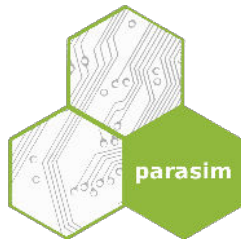


Analýza robustnosti spojitých dynamických systémů v distribuovaném prostředí

Jan Papoušek, vedoucí práce David Šafránek

Fakulta informatiky Masarykovy univerzity



Motivace

Okolo nás se vyskytují různé systémy specifických vlastností chování v čase, k jejichž pochopení se stále častěji používá modelování. Růst významu modelů se stupňuje s rozšiřujícím se používáním výpočetní techniky, která je schopná s těmito modely efektivně pracovat. Modelování se již nepoužívá pouze v tradičních oblastech, jako je například předpověď počasí, ale s postupem času proniká i do oblastí, jakými je například modelování procesů v živých organismech.

S rostoucím významem modelů se zdá být stále důležitější dokázat formulovat vlastnosti, které od modelů očekáváme, za použití vhodné formální logiky a následně je automatizovaným způsobem nad těmito modely ověřovat. Není však vhodné spokojit se s ověřením vlastnosti pro jedno konkrétní nastavení hodnot proměnných a parametrů modelu. Analýza by měla jít více do hloubky a nahlížet na model obecněji. Model je možné vychýlit z jeho ideálního nastavení nebo naopak jeho ideální nastavení vzhledem k dané vlastnosti najít. V kontextu modelů živých organismů takový druh analýzy otevírá možnost studovat systém v méně příznivých nebo dokonce pro daný organismus životu nebezpečných podmínkách.

Cílem této diplomové práce je naimplementovat algoritmus právě pro takový druh analýzy, který bude schopen z různých ohodnocení parametrů a proměnných efektivně najít ta ohodnocení, která splňují požadovanou vlastnost.

Model[1]

Model zadaný pomocí běžných diferenciálních rovnic definuje vývoj hodnot vektoru proměnných v čase z počátečního stavu v čase t_0 .

$$\frac{dY_1}{dt} = \nu Y_1 - \alpha Y_1 \cdot Y_2$$

$$\frac{dY_2}{dt} = \alpha Y_1 \cdot Y_2 - \mu Y_2$$

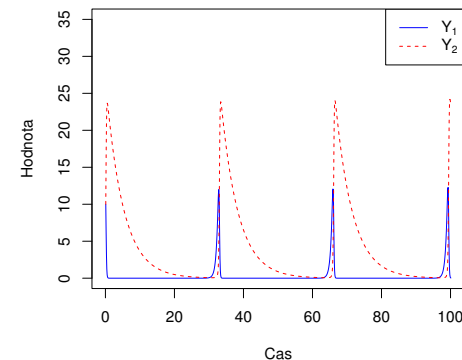
Parametry

proměnné (Y_1, Y_2) – počáteční hodnoty

koefficienty (μ, ν, α)

Požadované chování

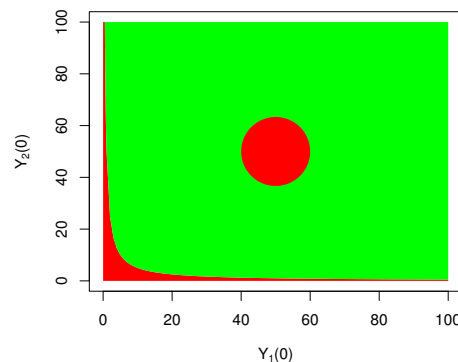
Specifikace pomocí temporální logiky STL [2], která umožňuje popsat například oscilaci hodnot proměnných v čase, kde amplituda a frekvence jsou z daných rozsahů.



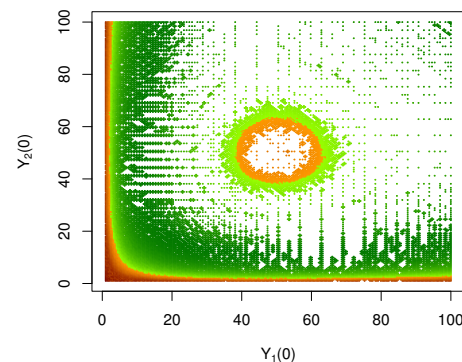
Analýza

Cílem analýzy je rozdělit parametrický prostor na regiony, pro které daný model splňuje požadovanou temporální vlastnost, a regiony, pro které daný model požadovanou vlastnost nesplňuje. Doména hodnot zkoumaných parametrů je zpravidla spojitá, a proto je nutné výsledek analýzy aproximovat. Mezi standardní způsoby aproximace patří tzv. vzorkování, kdy se z domény hodnot vybírají pouze určití reprezentanti. Diplomová práce prezentuje heuristiku pro výběr reprezentantů.

Požadovaný výsledek analýzy



Aproximace výsledku analýzy



Shrnutí

Cílem diplomové práce bylo implementovat v prostředí s distribuovanou pamětí algoritmus pro analýzu dynamických systémů zadaných pomocí soustavy diferenciálních rovnic vzhledem k vlastnostem definovaným v temporální logice signálů. Implementovaný algoritmus byl převzat z diplomové práce Svena Dražana [10] a rozšířen o lokální robustnost, jejíž použití umožňuje efektivnější pokrytí prostoru iniciálních podmínek. Implementace takto upraveného algoritmu vyústila ve vytvoření volně dostupného nástroje Parasim.

Na základě identifikovaných parametrů, jež mohou ovlivnit výpočet, byly vybrány modely, nad kterými se poté spustila analýza v různě nastaveném výpočetním prostředí. Z průběhu této analýzy a jejích výsledků vyplývá, že až na výjimky implementace ve sdílené i distribuované paměti škáluje. Pro dosažení tohoto výsledku nebylo zapotřebí žádných sofistikovanějších metod pro balancování výpočtu. Z naměřených dat také plyne, že použití robustnosti a prezentovaného způsobu pokrytí prostoru iniciálních podmínek má svůj význam, protože ve většině případů se oproti naivním metodám ušetřilo velké množství práce.

References

- [1] Alfred James Lotka. Elements of Physical Biology. *Nature*, 116:461–461, 1925.
- [2] Oded Maler and Dejan Nickovic. Monitoring temporal properties of continuous signals. *Formal Techniques, Modelling and Analysis of Timed and Fault-Tolerant Systems*, pages 71–76, 2004.