

Motivace a cíle práce

Motivace

- ▶ Stáž na Ústavu přístrojové techniky.
- ▶ Nový pohled na Rayleigh-Bénardovu konvekci.

Cíle práce

- ▶ Důkladnější rešerše literatury.
- ▶ Použití HAVOKu na data z Rayleigh-Bénardovy konvekce.
- ▶ Analýza výstupních HAVOK modelů.



Obrázek: Experimentální aparatura na UPT.

Přehled metody HAVOK

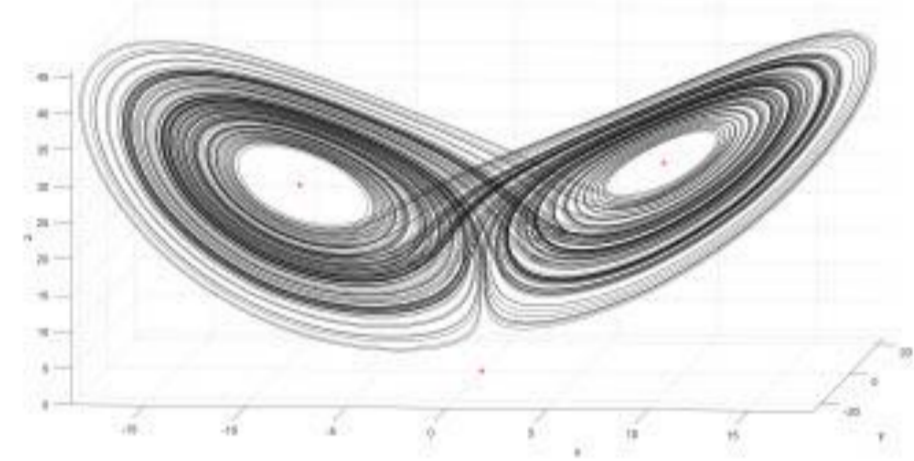
Co to je HAVOK?

- ▶ Hankel Alternative View of Koopman
- ▶ Nástroj na analýzu dat dynamických systémů.
- ▶ Sada kódů vytvořená Bruntonem, Kutzem a spol. (University of Washington) prezentovaná v článku "Chaos as an intermittently forced linear system"

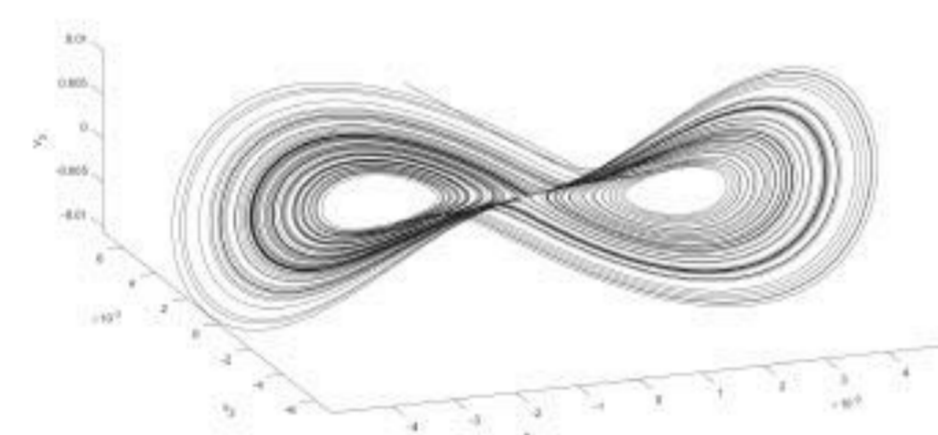
Jak tuto analýzu provádí?

- ▶ Koopmanův operátor (lineární prostor vnoření).
- ▶ Takensova věta o vnoření (difeomorfismus původního a vnořeného atraktoru).
- ▶ Singulární rozklad Hankelovy matice (data ve vnořeném prostoru).
- ▶ Atraktor ve vnořeném prostoru.
- ▶ Získání systému LODR1 s pravou stranou ve vnořeném prostoru regresí.
- ▶ Rekonstruovaný atraktor.
- ▶ Hledání intermitencí a predikce.

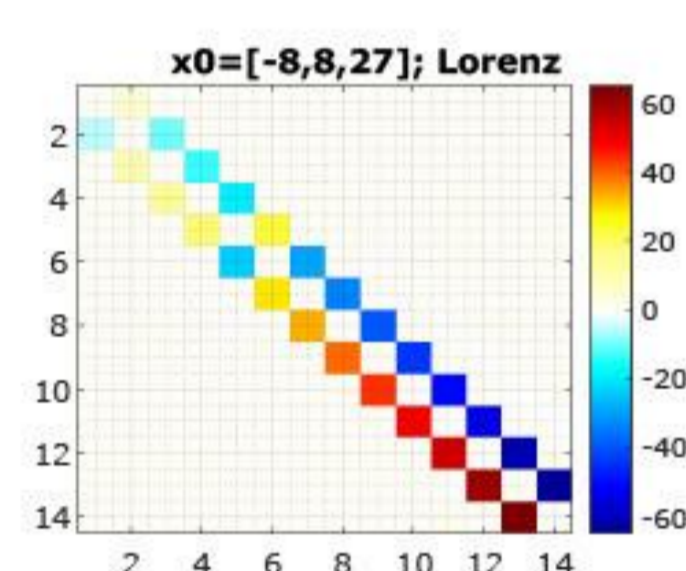
HAVOK na Lorenzově systému



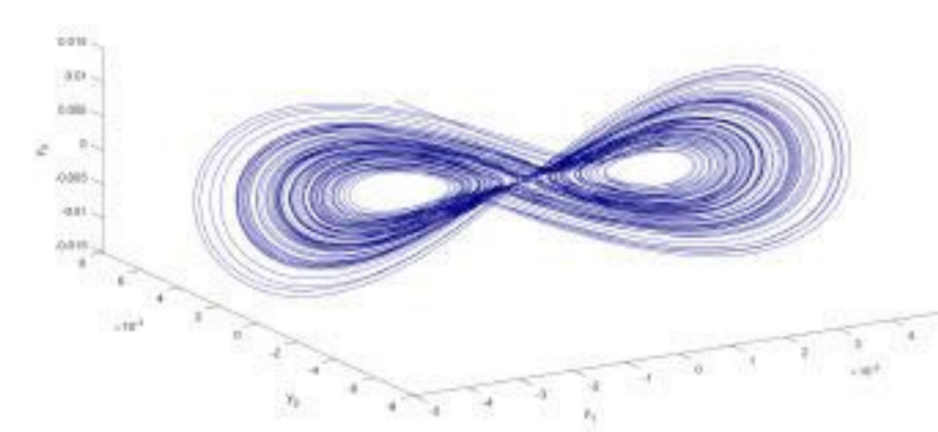
Obrázek: Původní atraktor.



Obrázek: Vnořený atraktor.



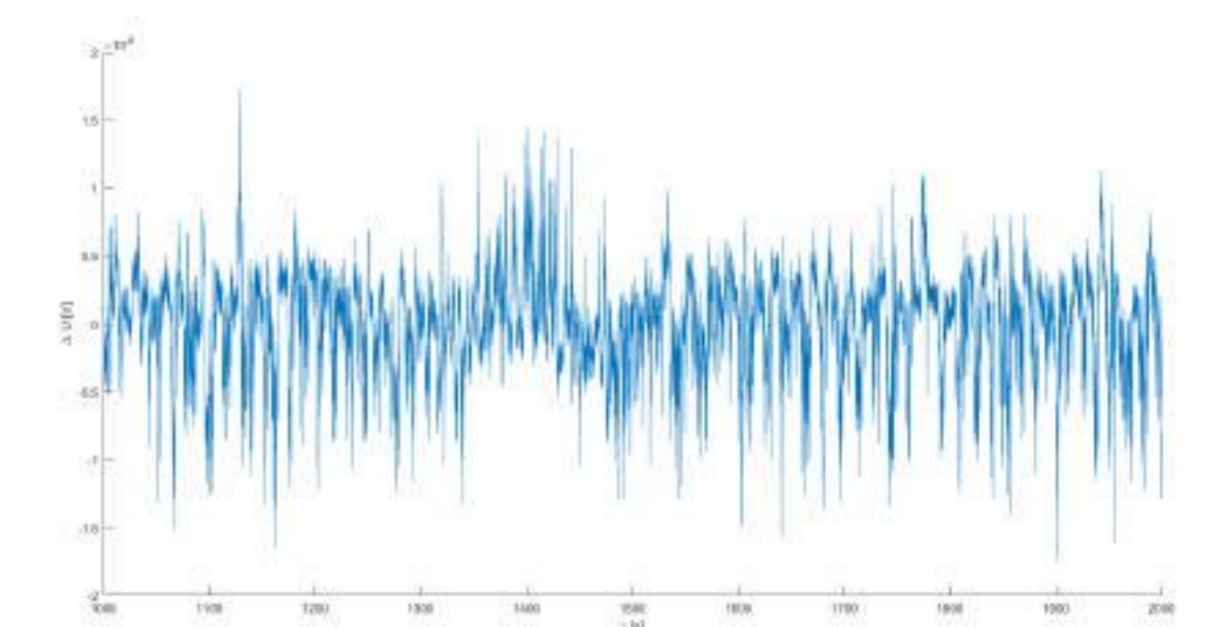
Obrázek: Barevně zobrazená matice soustavy.



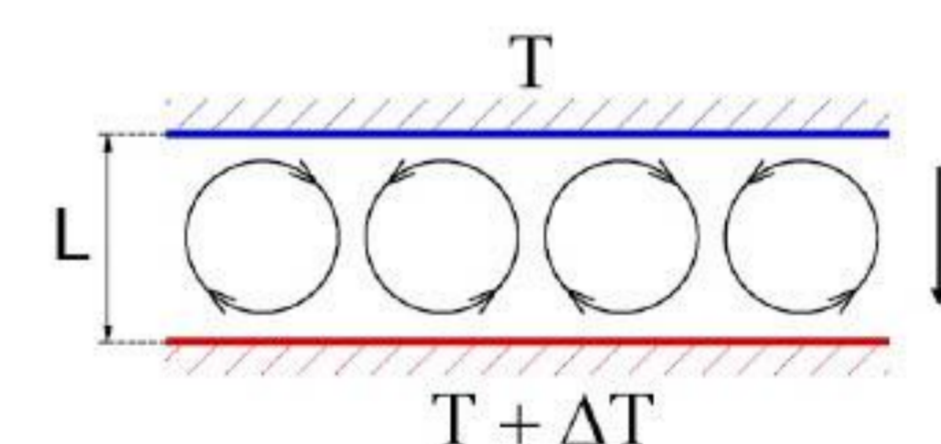
Obrázek: Rekonstruovaný atraktor.

Rayleigh-Bénardova konvekce (RBC)

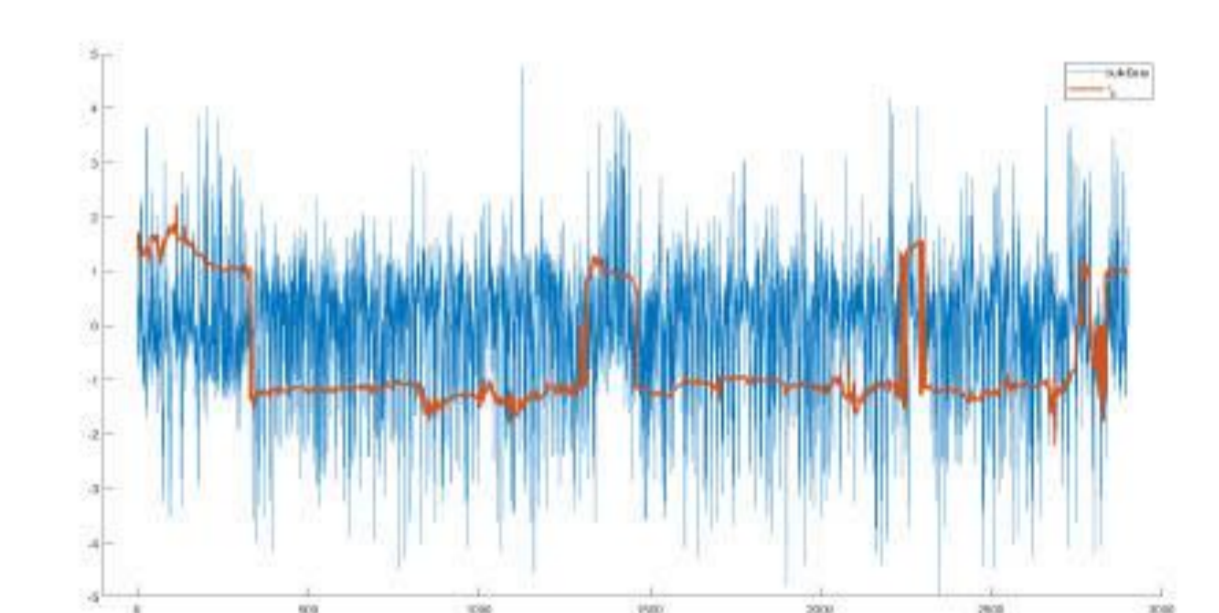
- ▶ Přirozená konvekce se vyskytuje v atmosféře, oceánech, při ventilaci místností, v bateriích na bázi tekutých kovů atd.
- ▶ Turbulentní RBC je model konvektivního proudění měřený na UPT v Brně.



Obrázek: Data z RBC.



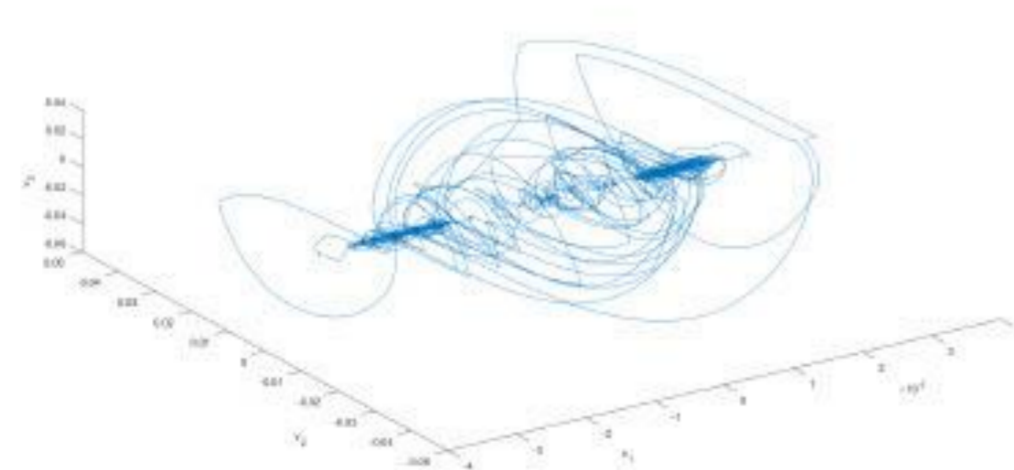
Obrázek: Schéma RBC.



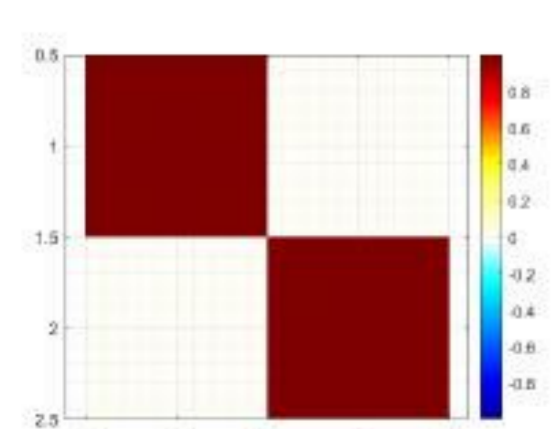
Obrázek: Signál τ_p na datech z RBC

HAVOK na RBC

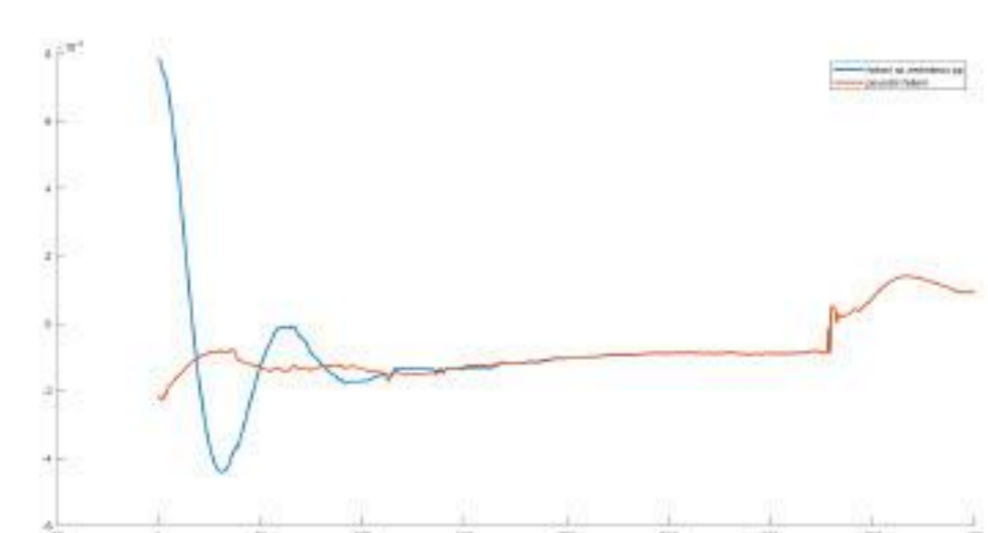
- ▶ Matice soustav a jejich stabilita.
- ▶ Atraktory vnořené a rekonstruované.
- ▶ Atraktivita řešení při změně počátečních podmínek.



Obrázek: Vnořený atraktor (τ_p signál).



Obrázek: Matice soustavy (τ_p signál).



Obrázek: Jiné počáteční podmínky (τ_p signál).

Shrnutí výsledků

- ▶ Rešerše literatury.
- ▶ Nalezení tří různých regresních modelů.
- ▶ Vlastní úprava kódů pro RBC data.
- ▶ Nalezení vhodné dimenze vnoření.
- ▶ Výzkum chování matic soustavy v závislosti na změně dimenze vnoření.
- ▶ Výzkum stability soustavy rovnic.
- ▶ Atraktivita při změně počátečních podmínek.
- ▶ Vykreslení atraktorů.