

Praca Dyplomowa Inżynierska

Autor Iksiński
208266

Symulacja silnie niestabilnego układu dynamicznego wraz z analizą basenów dopływu

Simulation of a highly unstable dynamic system with phase space
analysis

Praca inżynierska na kierunku:
Informatyka

Praca wykonana pod kierunkiem
doktora Pawła Hosera
Katedra Sztucznej Inteligencji

Warszawa, rok Marzec 2025



SZKOŁA GŁÓWNA
GOSPODARSTWA
WIEJSKIEGO

Wydział Zastosowań
Informatyki
i Matematyki

Oświadczenie Promotora pracy

Oświadczam, że niniejsza praca została przygotowana pod moim kierunkiem i stwierdzam, że spełnia ona warunki do przedstawienia tej pracy w postępowaniu o nadanie tytułu zawodowego.

Data

Podpis promotora

Oświadczenie autora pracy

Świadom/a odpowiedzialności prawnej, w tym odpowiedzialności karnej za złożenie fałszywego oświadczenia, oświadczam, że niniejsza praca dyplomowa została napisana przeze mnie samodzielnie i nie zawiera treści uzyskanych w sposób niezgodny z obowiązującymi przepisami prawa, w szczególności z ustawą z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. 2019 poz. 1231 z późn. zm.)

Oświadczam, że przedstawiona praca nie była wcześniej podstawą żadnej procedury związanej z nadaniem dyplomu lub uzyskaniem tytułu zawodowego.

Oświadczam, że niniejsza wersja pracy jest identyczna z załączoną wersją elektroniczną. Przyjmuję do wiadomości, że praca dyplomowa poddana zostanie procedurze antyplagiatowej.

Data

Podpis autora pracy

Streszczenie

Symulacja silnie niestabilnego układu dynamicznego wraz z analizą basenów dopływu

Napisano program zderzający elektrony z protonami z różnymi pędami początkowymi i zapisano, co z czym stykło.

Słowa kluczowe – Symulacja, Układ dynamiczny, Zbiór Fatou, Przestrzeń fazowa, Stabilność strukturalna, Stabilność Lapunowa, Symulacja plazmy, Symulacja elektronów w polu magnetycznym

Summary

Simulation of a highly unstable dynamic system with phase space analysis

A program shooting electron at protons with different momentum has been written and it saves data on which element collides with which.

Keywords – Simulation, Dynamical system, Fatou set, phase space, structural stability, Lyapunov stability, simulating electrons in a magnetic field, plasma simulation

Spis treści

1	Wykaz symboli i skrótów	9
2	Wstęp	10
2.1	Przegląd literatury	10
3	Cel i zakres pracy	11
3.1	Wykorzystane technologie	11
3.1.1	C# 12	11
3.1.2	Plotly	11
3.1.3	Dotnet.ReproducibleBuilds	11
3.1.4	Microsoft.Extensions.Localization	11
3.1.5	XUnit	11
3.1.6	Git	12
3.1.7	Github Actions	12
3.1.8	T _E X	12
3.1.9	SBOM	12
3.1.10	Diagramy	12
3.1.11	Doxygen + Graphviz	12
4	Założenia metodyczne	13
5	Część doświadczalna	14
6	Wyniki i dyskusja	15
7	Wnioski	16
8	Załączniki	17
8.1	Załącznik 1	17
8.2	Załącznik 2	17

1 Wykaz symboli i skrótów

TLDR – zbyt długie, nie czytałem

UI – interfejs graficzny

format Word – Office Open XML Document

język RTL – język z pismem pisanym domyślnie z prawej na lewą stronę w stosunku do osoby piszącej (inaczej, jak w alfabecie łacińskim)

GNU – projekt wolnej (jak w słowie wolny rynek) implementacji Unixopodobnego systemu operacyjnego prowadzony przez Free Software Foundation

2 Wstęp

Zbyt długo się zbieram z napisaniem tego. Do tego stopnia, że przegapiłem pierwszy termin oddania pracy. Jeszcze więcej tekstu do napisania. Celem pracy jest jej napisanie, rzecz jasna.

Jako absolwenta profilu mat-fiz-inf interesuje mnie matematyka, w tym fraktale. Alternatywnym tematem pracy inżynierskiej miał być algorytm do tworzenia wykresów funkcji Bolzano, najstarszej odkrytej funkcji o właściwościach fraktalnych, na zadanym odcinku w euklidesowej przestrzeni dwuwymiarowej. W ten sposób zappełniłbym niszę.

W którym dziele przeczytałem, że silnie niestabilne układy dynamiczne mają poszarpane fraktalnie baseny dopływu? To do ustalenia.

2.1 Przegląd literatury

W L^AT_EX-u.[1]

3 Cel i zakres pracy

Program generuje okreśną drogą (symulacji fizycznej) fraktale Newtona. Taki zakres. Celem pracy jest zdobycie tytułu inżyniera i zakończenie przeze mnie edukacji wyższej. Do tego ostatniego celu nie przykładam się, jak powinienem.

3.1 Wykorzystane technologie

3.1.1 C# 12

Język programowania Microsoftu, z którym miałem najwięcej styczności na studiach. Posługuję się wersją dla **.NET 8**. Do interfejsu graficznego wykorzystuję **MAUI**, będąca nowszą biblioteką od Windows Forms. Jako środowisko programistyczne wykorzystałem **Visual Studio Community 2022**.

3.1.2 Plotly

Biblioteka do tworzenia wykresów i eksportu do pliku graficznego. Zgodna z wybranym przeze mnie językiem.

3.1.3 Dotnet.ReproducibleBuilds

Na ostatnią chwilę dodałem (za: <https://www.meziantou.net/creating-reproducible-build-in-dotnet.htm>) zapewnienie zgodności kodu z kompilowanym programem. Najnowszy trend w programowaniu.

3.1.4 Microsoft.Extensions.Localization

Menu jest w języku polskim, jednak chcę umożliwić tłumaczenia. Testy języków RTL (np. arabski, hebrajski) bądź innych, pionowych kombinacji (dawniej chiński i japoński) są nieuwzględnione.

3.1.5 XUnit

Biblioteka do testów jednostkowych, w tym interfejsu graficznego.

3.1.6 Git

System kontroli wersji, w ten sposób zapisuję i cofam postępy w pracy. Repozytorium kodu źródłowego jest też dostępne dla osób postronnych.

3.1.7 Github Actions

Pomyślałem też sobie, że przy każdej wprowadzonej zmianie będę kompilował zarówno program, jak i pracę inżynierską. Jak do tej pory bez powodzenia, ale debugowanie to też nauka.

3.1.8 T_EX

Praca inżynierska jest pisana przy użyciu systemu składu drukarskiego T_EX, zestawu makr L^AT_EX, silnika pdfTeX oraz klasy przygotowanej przez pana Łukasza. Z pliku tworzę zarówno plik w formacie PDF, jak i Word. Z racji środowiska pracy korzystam z dystrybucji MiKTeX. Ponadto spis treści tworzę w programie **MakeIndex**, zaś do zarządzania bibliografią – **BibTeX**.

3.1.9 SBOM

Uwzględniłem też tzw. *Software Bill of Materials*, w celu śledzenia licencji użytych bibliotek, w tym zgodności mojego programu z nimi.

3.1.10 Diagramy

Jakaś forma diagramów, typu UML, została wykorzystana w ramach tworzenia pracy. Posłużyłem się **Visual Paradigm** bądź podobnym programem.

3.1.11 Doxygen + Graphviz

Programy do automatycznego tworzenia dokumentacji. Pozostałość uniwersyteckiego kursu z inżynierii oprogramowania. W chwili, gdy to piszę, kusi mnie pójść dalej i napisać Unixowy *man page* plus wyposażyć w argumenty konsolowe rodem z GNU typu **version** czy **help** – proszę mnie od tego odstraszyć, program nie musi być wspaniały.

4 Założenia metodyczne

Zadany program ma działać na Windowsie 10, edycji na procesory x64, bez obsługi ekranu dotykowego. Tylko na tę platformę debuguję.

Program składa się z menu z ustawieniami (domyślnie: po lewej stronie) oraz ekranu, na którym wyświetlać ma się symulacja. Ekran domyślnie ładuje się z trzema protonami ustawionymi w trójkąt równoboczny oraz z pojedynczym elektronem. Za pomocą myszki użytkownik nadaje pędy cząsteczkom (przez cząsteczki mam na myśli elektron)(reprezentowane za pomocą strzałki) oraz ich położenie początkowe. W ustawieniach zaś dostosowuje opcje wykresu (format, miejsce zapisu, rozdzielczość), jak również opcja obliczeń wszystkich kombinacji naraz.

Za pomocą przycisku uruchamiana jest symulacja z zadanymi opcjami. Cząsteczki się poruszają aż do zderzenia bądź ustalonego limitu czasowego. Jest możliwość ponownego odtworzenia symulacji pod warunkiem braku zmian (w pętli?). Po ukończeniu symulacji można podejrzeć na osobnym oknie wynik obliczeń wszystkich kombinacji naraz (jeśli został wybrany), czyli wykres basenów dopływu, docelowo: fraktal Newtona.

Wartość ładunku elektrycznego symulowanych cząsteczek nie ulega zmianie.

5 Część doświadczalna

To jak to wygląda obsługa tego programu? Jak to było go pisać?

6 Wyniki i dyskusja

Porównanie z innymi programami i algorytmami. Zalety i wady. Rozmiar, zużycie zasobów.

7 Wnioski

Dałem radę. Jak po grudzie, ale dałem radę. Panie Łukasz, popraw dokumentację tej klasy w LaTeXu.

8 Załączniki

8.1 Załącznik 1

Bla.

8.2 Załącznik 2

Bla bal bal.

Bibliografia

- [1] Talbot NLC. Using \LaTeX to Write a PhD Thesis. vol. 2 of Dickimaw \LaTeX Series. Norfolk, UK: Dickimaw Books; 2013.

Wyrażam zgodę na udostępnienie mojej pracy w czytelniach Biblioteki SGGW
w tym w Archiwum Prac Dyplomowych SGGW po roku 2025.

.....
(czytelny podpis autora pracy)

