

Počítačové modelování jízdních manévrů silničního vozidla

Martin Hrabáčka¹

1 Úvod

Simulace rozsáhlého spektra jízdních situací v současnosti představují velmi významnou část vývoje nových silničních vozidel. Ke zdárné simulaci jízdy silničního vozidla je zapotřebí vyvinout dostatečně detailní matematický model vozidla a různých jeho komponent. Některé z komponent (volant, motor, brzdy atd.) se také musejí opatřit řídicími algoritmy za účelem řízení pohybu celého vozidla. Po implementaci modelu do programové podoby je též nutné připravit virtuální testovací trasu a celý model vhodně parametrizovat.

2 Modelování vozidla a jeho řízení

Pro potřeby této práce je odvozen rovinný dvoustupý dynamický model silničního vozidla, který má sedm stupňů volnosti. Tento model je dále opatřen Dugoffovým modelem kontaktu pneumatiky s vozovkou dle Rajamani (2006), čtyřkloubovým mechanismem směrového řízení, reálnou otáčkovou charakteristikou spalovacího motoru či převodovým ústrojím s možností řazení různých rychlostních stupňů a obyčejným diferenciálem.

Řízení směru jízdy vozidla je prováděno skrze řízení natočení volantu a pro tento účel byly implementovány dva různé řídicí algoritmy – „Follow the Carrot“ a „Pure Pursuit“, viz Amer et al. (2016). Oba algoritmy patří do kategorie geometrických algoritmů, jelikož pracují pouze na základě znalosti definované trasy a aktuální polohy vozidla v prostoru.

Pohon a brzdění vozidla jsou řízeny společným algoritmem, jenž využívá znalosti křivosti části úseku definované trasy nacházející se před vozidlem. Na základě výpočtu mezní rychlosti, při které nepřekročí odstředivá síla boční adhezní sílu pneumatiky, je určena míra sešlápnutí buď plynového, nebo brzdového pedálu, viz Chatzikomis a Spentzas (2009).

3 Numerická simulace a porovnání výsledků

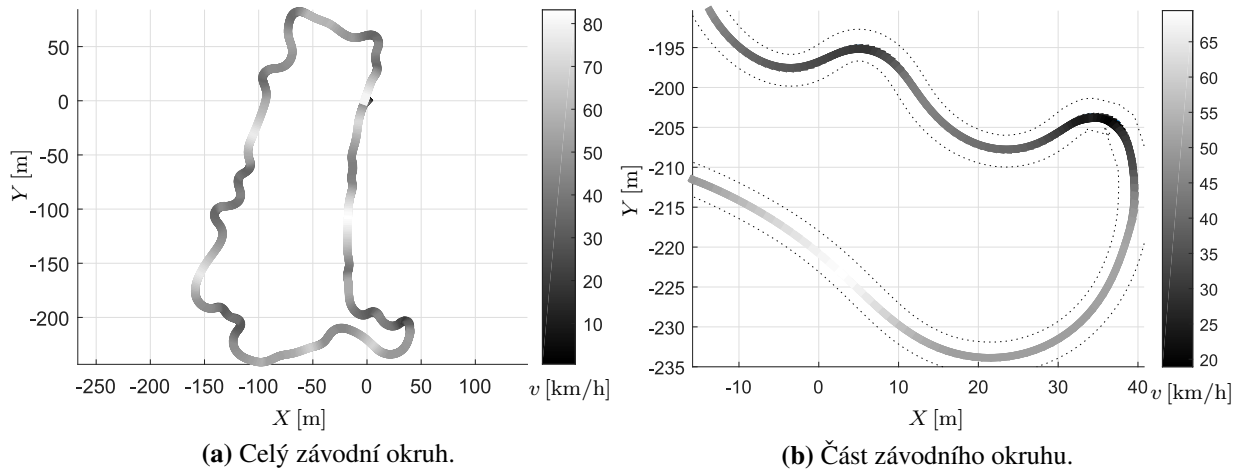
Model vozidla je nastaven tak, aby jeho parametry odpovídaly parametrům studentské formule *UWB04* týmu Západočeské univerzity v Plzni. Za účelem otestování chování modelu vozidla při různých jízdních situacích je vytvořen virtuální závodní okruh, jenž odpovídá skutečnému závodnímu okruhu soutěže Formule Student v Mostu. Taková komplexní trasa dokáže prověřit odvozený model v mnoha odlišných situacích.

Celý model je implementován v programovém prostředí MATLAB a využívá numerický řešič diferenciálních rovnic *ode23t*.

Na obrázku 1a je vykreslena definovaná trasa, která je překryta vypočítanou trajektorií vozidla obarvenou dle jeho aktuální rychlosti. Z obrázku je patrné, že se vozidlo nedostalo do výrazných potíží (opuštění trasy, minutí zatáčky atd.) a v pořádku absolvovalo celou definova-

¹ student navazujícího studijního programu Aplikovaná mechanika, specializace Dynamika konstrukcí a mechatronika, email: hrabackm@students.zcu.cz

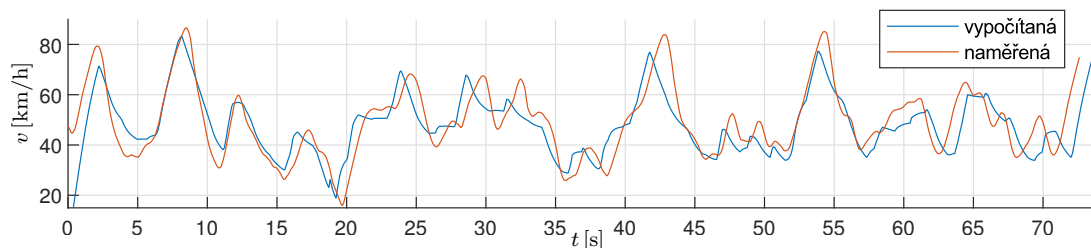
nou trasu. Efektivita řízení pohonu a brzdění se jeví jako velmi dobrá (na rovinných úsecích dosahuje rychlosti kolem 80 km/h, v zatáčkách jede pomaleji). Při podrobnějším zkoumání trajektorie vozidla vůči definované trase (viz obrázek 1b) se ukazuje, že i řízení natočení volantu pracuje velmi spolehlivě – trajektorie je vždy nachýlena k vnitřní straně zatáčky, ale stále se dodržuje jízda podél osy dráhy.



Obrázek 1: Trajektorie a rychlost vozidla.

Na obrázku 2 lze nalézt porovnání rychlosti vozidla vypočítanou při simulaci se skutečnou rychlostí studenstské formule *UWB04* při závodu v Mostu, která byla vypočítána na základě polohy vozidla dle GPS. Lze konstatovat, že došlo k výborné shodě výsledků – oba profily jsou si velmi podobné, což potvrzuje správnost použitých modelů, algoritmů a parametrů.

Úpravou parametrů modelu lze vyvinutá metodika využít pro modelování dynamiky jízdních manévřů i jiných silničních vozidel.



Obrázek 2: Porovnání vypočítané a naměřené rychlosti vozidla v průběhu závodního okruhu.

Literatura

- Amer, N. H., Zamzuri, H., Hudha, K., Kadir, Z. A. (2016) Modelling and Control Strategies in Path Tracking Control for Autonomous Ground Vehicles: A Review of State of the Art and Challenges. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*. pp. 225-254, DOI 10.1007/s10846-016-0442-0.
- Chatzikomis, C. I., Spentzas, K. (2009) A path-following driver model with longitudinal and lateral control of vehicle's motion. *Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens*. pp. 257-266, DOI: 10.1007/s10010-009-0112-5.
- Rajamani, R. (2006) *Vehicle Dynamics and Control*. Springer, Boston, USA, ISBN 978-1-4614-1432-2.