**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Санкт-Петербургский государственный**

**электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**Кафедра КСУ**

отчет

**по лабораторной работе № 6**

**по дисциплине «Математическое моделирование объектов и систем управления»**

Тема: **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Вариант 5**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студенты гр. 9492 |  | Викторов А.Д.  Керимов М.М. |
| Преподаватель |  | Шпекторов А.Г. |

Санкт-Петербург

2023

**Цель работы:** ознакомиться с классом хаотических систем, освоить средства MATLAB для моделирования «странных аттракторов», изучить практические способы определения параметров хаотических систем.

**Задание**

В качестве исследуемой хаотической системы, согласно варианту, была выбрана следующая система, в которой присутствует аттрактор Томаса (циклически симметричный):

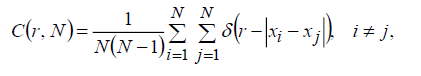
где b = 0,19.

Необходимо выполнить следующие пункты:

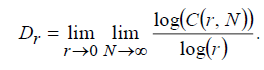
1. Написать программу решения системы уравнений;
2. Построить график фазовой траектории странного аттрактора;
3. Определить фрактальную размерность аттрактора хаотической системы.

**Определение фрактальной размерности странного аттрактора**

Фрактальная размерность характеризует густоту наполнения аттрактора фазовыми траекториями. Определение фрактальной размерности представляет собой достаточно сложную задачу, однако существуют косвенные методы, позволяющие получить размерность аттрактора, близкую к фрактальной. Подобным примером является метод корреляционной размерности. В этом случае необходимо определить корреляционный интеграл, как среднее количество точек аттрактора, не превышающих заданного расстояния



Размерность аттрактора определяется по формуле:



**ХОД РАБОТЫ**

Исходный код программы для решения системы уравнений и построения фазовых траекторий хаотической системы представлен в листингах 1-2:

Листинг 1. Основной скрипт

clc, clear, close all

x\_0 = 0.72;

y\_0 = -4.02;

z\_0 = -1.41;

T = 800;

b = 0.19;

sys = @(t,x) [ -b\*x(1) + sin(x(2)); -b\*x(2) + sin(x(3)); -b\*x(3) + sin(x(1))];

[t, sol] = ode45(sys, [0 T], [x\_0 y\_0 z\_0]);

D = frac\_dim(sol, 0.0004, 2800)

figure(1)

plot3(sol(:,1),sol(:,2),sol(:,3))

grid on

figure(2)

plot(t,sol(:,1),t,sol(:,2),t,sol(:,3))

grid on

Листинг 2. Код функции

function D = frac\_dim(x, r, N)

C = 0;

for i = 1:N

for j = 1:N

if(i ~= j)

dist = sqrt( (x(j, 1)-x(i, 1))^2 + ...

(x(j, 2)-x(i, 2))^2 + ...

(x(j, 3)-x(i, 3))^2);

if (r - dist > 0)

C = C + 1;

end

end

end

end

C = C / N / (N - 1);

D = log(C)/log(r);

end

В результате выполнения программы получена фазовая траектория странного аттрактора, которая представлена на рисунке 1.

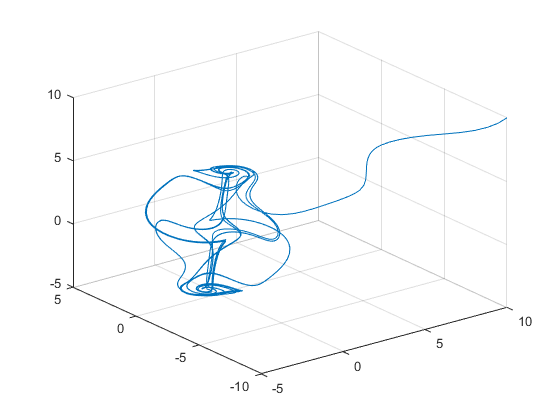


Рисунок 1 – Фазовая траектория странного аттрактора

Полученный переходный процесс представлен на рисунке 2.

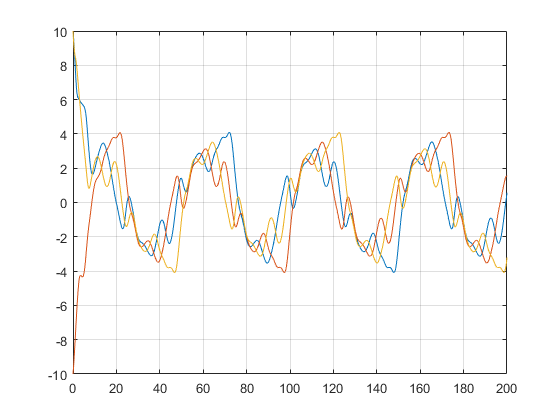


Рисунок 2 – Переходный процесс

Выберем в качестве начальных условий точку, которая уже принадлежит аттрактору и построим новый аттрактор без значительного переходного процесса для вычисления фрактальной размерности, его траекторию можно видеть на рисунке 3.

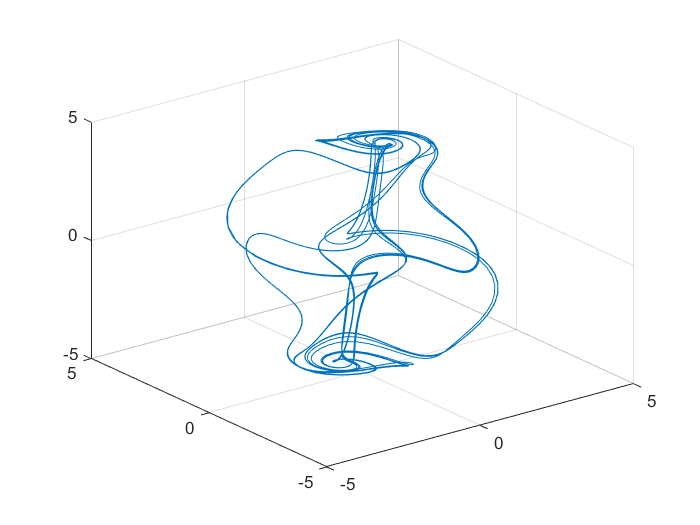


Рисунок 3 – аттрактор

Произведем расчет размерности аттрактора, используя функцию, описанную в листинге 2. В таблице 1 представлен расчет размерности с уменьшением значения *r,* для расчета использовались все полученные точки аттрактора. В нашем случае размерность аттрактора составила D = 2,11.

*Таблица 1 – Вычисление размерности аттрактора*

|  |  |
| --- | --- |
| Значение *r* | Фрактальная размерность |
| 0.1 | 2.86 |
| 0.01 | 2.1 |
| 0.001 | 2.2 |
| 0.0008 | 2.13 |
| 0.00074 | 2.11 |

**ВЫВОД**

В результате выполнения лабораторной работы был исследован класс хаотических систем, а также освоены средства MATLAB для моделирования «странных аттракторов», изучены практические способы определения параметров хаотических систем.