = 0.66;
8 parameter Real h1 = 0.44;
9
10 parameter Real a2 = 0.27;
11 parameter Real b2 = 0.88;
12 parameter Real c2 = 0.68;
13 parameter Real h2 = 0.37;
14
15 Real x1(start = x0);
16 Real y1(start = y0);
17
18 Real x2(start = x0);
19 Real y2(start = y0);
20 equation
21
22 der(x1) = -a1*x1-b1*y1+1.5*sin(3*time+1);
23 der(y1) = -c1*x1-h1*y1+1.2*cos(time+1);
24
25 der(x2) = -a2*x2-b2*y2+sin(20*time);
26 der(y2) = -c2*x2-h2*y2+cos(10*time)+1;
27
28 end lab03;
```

Figure 4.1: Код программы

3. Построим график для первого случая (fig.4.2):

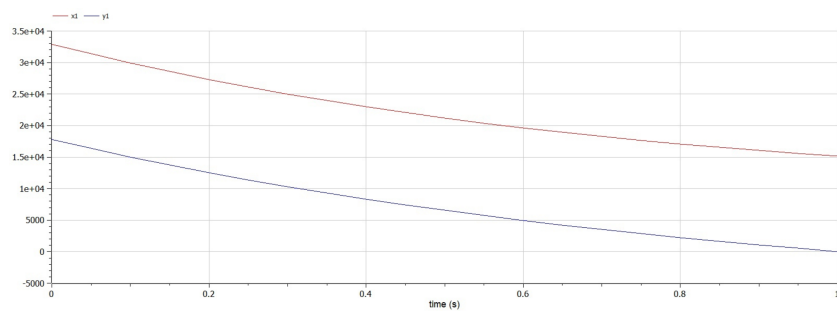


Figure 4.2: График для случая 1

4. Построим график для второго случая (fig.4.3):

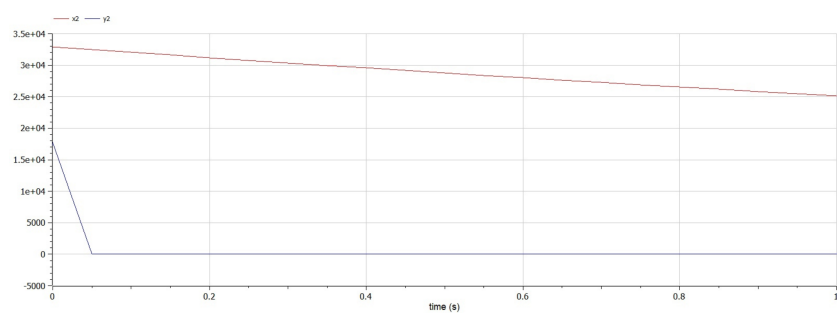


Figure 4.3: График для случая 2

5 Выводы

В ходе данной лабораторной работы, мы научились решать задачу с помощью математического моделирования и программного обеспечения OpenModelica о ведении боевых действий для двух случаев: когда боевые действия ведутся между регулярными войсками, и когда также принимают участие партизанские отряды.

6 Список литературы

1. Кулябов, Д.С. Модель боевых действий / Д.С.Кулябов. - Москва: - 7 с.