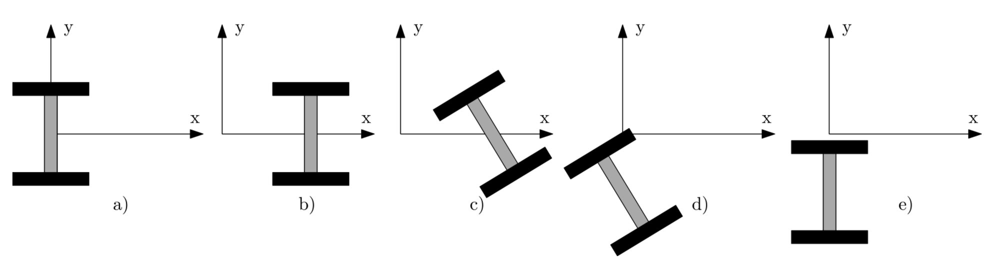
Geometrické řízení hadu podobného robota

Dominik Jašek
Ústav matematiky

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Model segwaye - Lieova závorka

Intepretace Lieovy závorky



Posunutí pomocí Lieovy závorky

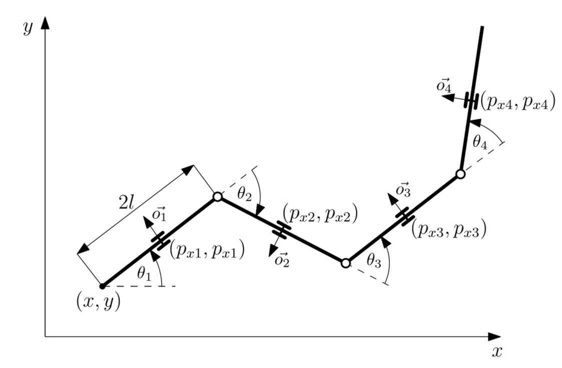
$$\Delta q = q(4\Delta t) - q(0) = (\Delta t)^2 \left(\frac{\partial g}{\partial q} f - \frac{\partial f}{\partial q} g\right) + O((\Delta t)^2)$$

základní pohyby — pohyb Lieovou závorkou

Řídicí systém

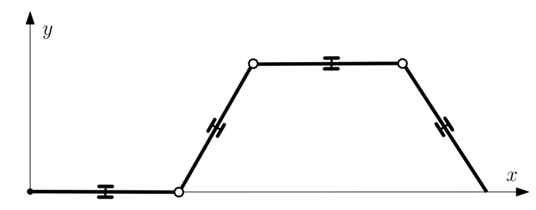
$$\dot q = \begin{pmatrix} \dot x \\ \dot y \\ \dot\theta \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} \cos\theta \\ \sin\theta \\ 0 \end{pmatrix} u_1 + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} u_2}_{\text{základní pohyby}} + \underbrace{\begin{pmatrix} \sin\theta \\ -\cos\theta \\ 0 \end{pmatrix} u_3}_{\text{pohyb Lieovou závorkou}}$$

Model čtyřčlánkového hada



- Had je tvořen čtyřmi články s pasivními kolečky
- Pohyb je zajištěn změnou natočení kloubů mezi články
- Pfaffova podmínka nesmýkání – kolečko se musí pohybovat pouze ve směru natočení daného článku
- Systém nám umožní dva základní pohyby
- Pomocí Lieovy závorky tento systém doplníme o 4 další

Počáteční konfigurace



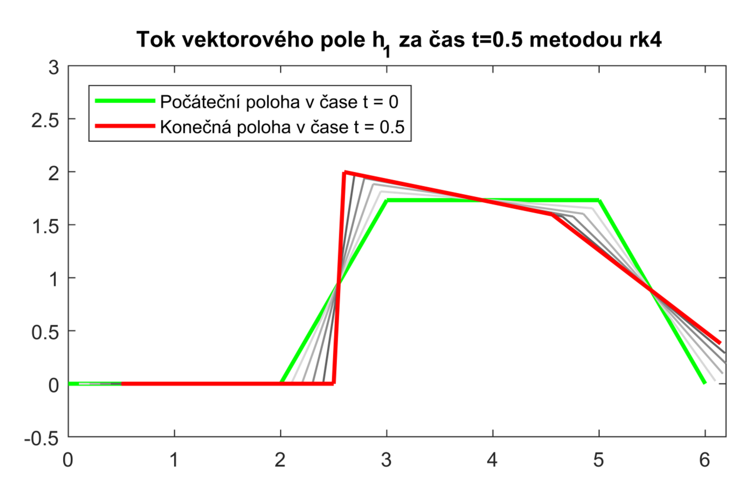
$$q_0 = \left(0, \frac{\pi}{3}, -\frac{\pi}{3}, -\frac{\pi}{3}, 0, 0\right)^T$$

základní pohyby — pohyby Lieovou závorkou

$$\dot q = \begin{pmatrix} \dot\theta_1 \\ \dot\theta_2 \\ \dot\theta_3 \\ \dot\theta_4 \\ \dot x \\ \dot y \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 & -1 & 0 & 1 \\ \frac{\sqrt3}{2} & \frac32 & -3 & \frac92 & -\frac{\sqrt3}{2} & -6 \\ -\sqrt3 & 0 & 3 & -\frac{15}{2} & \frac{5\sqrt3}{2} & 15 \\ \sqrt3 & 0 & -6 & 15 & -7\sqrt3 & -39 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}}_{\text{řídicí matice}}$$

Motion planning – základní pohyb

$$\begin{pmatrix} \dot\theta_1 \\ \dot\theta_2 \\ \dot\theta_3 \\ \dot\theta_4 \\ \dot x \\ \dot y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{\sqrt3}{2} \\ -\sqrt3 \\ \sqrt3 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$



- Pohyb hada podél některého vektorového pole je řešením autonomní soustavy diferenciálních rovnic
- Výpočet probíhal numericky Runge-Kuttovou metodou 4. řádu v softwaru MATLAB
- Rychlosti změn natočení kloubů se řídí hodnotami ve vyčísleném vektorovém poli na pravé straně

Algoritmus getParameters

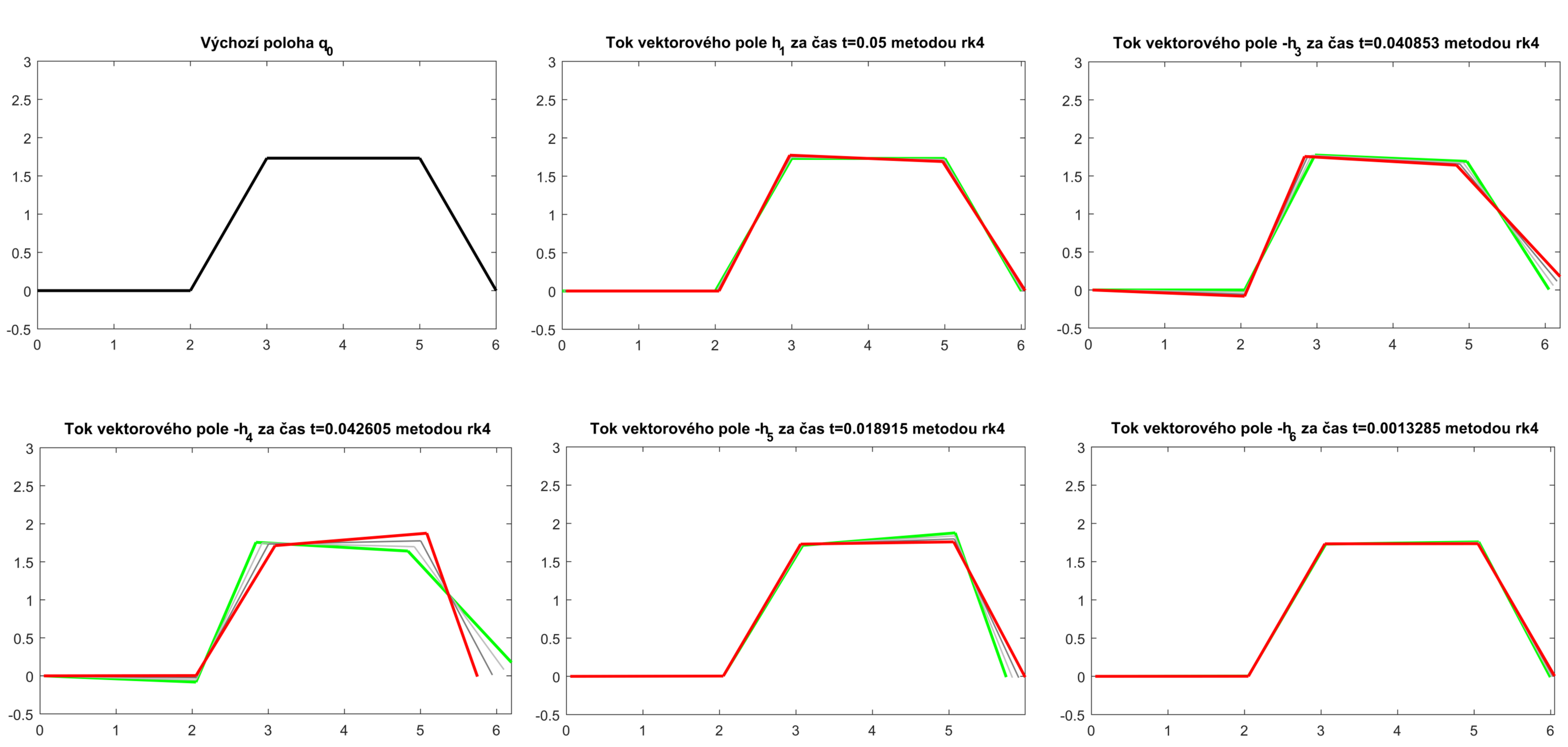
- Řídicí matice není konstantní v průběhu pohybu hada, proto řešení soustavy

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 & -1 & 0 & 1 \\ \frac{\sqrt3}{2} & \frac32 & -3 & \frac92 & -\frac{\sqrt3}{2} & -6 \\ -\sqrt3 & 0 & 3 & -\frac{15}{2} & \frac{5\sqrt3}{2} & 15 \\ \sqrt3 & 0 & -6 & 15 & -7\sqrt3 & -39 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \\ t_5 \\ t_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.05 \\ 0 \end{pmatrix}$$

slouží jako počáteční odhad pro posunutí v ose x s návratem do původního natočení

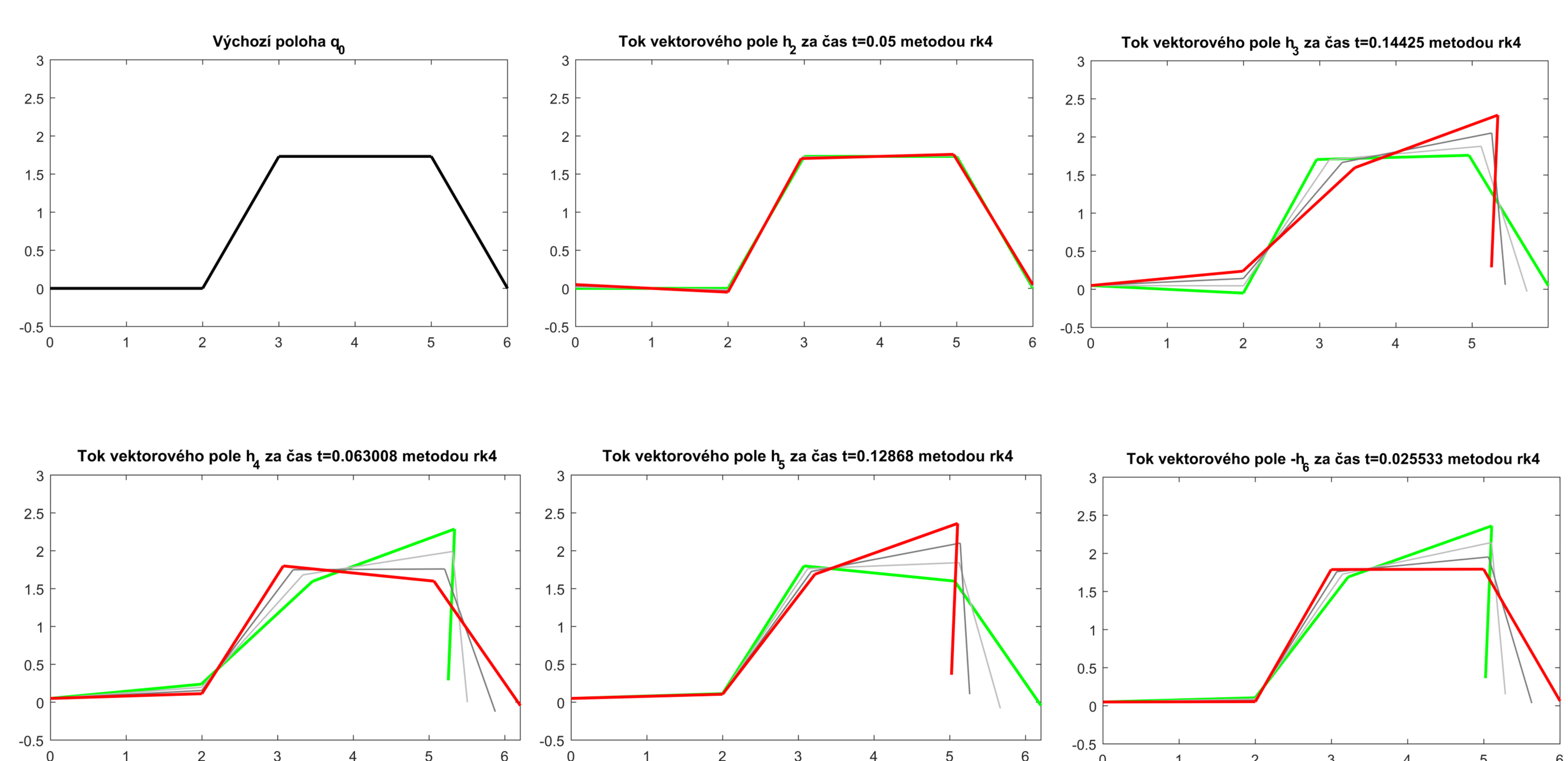
- Algoritmus getParameters tento počáteční odhad upraví
- Výsledkem jsou časy toků vektorových polí (seřazené vzestupně 1,2,3,4,5,6) tak, aby se had pohnul v rovině a vrátil se do původního natočení
- Byl použit software MATLAB

Posunutí v ose x



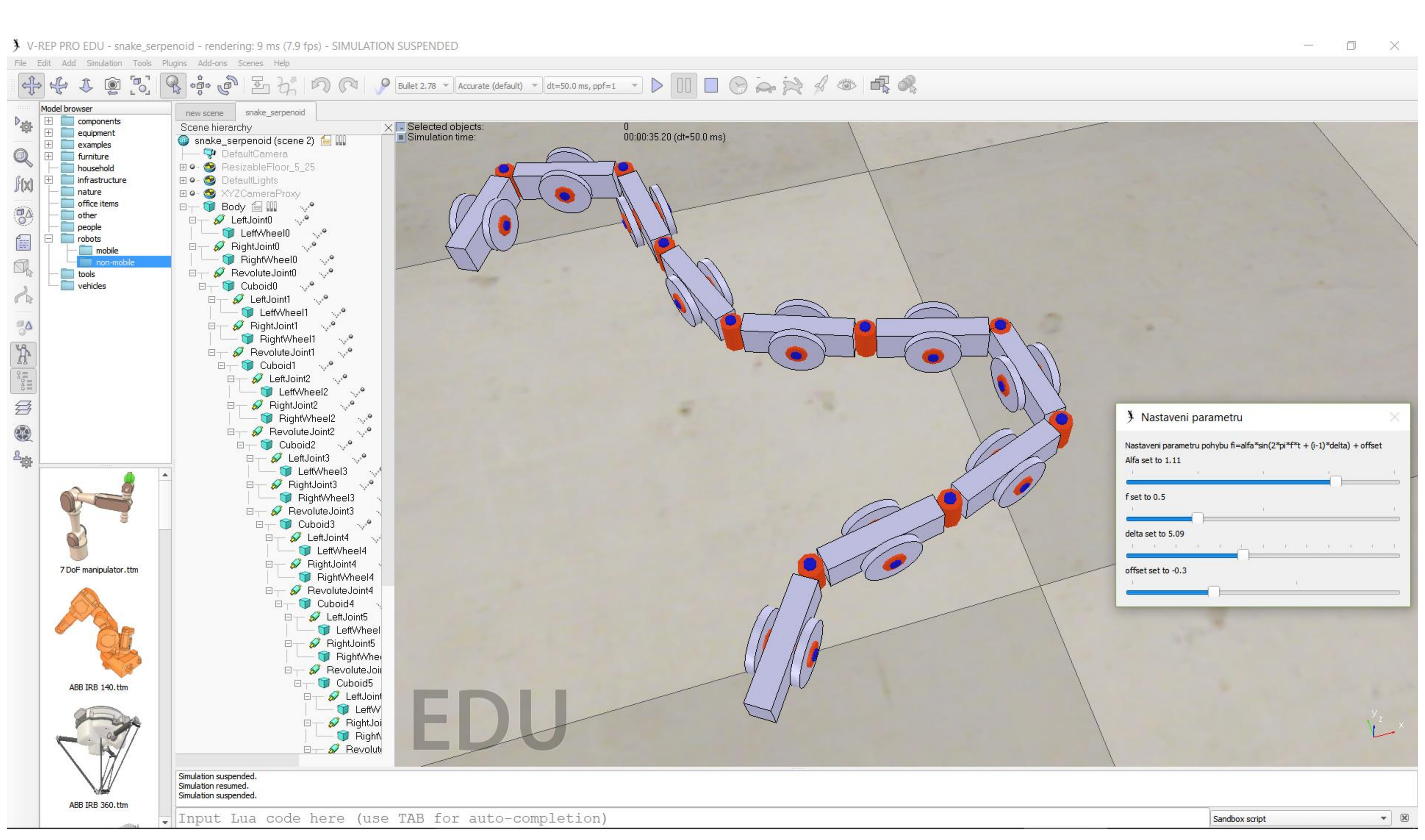
pohyb v ose x o 0.05

Posunutí v ose y



pohyb v ose y o 0.05

Simulační prostředí V-REP – serpenoidní input



Závěr

- Práce se zabývá popisem neholonomní mechaniky na příkladě segwaye a zejména pak čtyčlánkového hada
- Pohyby hada získáme numerickým řešením soustavy diferenciálních rovnic Runge-Kuttovou metodou 4. řádu
- Pomocí algoritmu getParameters byly vypočteny časy jednotlivých pohybů tak, aby bylo možné pohybovat hadem v rovině s návratem do stejného natočení
- Opakováním těchto pohybů řídíme pohyb hada
- Při praktické realizaci se musí pohyby Lieovy závorky aproximovat (podobným způsobem jako na prvním obrázku v příkladě segwaye)
- V simulačním prostředí V-REP byl aplikován serpenoidní input