

Sprawozdanie 2

Jan Bronicki 249011
Przemysław Kudelka 235336

1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia było badanie równań różniczkowych opisujących zjawiska konwekcji termicznej w atmosferze (równania Lorenza).

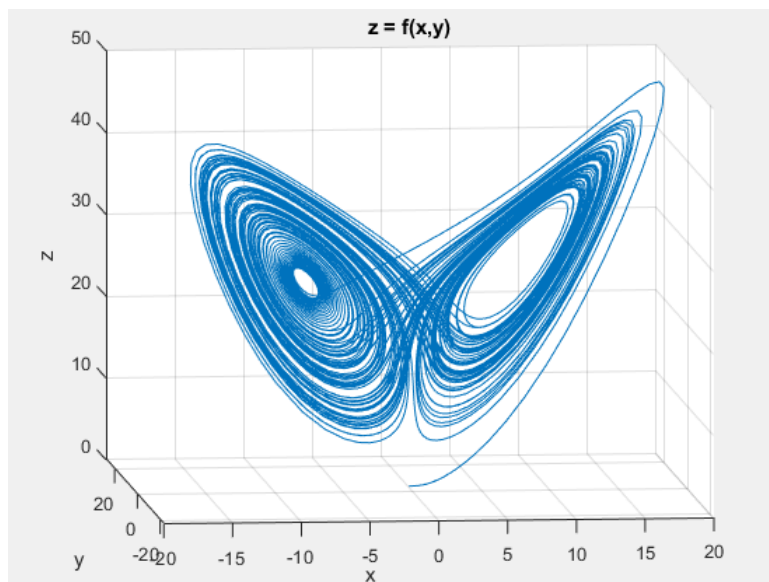
2 Opis procesów za pomocą równań

Opis zjawiska to trzy równania różniczkowe, wraz z parametrami: lepkością ośrodka, przewodnictwem cieplnym i obszarem. Wynik zależy od warunków początkowych, ich zmiana spowoduje wyrysowanie innej trajektorii.

3 Przebieg ćwiczenia

3.1 Zadanie 1

Pierwszy wykres przedstawia rozwiązanie równań dla warunków początkowych $[0, 0.5, 1]$. Zakres symulacji to $[0, 100]$.

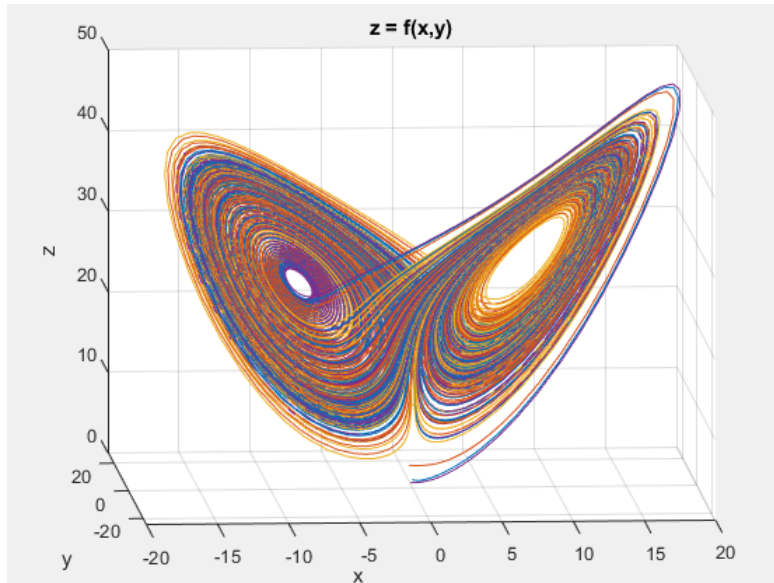


Rysunek 1: Rozwiązanie układu równań opisujących zjawisko konwekcji termicznej

Rysunek 2

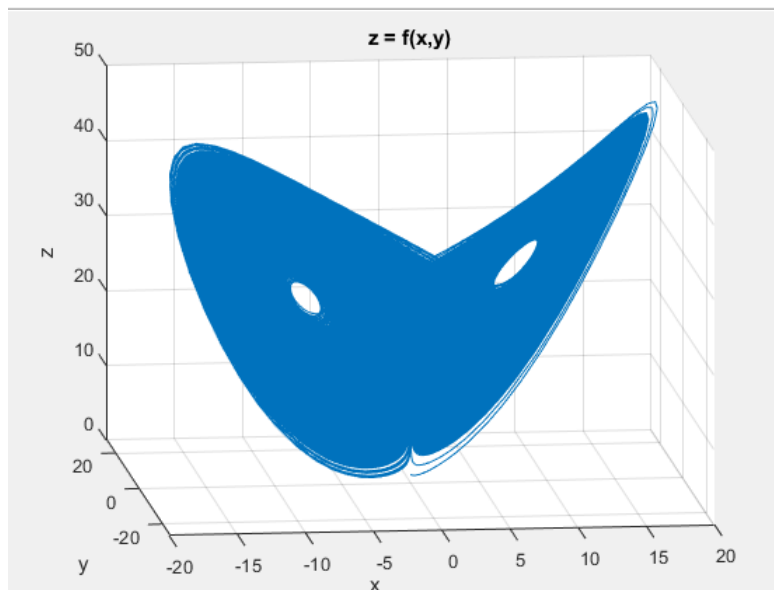
3.2 Zadanie 2

Różne warunki początkowe dają rezultat w postaci innej trajektorii. Na wykresie przedstawiono warunki: $[0 \ 5 \ 2]$, $[0 \ 3 \ 10]$ oraz $[0 \ 3 \ 0.2]$. Po wyrysowaniu kilku takich rozwiązań, wypełniają one puste miejsca w skrzydłach motyla.



3.3 Zadanie 3

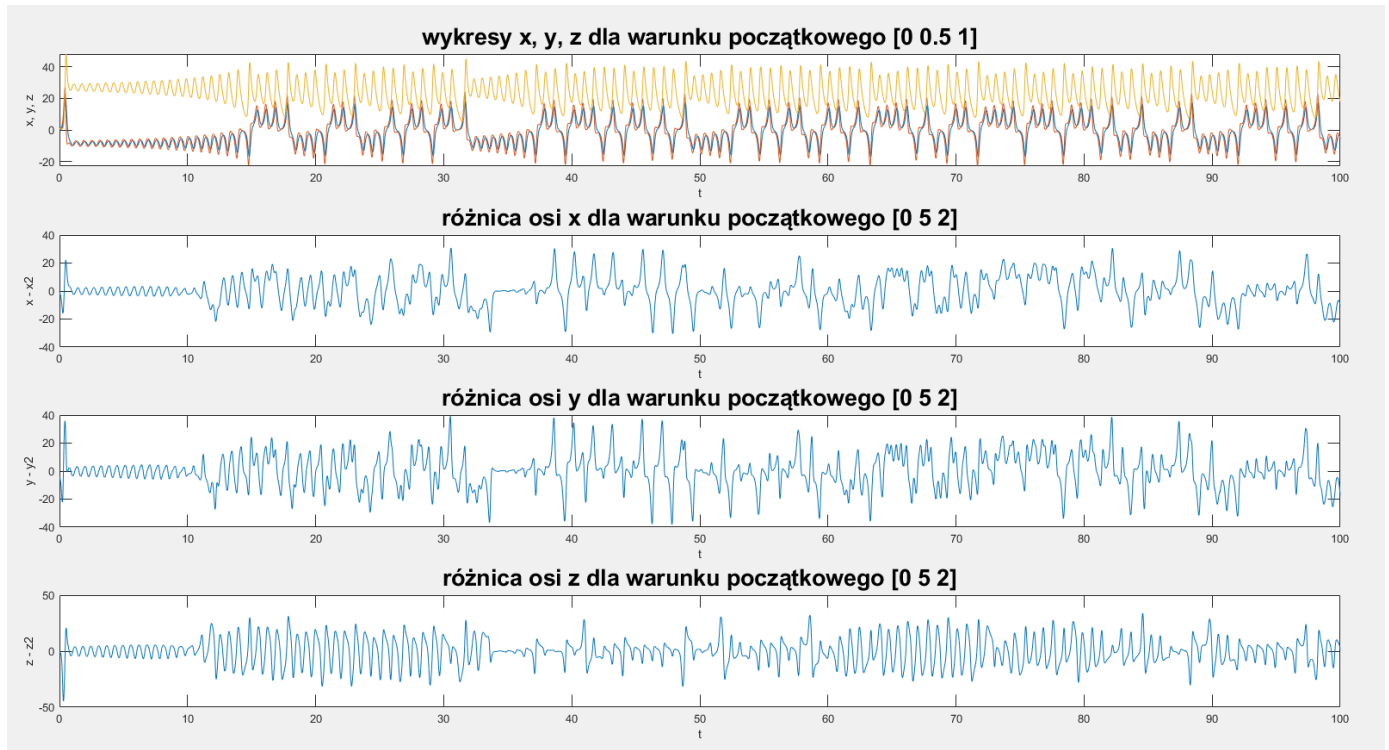
Zwiększenie zakresu symulacji spowodowało zagęszczenie trajektorii, wypełniając puste miejsca.



Rysunek 3: Rozwiązanie układu równań opisujących dynamikę chaotyczną

3.4 Zadanie 4

Różne warunki początkowe dają różne trajektorie. Jako że jest to dynamika chaotyczna, różnicę taką można opisać w uproszczeniu, na przykład: podając różnicę uśrednionej wartości.



Rysunek 4: Różnice dwóch trajektorii

oś	średnia dla warunków [0 0.5 1]	średnia dla warunków [0 5 2]	różnica (abs)
x	-0.8977	-1.0798	0.1822
y	-0.9015	-1.0722	0.1707
z	23.7647	23.7825	0.0179

Kod źródłowy do zadań 1-3:

```
1 function lab02
2     tspan = [0 100];
3     x0 = [0 0.5 1];
4     %x1 = [0 5 2];
5     %x2 = [0 3 10];
6     %x3 = [0 3 0.2];
7
8     options = odeset('RelTol', 1e-8, 'AbsTol', 1e-10);
9
10    [tsol, xsol] = ode45(@(t, x) ode1(t, x), tspan, x0);
11    plot3(xsol(:, 1), xsol(:, 2), xsol(:, 3));
12
13    xlabel("x");
14    ylabel("y");
15    zlabel("z");
16    grid on;
17 end
18
19 function dxdt = ode1(t, x)
20     s = 10;
21     b = 8/3;
22     r = 28;
23
24     dxdt = zeros(3, 1);
25     dxdt(1) = s * x(2) - s * x(1);
26     dxdt(2) = -1 * x(1) * x(3) + r * x(1) - x(2);
27     dxdt(3) = x(1) * x(2) - b * x(3);
28
29 end
```

Kod źródłowy do zadania 4:

```
1 function lab02_02
2     tspan = [0:0.01:100]
3     x0 = [0 0.5 1];
4     x1 = [0 5 2] ;
5
6     options = odeset('RelTol',1e-8,'AbsTol',1e-10);
7
8     [tsol,xsol] = ode45(@(t,x) odel(t,x),tspan,x0);
9     [tsol2,ysol] = ode45(@(t,x) odel(t,x),tspan,x1);
10    deltax = xsol(:,1) - ysol(:,1);
11    deltay = xsol(:,2) - ysol(:,2);
12    deltaz = xsol(:,3) - ysol(:,3);
13
14    figure(1)
15    subplot(4,1,1)
16    plot(tsol, xsol(:,1));
17    hold on;
18    plot(tsol2, xsol(:,2));
19    hold on;
20    plot(tsol, xsol(:,3));
21    title("wykresy x, y, z dla warunku pocz tkowego [0 0.5 1]", 'FontSize', 20)
22    xlabel("t");
23    ylabel("x, y, z");
24
25    subplot(4,1,2)
26    plot(tsol, deltax);
27    title("r nica osi x dla warunku pocz tkowego [0 5 2]", 'FontSize', 20)
28    xlabel("t");
29    ylabel("x - x2");
30
31    subplot(4,1,3)
32    plot(tsol, deltay);
33    title("r nica osi y dla warunku pocz tkowego [0 5 2]", 'FontSize', 20)
34    xlabel("t");
35    ylabel("y - y2");
36
37    subplot(4,1,4)
38    plot(tsol, deltaz);
39    title("r nica osi z dla warunku pocz tkowego [0 5 2]", 'FontSize', 20)
40    xlabel("t");
41    ylabel("z - z2");
42 end
43
44 function dxdt = odel(t,x)
45     s=10;
46     b=8/3;
47     r=28;
48
49     dxdt = zeros(3,1);
50     dxdt(1) = s*x(2) - s* x(1);
51     dxdt(2) = -x(1) * x(3) + r* x(1) - x(2);
52     dxdt(3) = x(1) * x(2) - b* x(3);
53 end
```

4 Wnioski

Programy udało się uruchomić, wykresy zostały wyrysowane poprawnie. W zależności od warunków początkowych trajektoria przebiegała inaczej, zwiększenie zakresu spowodowało zagęszczenie trajektorii. Obliczono różnicę między trajektoriami jako różnicę ich średnich wartości na danych osiach.

Literatura

- https://eportal.pwr.edu.pl/pluginfile.php/665946/mod_resource/content/1/Modelowanie%20dynamiki%20chaotycznej.pdf
- https://en.wikipedia.org/wiki/Lorenz_system