

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

NÁSTROJ NA VIZUALIZÁCIU DYNAMICKÝCH
SYSTÉMOV
ROČNÍKOVÝ PROJEKT

2025
IVAN DYSHLIUK

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

NÁSTROJ NA VIZUALIZÁCIU DYNAMICKÝCH
SYSTÉMOV

ROČNÍKOVÝ PROJEKT

Študijný program: Aplikovaná Informatika
Študijný odbor: Informatika
Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej informatiky
Školiteľ: doc. RNDr. Martin Takáč, PhD.

Bratislava, 2025
Ivan Dyshliuk



Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Ivan Dyshliuk
Študijný program: aplikovaná informatika (Jednoodborové štúdium, bakalársky I. st., denná forma)
Študijný odbor: informatika
Typ záverečnej práce: bakalárska
Jazyk záverečnej práce: slovenský
Sekundárny jazyk: anglický

Názov: Nástroj na vizualizáciu dynamických systémov
Tool for visualization of dynamical systems

Anotácia: Cieľom práce je vytvoriť pedagogickú pomôcku pre vysvetlenie základných typov dynamických systémov popísaných lineárnymi aj nelineárnymi diferenciálnymi rovnicami viacerých premenných. Nástroj by mal umožniť nastavenie parametrov / rovníc a následné vizualizácie časového priebehu premenných aj ich fázový portrét.

Cieľ:

1. Naštudovať základy dynamických systémov
2. Urobiť prehľad existujúcich nástrojov na ich vizualizáciu
3. Implementovať vizualizačný nástroj pre základné typy dynamických systémov

Literatúra: M. Caha: Systémy pro všední den. Gemmapress, Praha, 1999.
A. Medio & M. Lines: Nonlinear Dynamics – A Primer. Cambridge University Press, 2003.

Vedúci: doc. RNDr. Martin Takáč, PhD.
Katedra: FMFI.KAI - Katedra aplikovanej informatiky
Vedúci katedry: doc. RNDr. Tatiana Jajcayová, PhD.
Dátum zadania: 04.04.2025

Dátum schválenia: 07.04.2025
doc. RNDr. Damas Gruska, PhD.
garant študijného programu

študent

vedúci práce



THESIS ASSIGNMENT

Name and Surname: Ivan Dyshliuk
Study programme: Applied Computer Science (Single degree study, bachelor I. deg., full time form)
Field of Study: Computer Science
Type of Thesis: Bachelor's thesis
Language of Thesis: Slovak
Secondary language: English

Title: Nástroj na vizualizáciu dynamických systémov
Tool for visualization of dynamical systems

Annotation: Cieľom práce je vytvoriť pedagogickú pomôcku pre vysvetlenie základných typov dynamických systémov popísaných lineárnymi aj nelineárnymi diferenciálnymi rovnicami viacerých premenných. Nástroj by mal umožniť nastavenie parametrov / rovníc a následné vizualizácie časového priebehu premenných aj ich fázový portrét.

Aim:

1. Naštudovať základy dynamických systémov
2. Urobiť prehľad existujúcich nástrojov na ich vizualizáciu
3. Implementovať vizualizačný nástroj pre základné typy dynamických systémov

Literature: M. Caha: Systémy pro všední den. Gemmapress, Praha, 1999.
A. Medio & M. Lines: Nonlinear Dynamics – A Primer. Cambridge University Press, 2003.

Supervisor: doc. RNDr. Martin Takáč, PhD.
Department: FMFI.KAI - Department of Applied Informatics
Head of department: doc. RNDr. Tatiana Jajcayová, PhD.

Assigned: 04.04.2025

Approved: 07.04.2025
doc. RNDr. Damas Gruska, PhD.
Guarantor of Study Programme

Student

Supervisor

Pod'akovanie: Chcel by som poďakovať svojmu školiteľovi doc. RNDr. Martinovi Takáčovi, PhD. za jeho pomoc počas práce na ročníkovom projekte. Veľmi si vážim jeho podporu, rýchle odpovede na moje otázky a konštruktívne pripomienky, ktoré výrazne prispeli ku kvalite tejto práce.

Abstrakt

Táto práca sa venuje štúdiu a analýze existujúcich softvérových riešení na vizualizáciu dynamických systémov. Na úvod sa skúmajú základné pojmy, ako stav systému, fázový portrét, trajektória a ďalšie prvky dôležité na pochopenie správania sa časovo premenných systémov. Zamieriava sa na štyri nástroje: Sinai Billiard, DynaSys, Simantics System Dynamics a XPPaut. Pri každom z nich je uvedený stručný prehľad, v ktorom sú opísané kľúčové vlastnosti, možnosti, problémy pri inštalácii a spustení a praktická použiteľnosť. Z výsledkov analýzy vyplýva, že väčšina dostupných aplikácií je buď zastaraná, alebo si vyžaduje technicky zložité prispôbenie, čo ich robí málo použiteľnými na účely odbornej prípravy. V záverečnej časti je sformulovaný plán na vytvorenie vlastného vizualizačného programu orientovaného na študentov, s jednoduchým a intuitívnym rozhraním, možnosťou nastavenia počiatočných podmienok a ukladania modelov. Práca zdôrazňuje význam dostupných a spoľahlivých nástrojov na štúdium a analýzu diferenciálnych rovníc vo vzdelávacom prostredí.

Kľúčové slová: dynamické systémy, vizualizácia, diferenciálne rovnice, fázový portrét, trajektória

Abstract

This thesis is devoted to the study and analysis of existing software solutions for the visualization of dynamic systems. Initially, basic concepts such as system state, phase portrait, trajectory, and other elements important to understand the behavior of time-varying systems are explored. It focuses on four tools: the Sinai Billiard, DynaSys, Simantics System Dynamics, and XPPaut. For each, a brief overview is given describing key features, capabilities, installation and startup issues, and practical applicability. The results of the analysis show that most of the available applications are either outdated or require technically complex customisation, making them of little use for training purposes. In the final section, a plan is formulated to develop a custom student-oriented visualization program with a simple and intuitive interface, the possibility to set initial conditions and save models. The thesis emphasizes the importance of accessible and reliable tools for the study and analysis of differential equations in an educational setting.

Keywords: dynamical systems, visualization, differential equations, phase portrait, trajectory

Obsah

Úvod	1
1 Úvod do vizualizácie dynamických systémov	2
1.1 Základné pojmy dynamických systémov	2
1.2 Súčasný stav	2
1.3 Cieľ práce	3
1.4 Metodika práce a metódy skúmania	3
2 Ukážky vizualizácií	5
2.1 Sinai Billiard	5
2.2 DynaSys	7
2.3 Simantics System Dynamics	8
2.4 XPPaut	10
3 Motivácia a ciele návrhu	13
3.1 Motivácia	13
3.2 Cieľ	13
Záver	14

Zoznam obrázkov

2.1	Simulácia Sinai Billiard	6
2.2	Ukážka prostredia DynaSys	7
2.3	Model v Simantics System Dynamics	9
2.4	Ukážka vizualizácie v XPPaut	10

Úvod

Dynamické systémy opisujú správanie procesov, ktoré sa v čase menia. Vyskytujú sa v mnohých oblastiach: vo fyzike, biológii, ekonomike a ďalších. Takéto systémy sú často nelineárne a vykazujú komplexné správanie vrátane chaosu a citlivosti na počiatočné podmienky [7].

Vizualizácia dynamických systémov je spôsob, ako graficky znázorniť ich správanie: ako trajektórie alebo fázové portréty [5]. To umožňuje lepšie pochopiť štruktúru a vlastnosti systému, odhaľuje zákonitosti a uľahčuje študentom učenie. Vo vzdelávacej a výskumnej praxi je obzvlášť dôležité, aby boli takéto nástroje prístupné, intuitívne a vizuálne.

Cieľom tejto práce je analyzovať existujúce softvérové nástroje na vizualizáciu dynamických systémov, posúdiť ich možnosti a obmedzenia a niektoré z nich otestovať v praxi. V praktickej časti sú preskúmané štyri programy: Sinai Billiard, DynaSys, Simantics System Dynamics a XPPaut. Pri každom z nich je uvedený stručný prehľad, kľúčové vlastnosti, výhody a nevýhody a praktická použiteľnosť.

Z analýzy vyplýva, že väčšina existujúcich riešení má určité nevýhody - zastarané rozhranie, komplikovanú inštaláciu alebo obmedzenú funkčnosť. V záverečnej časti práce je preto formulovaný plán na vytvorenie vlastného vizualizačného nástroja zameraného na vzdelávacie účely.

Výber témy je vysvetlený jej vysokou vzdelávacou hodnotou, praktickým významom a relevantnosťou v kontexte informatického vzdelávania. Práca zároveň slúži ako príprava na budúci bakalársky projekt, v rámci ktorého sa plánuje realizácia vlastného vizualizačného programu.

Kapitola 1

Úvod do vizualizácie dynamických systémov

1.1 Základné pojmy dynamických systémov

Dynamický systém matematický model popisujúci zmenu stavu systému v čase podľa určitých pravidiel. Môže byť zadaný diferenciálnymi rovnicami (spojitý prípad) alebo diferenčnými rovnicami (diskrétne prípad) [7].

Stav systému množina všetkých premenných, ktoré úplne určujú aktuálnu polohu systému v danom okamihu; zvyčajne vektor v stavovom priestore [7].

Trajektória cesta, po ktorej sa stavový vektor pohybuje v čase; závisí od počiatočných podmienok a rovníc systému [7].

Fázový priestor geometrická reprezentácia všetkých možných stavov systému; každý bod zodpovedá jednému konkrétnemu stavu [7].

Fázový portrét vizualizácia trajektorií vo fázovom priestore; používa sa na analýzu stability, periodických cyklov či chaotických režimov [7].

Stabilita charakterizuje, ako systém reaguje na malé odchýlky od počiatočného stavu; stabilný sa vracia k rovnováhe, nestabilný sa odchýli ďalej [7].

1.2 Súčasný stav

Na základe analýzy môžeme konštatovať, že v súčasnosti existuje len obmedzený počet softvérových riešení v oblasti vizualizácie dynamických systémov, ktoré sú relevantné, spoľahlivé a vhodné na vzdelávacie účely.

Mnohé nástroje, ako napríklad Sinai Billiard [3], demonštrujú len určité aspekty správania sa systému - napr. chaotickú dynamiku - ale neumožňujú modelovanie ľubovoľných rovníc alebo analýzu všeobecných vlastností systému.

Programy ako XPPaut [1] ponúkajú viac funkcií a umožňujú špecifikovať diferenciálne rovnice, analyzovať stabilitu a nájsť stabilné body. Často však majú zastarané rozhranie a vyžadujú manuálne nastavenie parametrov, čo znižuje ich dostupnosť pre študentov.

Väčšina dostupných riešení neposkytuje v plnej miere funkcie, ako je vizualizácia fázových portrétov, nastavenie počiatočných podmienok, ukladanie modelov alebo analýza trajektórie krok za krokom. Okrem toho mnohé z nich buď nie sú vyvinuté, stratili význam, alebo ich vôbec nie je možné stiahnuť a spustiť.

Existujúce riešenia sú teda buď nadbytočné a preťažené, alebo príliš úzko špecializované. Vzniká tak potreba vyvinúť nový vizualizér, ktorý by v sebe spájal prehľadnosť, jednoduchosť používania a podporu kľúčových funkcií.

1.3 Cieľ práce

Cieľom tejto práce je preskúmať existujúce softvérové nástroje určené na vizualizáciu dynamických systémov, zhodnotiť ich možnosti a obmedzenia a niektoré z nich otestovať v praxi. Praktická časť práce zahŕňa spustenie a analýzu niekoľkých nástrojov: Sinai Billiard [3], DynaSys [4], Simantics System Dynamics [2], XPPaut [1].

Medzi čiastkové ciele práce patrí:

- Preskúmanie základných pojmov súvisiacich s dynamickými systémami a ich vizualizáciou;
- prehľad a porovnanie vybraných programov (Sinai Billiard, DynaSys, XPPaut, Simantics System Dynamics);
- identifikácia výhod, nevýhod a obmedzení existujúcich riešení;
- formulácia plánu vlastného vizualizátora na základe analýzy.

1.4 Metodika práce a metódy skúmania

Metodika tejto práce zahŕňa teoretické aj praktické štúdium existujúcich softvérových nástrojov na vizualizáciu dynamických systémov. Hlavné etapy zahŕňali:

- analýzu vzdelávacích a vedeckých materiálov na danú tému;
- vyhľadávanie, inštalácia a testovanie niekoľkých aplikácií (Sinai Billiard, DynaSys, XPPaut, Simantics System Dynamics);

- opis a hodnotenie funkčnosti jednotlivých nástrojov;
- formulovanie nápadov na zlepšenie existujúcich riešení;
- vypracovanie predbežného plánu vlastného softvérového nástroja.

Pri analýze sa použili porovnávacie metódy hodnotenia funkčnosti, prístupnosti a použiteľnosti rozhrania, ako aj empirické testovanie správania sa modelov vo vybranom softvéri.

Kapitola 2

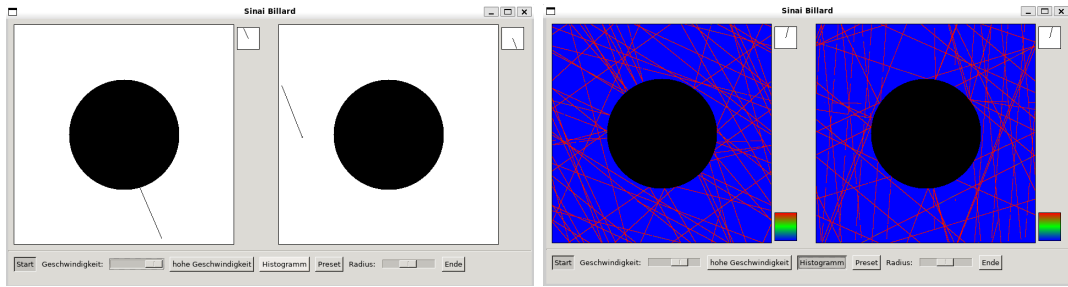
Ukážky vizualizácií a porovnanie nástrojov

2.1 Sinai Billiard

Aplikácia **Sinai Billiard** je vizuálny nástroj na modelovanie chaotického správania častíc v dvojrozmernom systéme s odrazmi. Aplikácia je založená na koncepte Sinai Billiard, matematickom modeli demonštrujúcom chaos a citlivosť na počiatkové podmienky. Tento model predstavuje štvorcovú oblasť s kruhom v strede, od ktorého sa odrážajú častice [3, 8].

Program ponúka dva hlavné režimy činnosti:

1. Normálny režim simulácie - zobrazujú sa dve nezávislé polia, z ktorých každé obsahuje jednu časticu. Častice začínajú z náhodných počiatkových podmienok a začínajú sa pohybovať po priamkach, pričom sa odrážajú od hraníc poľa a od stredového kruhu. Používateľ môže nastaviť rýchlosť častíc a polomer kruhu. To umožňuje vizualizovať, ako malé rozdiely v počiatkových podmienkach môžu viesť k radikálne odlišnému správaniu systémov.
2. Režim histogramu - program zobrazuje, ako často častica navštívi určitý bod v priestore. V priebehu času sa na obrazovke vytvorí farebná mapa, kde každý pixel predstavuje počet zásahov. To ukazuje, ako sa systém snaží rovnomerne pokryť dostupný priestor počas dlhého časového obdobia.



Obr. 2.1: Ukážka simulácie v aplikácii Sinai Billiard. Vľavo: normálny režim so zobrazením pohybu častíc. Vpravo: režim histogramu zobrazujúci frekvencie návštev v priestore.

Výhody

- Viditeľnosť a jednoduchosť. Aj bez hlbokých znalostí teórie dynamických systémov dokáže používateľ intuitívne pochopiť správanie častíc v chaotickom prostredí.
- Interaktivita. Možnosť meniť rýchlosť a polomer prekážky robí model flexibilným a umožňuje skúmať účinky parametrov.
- Dvojitá obrazovka. Porovnanie dvoch systémov s rôznymi počiatočnými podmienkami na jednej obrazovke je vhodné na štúdium citlivosti a divergencie trajektórií.
- Histogram. Reprezentácia frekvencií návštev pomáha interpretovať vlastnosti systému z hľadiska pravdepodobností a štatistík.

Nevýhody a obmedzenia

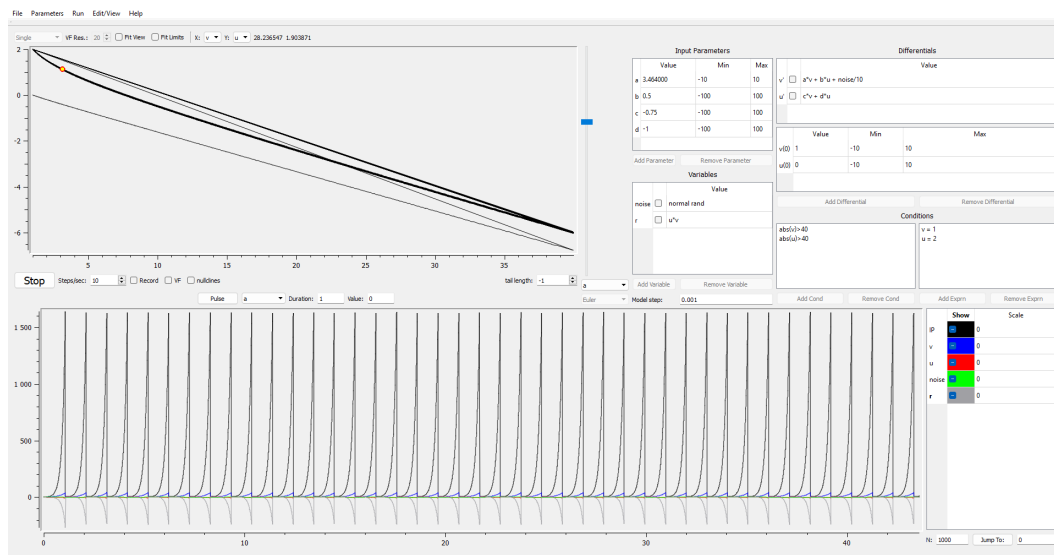
- Zastarané rozhranie. Vzhľad je zastaraný a obmedzený v kompatibilitate s modernými systémami.
- Obmedzená funkčnosť. Program implementuje len jeden konkrétny model (Sinai Billiard) bez možnosti prepnutia na iné typy dynamických systémov.
- Náročnosť inštalácie. Používateľ musí ručne zostaviť projekt zo zdrojového kódu, čo môže spôsobiť ťažkosti netrénovaným používateľom.
- Jazykové obmedzenie. Rozhranie programu je k dispozícii len v nemčine bez možnosti prepnutia, čo najmä na začiatku môže robiť ťažkosti používateľom, ktorí neovládajú tento jazyk.

Záver

Napriek technickým obmedzeniam je Sinai Billiard cenným vizualizačným nástrojom na pochopenie chaotických systémov. Môže byť užitočný na vzdelávacie účely, ako aj na vizualizácie v rámci vedeckej alebo projektovej práce. Vylepšenie rozhrania, pridanie podpory pre iné jazyky, rozšírenie modelu a automatizácia inštalácie by tento program urobili ešte prístupnejším a efektívnejším.

2.2 DynaSys

DynaSys je vizuálny nástroj na modelovanie a analýzu správania dynamických systémov opísaných diferenciálnymi rovnicami [4]. Aplikácia umožňuje nastaviť parametre systému, definovať rovnice a sledovať, ako sa premenné menia v čase.



Obr. 2.2: Ukážka prostredia programu **DynaSys**. V hornej časti vidieť priebeh premenných v čase, v dolnej časti podrobnejší časový graf správania systému.

Aplikácia vizualizuje údaje na dvoch grafoch:

1. Fázový portrét - v hornej časti obrazovky sa zobrazuje zmena jednej premennej vzhľadom na druhú, čo umožňuje študovať dynamiku systému vo fázovom priestore. To je užitočné na analýzu stability, uzavretých trajektórií a kritických stavov.
2. Grafy v čase - spodná časť obrazovky zobrazuje, ako sa hodnoty premenných menia v čase. Používateľ môže vizuálne sledovať rast, pokles, osciláciu alebo stabilizáciu parametrov, ktoré ho zaujímajú

Výhody

- Flexibilita a všestrannosť. Používateľ môže zadať ľubovoľné parametre, rovnice, počiatočné podmienky a impulzy vrátane náhodného šumu.
- Interaktivita. Simuláciu je možné ovládať krok za krokom a sledovať zmeny v reálnom čase.
- Logické podmienky a spúšťače. Program umožňuje nastaviť podmienky prepínania premenných pri dosiahnutí určitých hodnôt.

Nevýhody a obmedzenia

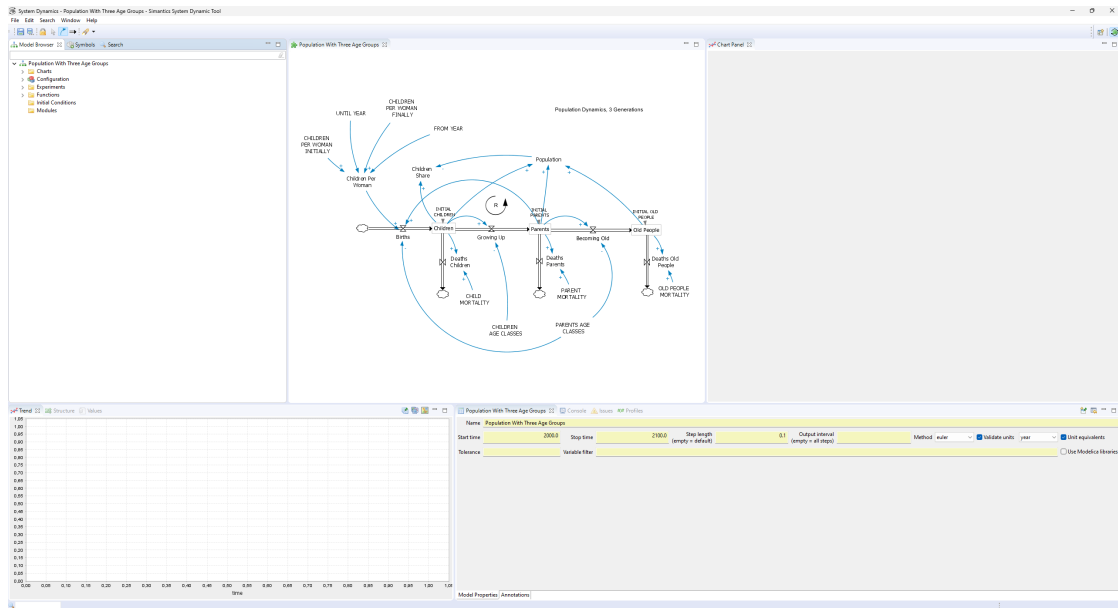
- Vysoký vstupný prah. Používateľ potrebuje základné znalosti diferenciálnych rovníc a princípov matematického modelovania.
- Neintuitívne rozhranie. Pri prvom spustení môže byť ťažké zistiť, ako zadávať rovnice a nastavovať podmienky bez návodu alebo výukových príkladov.

Záver

DynaSys je výkonný a flexibilný nástroj na vizualizáciu a štúdium dynamických systémov. Je užitočný najmä pre študentov, výskumníkov a pedagógov pracujúcich s matematickými modelmi. Vylepšenia rozhrania a doplnenie dokumentácie urobia program ešte prístupnejším a efektívnejším na používanie.

2.3 Simantics System Dynamics

Simantics System Dynamics je vizuálny nástroj na vytváranie a analýzu modelov systémovej dynamiky opísaných diferenciálnymi rovnicami [2]. Aplikácia je založená na metóde Stock & Flow, ktorá sa vzťahuje na prístup systémovej dynamiky. V tomto prístupe je systém popisovaný prostredníctvom zásob, ktoré predstavujú nahromadené veličiny, a tokov, ktoré určujú ich zmenu v čase. Správanie systému je formované spätnou väzbou medzi prvkami modelu. Takýto spôsob modelovania umožňuje sledovať vývoj systému v čase, analyzovať jeho stabilitu a zvažovať rôzne scenáre jeho správania [9].



Obr. 2.3: Vizualizácia modelu v **Simantics System Dynamics**. V strede sa nachádza štruktúrny diagram s prepojenými blokmi.

Softvér vizualizuje údaje v niekoľkých režimoch:

1. Fázové diagramy a grafy v čase. Používateľ môže sledovať, ako sa hodnoty premenných menia v čase alebo vo vzájomnom vzťahu, čo uľahčuje analýzu stability a trendov systému.
2. Štruktúrny diagram modelu. Vo vizuálnom editore je možné spájať bloky: akumulátory, toky, konštanty a funkcie a vytvárať tak štruktúru modelu.

Výhody

- Flexibilita a výkon. Podpora komplexných modelov s nelineárnymi závislosťami a logickými podmienkami.
- Podpora viaczložkových systémov. Možnosť kombinovať niekoľko subsystémov do jedného modelu.
- Podpora vzorcov. Rovnice možno nastaviť priamo v prvkoch modelu.

Nevýhody a obmedzenia

- Ťažké spustenie. Program vyžaduje manuálne zadanie parametrov pri spustení (-fixErrors), bez ktorých nefunguje. Nie je to explicitne oznámené a používateľ musí sám odhadnúť.

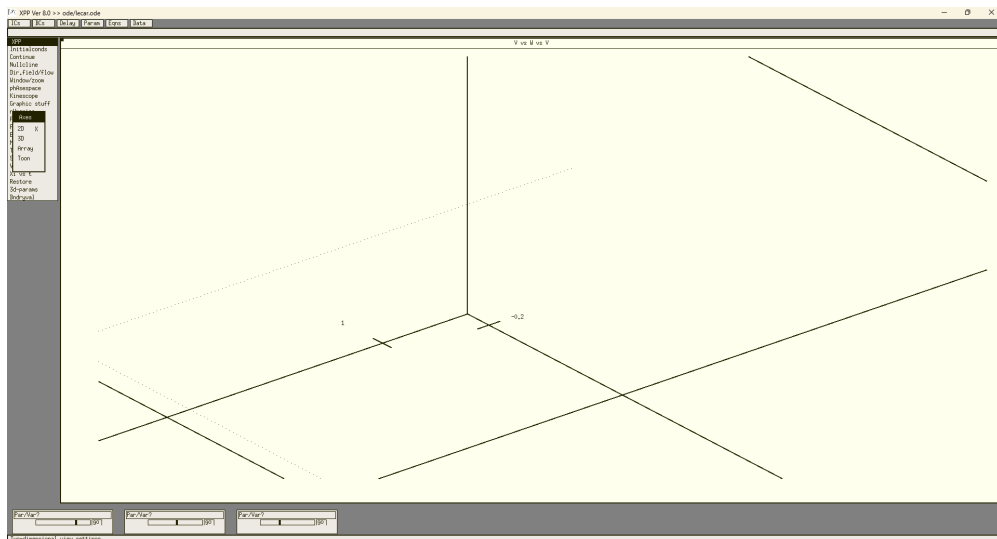
- Neintuitívne rozhranie. Začiatok si vyžaduje pochopenie špecifickej štruktúry projektu a rozhrania. Väčšina činností nie je zrejmá bez predchádzajúceho školenia.
- Mnohé funkcie nefungujú. Niektoré prvky rozhrania sú buď neaktívne, alebo spôsobujú chyby bez vysvetlenia.

Záver

Simantics System Dynamics je potenciálne výkonný nástroj na modelovanie zložitých dynamických systémov, ale je ťažké ho používať kvôli zložitému rozhraniu a nedostatku dokumentácie. Program môže byť zaujímavý pre výskumných pracovníkov a učiteľov, ktorí poznajú systémovú dynamiku, ale na široké použitie vo vzdelávaní potrebuje vylepšenie: zlepšenie rozhrania, odstránenie technických chýb a vytvorenie výukových programov.

2.4 XPPaut

XPPaut je nástroj na numerické riešenie a analýzu modelov opísaných diferenciálnymi rovnicami, rovnicami s oneskorením, algebraickými rovnicami a diskretnými mapovaniami [1]. Program umožňuje simulovať správanie systémov v čase, nájsť ustálené stavy, zostaviť fázové portréty a vizualizovať výsledky.



Obr. 2.4: Zobrazenie 3D trajektórie v nástroji **XPPaut**. Vľavo vidieť ovládací panel, vpravo 3D graf s osami premenných.

Program vizualizuje údaje v niekoľkých režimoch:

1. Fázové portréty, grafy v čase a 3D trajektórie. Používateľ môže vykresliť závislosť premenných od času alebo od seba navzájom. K dispozícii je aj režim 3D zobrazenia, v ktorom možno sledovať správanie systému v troch osiach naraz.
2. Grafické okno a ovládanie osí. Program umožňuje vytvárať viacero grafických okien, zväčšovať, škálovať, približovať, ručne meniť hranice osí alebo sa automaticky prispôbovať trajektórii.
3. Analýzy stability a rovnováhy. Program dokáže nájsť stacionárne body, analyzovať ich stabilitu a zostaviť stabilné a nestabilné trajektórie.
4. Práca s počiatočnými podmienkami. Používateľ môže nastaviť počiatočné hodnoty ručne, prostredníctvom vzorcov, myšou alebo zo súboru. K dispozícii sú funkcie na automatický výpočet parametrov a viacnásobnú integráciu systému s rôznymi hodnotami.

Výhody

- Veľký súbor nástrojov. XPP podporuje numerickú integráciu, vizualizáciu, analýzu stability, okrajové podmienky, smerovú analýzu a mnohé ďalšie.
- Podpora viaczložkových systémov. Možnosť kombinovať niekoľko subsystémov do jedného modelu.
- Schopnosť modelovať zložité systémy. Program umožňuje zadávať nelineárne rovnice, používať logické podmienky, parametrické zmeny a vytvárať zložité reťazce premenných.
- Práca v 2D a 3D. Schopnosť vizualizovať údaje v rôznych rozmeroch a vytvárať animácie (napr. otáčanie 3D kocky).
- Podpora periodických a okrajových úloh. XPP dokáže riešiť problémy so špeciálnymi okrajovými podmienkami a pracovať s periodickými dráhami, čo je užitočné pri štúdiu oscilačných procesov.

Nevýhody a obmedzenia

- Zložité rozhranie. Rozhranie sa môže zdať novým používateľom zastarané a nepohodlné.

- Vysoký vstupný prah. Je ťažké pochopiť funkcie a ovládacie prvky bez prečítania dokumentácie. V programe je veľa funkcií, ale sú skryté za skratkami a príkazmi, ktoré nie sú vždy okamžite zrozumiteľné.
- Nedostatok školení a príkladov. V súprave nie sú žiadne návody krok za krokom, čo sťažuje jej samostatné zvládnutie.
- Niektoré funkcie sú nestabilné. Niektoré funkcie môžu generovať chyby alebo nefungovať, ak nastavíte nesprávne parametre - program na to nie vždy upozorní.

Záver

XPPaut je výkonný a flexibilný program na modelovanie a analýzu dynamických systémov, vhodný pre výskumníkov a študentov, ktorí sa oboznamujú s diferenciálnymi rovnicami. Zvládnutie programu si však vyžaduje čas a tréning. Na vzdelávacie účely by bolo vhodné pridať výukové programy, zjednodušiť navigáciu v menu a urobiť rozhranie intuitívnejším.

Kapitola 3

Motivácia a ciele návrhu

3.1 Motivácia

Analýza existujúcich softvérových riešení v oblasti vizualizácie dynamických systémov ukázala, že väčšina z nich má značné obmedzenia: zastarané rozhranie, zložitost' inštalácie a používania, nedostatočná podpora kľúčových funkcií alebo nízka prístupnosť pre študentov. Najmä vo vzdelávacom prostredí to vytvára prekážky pre pochopenie a praktické využitie pojmov súvisiacich s dynamickými systémami. Okrem toho na trhu neexistuje moderná a intuitívna aplikácia v slovenskom jazyku prispôsobená potrebám vzdelávania. To poukazuje na potrebu vyvinúť nový nástroj orientovaný práve na jednoduchosť, prístupnosť a vzdelávaciu hodnotu [10].

3.2 Cieľ

Cieľom tejto práce je vytvoriť jednoduchú a prehľadnú aplikáciu na vizualizáciu hlavných typov dynamických systémov. Aplikácia bude určená pre študentov a učiteľov a mala by obsahovať nasledujúce funkcie:

- zobrazovanie zmien premenných v čase a fázových portrétov;
- nastavenie počiatočných podmienok a parametrov rovníc;
- možnosť interaktívnej zmeny hodnôt;
- pohodlné a prehľadné používateľské rozhranie;
- ukladanie a načítanie modelov zo súborov.

Vývoj takéhoto nástroja zjednoduší vzdelávanie, urobí modelovanie zrozumiteľnejším a efektívnejším a vyplní existujúcu medzeru vo vzdelávacích softvérových nástrojoch.

Záver

Teoretická a praktická časť práce bola venovaná analýze existujúcich softvérových riešení na vizualizáciu dynamických systémov. Hlavným cieľom bolo zhodnotiť ich použiteľnosť vo vzdelávacom prostredí, identifikovať výhody a nevýhody a určiť požiadavky na vytvorenie vlastného softvérového nástroja, ktorý bude pre používateľov pohodlnejší a intuitívnejší.

Preskúmané a otestované boli štyri rôzne nástroje: Sinai Billiard, DynaSys, Simantics System Dynamics a XPPaut. Každý z nich predstavuje iný prístup k vizualizácii, od demonštrácie chaotického správania až po vytváranie komplexných modelov pomocou diferenciálnych rovníc. Praktické analýzy ukázali, že väčšina existujúcich riešení trpí obmedzeniami funkčnosti, zastaraným rozhraním alebo zložitou inštaláciou. To spôsobuje, že sú málo užitočné pre študentov a začínajúcich používateľov.

Formulovaný cieľ vyvinúť vlastnú vizualizáciu zostáva v platnosti. Na základe analýzy boli identifikované kľúčové funkcie, ktoré by mal nový systém podporovať: zobrazenie fázových portrétov a časových diagramov, úprava parametrov modelu, ukladanie a načítanie konfigurácií a jednoduché a intuitívne rozhranie.

Práca tiež ukázala vysokú výučbovú hodnotu vizuálnych nástrojov na štúdium správania dynamických systémov, najmä v kontexte informatiky a technických disciplín. Implementácia vlastného programu v rámci následného bakalárskeho projektu umožní nielen odstrániť nedostatky existujúcich riešení, ale aj vytvoriť prístupný zdroj informácií pre študentov [5].

V rámci budúcej práce plánujem prejsť od analýzy k implementácii: navrhnuť architektúru aplikácie, vybrať vhodné technológie a vyvinúť prvý prototyp. Možno zvážiť aj možnosti rozšírenia funkcií - vrátane podpory rôznych typov rovníc, animácií a interakcie v reálnom čase.

Literatúra

- [1] Ermentrout B. *XPPAUT: The Differential Equations Tool*. Dostupné na: <https://sites.pitt.edu/~phase/bard/bardware/xpp/xpp.html>. Citované: 2025-06-08.
- [2] Simantics System Dynamics. Simantics.org. 2024. Citované: 2025-06-08. Dostupné na: <https://sysdyn.simantics.org/>
- [3] Visualization of Dynamical Systems – Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems. 2023. Citované: 2025-06-08. Dostupné na: <https://www.pks.mpg.de/nonlinear-dynamics-and-time-series-analysis/visualization-of-dynamical-systems>
- [4] DynaSys. SourceForge. 2022. Citované: 2025-06-08. Dostupné na: <https://sourceforge.net/projects/dynasys/>
- [5] GRÖLLER E., LÖFFELMANN H., WEGENKITTL R., 1999, Visualization of dynamical systems, *Future Generation Computer Systems* 15. Citované: 2025-06-08.
- [6] ALLIGood K. T., SAUER T. D., YORK J. A., 1996, *Chaos: An Introduction to Dynamical Systems*, Springer. Citované: 2025-06-08.
- [7] STROGATZ S. H., 2018, *Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering*, 2nd Edition, CRC Press. Citované: 2025-06-08.
- [8] SINAI Y. G., 1970, Dynamical Systems with Elastic Reflections, *Russian Mathematical Surveys* 25(2): 137–189. Citované: 2025-06-08.
- [9] STERMAN J. D., 2000, *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Citované: 2025-06-08.
- [10] MUNZNER T., 2014, *Visualization Analysis and Design*, AK Peters. Citované: 2025-06-08.