

Analýza pohybu RC autíčka pro návrh autonomního řízení

Jakub Matoušek¹

1 Úvod

Autonomní řízení osobních i nákladních automobilů v současné době přitahuje čím dál větší pozornost. Velké společnosti jako Google nebo Tesla investují nemalé prostředky na vývoj těchto autonomních řídicích systémů. Za zjednodušenou úlohu zabývající se tímto problémem může být uvažováno řízení modelu RC autíčka bez lidského zásahu. Pro návrh takového řízení je nejprve nutné ověřit model pohybu autíčka.

Cílem této práce bylo tedy ověření pohybového modelu RC autíčka a vytvoření základního grafického rozhraní s možností ovládní pohybu autíčka. Práce byla navíc rozšířena o úlohu detekce kolize autíčka s okrajem dráhy při znalosti jejího tvaru.

2 Řešení

Zjednodušený model pohybu autíčka lze najít například v práci od Rajesh Rajamani (2012). Tento model popisuje polohu autíčka, úhel natočení v rovině a úhel skluzu autíčka. Použitím Eulerovy dopředné metody diskretizace lze pohyb autíčka v každém časovém okamžiku $k = 0, 1, 2, \dots$ popsat diskrétním stavovým modelem

$$\begin{aligned}x_{1,k+1} &= u_{2,k} \cdot \cos(x_{3,k} + \beta_k) \cdot T_s + x_{1,k}, \\x_{2,k+1} &= u_{2,k} \cdot \sin(x_{3,k} + \beta_k) \cdot T_s + x_{2,k}, \\x_{3,k+1} &= \frac{u_{2,k} \cdot \cos(\beta_k)}{2l} \tan(u_{1,k}) \cdot T_s + x_{3,k}, \\ \beta_k &= \tan^{-1} \left(\frac{l \tan(u_{1,k})}{2l} \right),\end{aligned}\tag{1}$$

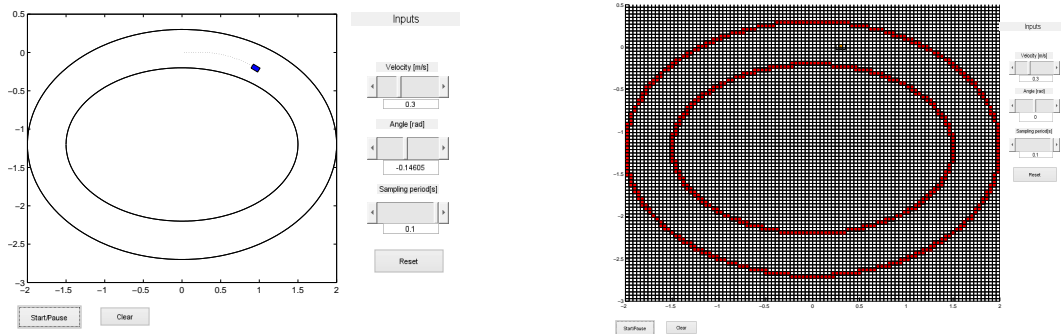
kde $x_{1,k+1}[m]$ je poloha těžiště autíčka v ose x, $x_{2,k+1}[m]$ je poloha těžiště autíčka v ose y, $x_{3,k+1}[rad]$ je úhel natočení autíčka vzhledem k inerciální vztažné soustavě, $\beta_k[rad]$ je úhel skluzu, $l[m]$ je vzdálenost předního a zadního kola, $u_{1,k}[rad]$ je úhel natočení předních kol, $u_{2,k}[m/s]$ je rychlost a $T_s[s]$ je perioda vzorkování. Stav systému je $\mathbf{x}_k = [x_{1,k}, x_{2,k}, x_{3,k}]^T$ a vstup systému je $\mathbf{u}_k = [u_{1,k}, u_{2,k}]^T$. Předpokládá se, že počáteční stav je známý. Pro zpřehlednění dalšího textu je vhodné zavést redukovaný stav $\mathbf{x}_k^p = [x_{1,k}, x_{2,k}]^T$.

Obrázek 1a představuje grafické rozhraní zobrazující pohyb autíčka po dráze ve tvaru elipsy. Pomocí příslušných tlačítek lze simulaci spustit, zastavit, pozastavit, nebo tlačítkem clear resetovat. Další součástí grafického rozhraní jsou posuvníky, pomocí kterých lze za běhu simulace nastavit rychlost autíčka, úhel natočení předních kol, či změnit velikost periody vzorkování. Posuvníky lze tlačítkem reset vrátit do původních poloh.

¹ student bakalářského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika a řídicí technika, e-mail: matoujak@students.zcu.cz

Pro další účely řešení úlohy návrhu autonomního řízení může být užitečné, použitím vhodné agregační funkce, vytvořit konečnou diskrétní množinu stavu polohy \mathbf{x}_k^p . Taková množina odpovídá $\mathcal{X}^p = \{\bar{x}_1^p, \bar{x}_2^p, \dots, \bar{x}_N^p\}$, kde \bar{x}_i^p je diskrétní stav polohy autíčka a N je počet všech možných diskrétních stavů polohy. Ilustrace množiny \mathcal{X}^p v podobě jednotné mřížky je zobrazena na obrázku 1b.

Detekce kolize slouží k odhalení kontaktu autíčka s okrajem dráhy. Za předpokladu vhodné matematické reprezentace tvaru dráhy a znalosti stavového modelu pohybu autíčka (1) lze různými způsoby ověřit, zda autíčko vyjelo z dráhy. V práci byla tato problematika řešena různými způsoby jak pro spojité, tak diskrétní stav polohy autíčka.



(a) Gr. rozhraní pro spojitou polohu autíčka

(b) Gr. rozhraní pro diskrétní stav pohybu autíčka

Obrázek 1: Grafická rozhraní

3 Závěr

V práci bylo analyzováno chování a pohyb RC autíčka při změně rychlosti, úhlu natočení přených kol a periody vzorkování. K vizualizaci pohybu po dráze posloužilo grafické rozhraní.

Další vývoj práce by měl směřovat k návrhu řízení pro tento model autíčka bez apriorní znalosti tvaru dráhy, tedy bez znalosti okolí. Toto řízení by mělo minimalizovat vhodně zvolené návrhové kritérium, ohodnocující pohyb autíčka na dráze. Budoucí cíle zároveň předpokládají implementaci algoritmů na reálný model RC autíčka.

Literatura

Rajesh Rajamani (2012) Vehicle Dynamics and Control *Mechanical Engineering Series*. Springer, Heidelberg, Germany chapter 2.