

Oponentní posudek bakalářské práce

Modelování a řízení jízdních manévrů silničního vozidla

Student: Martin Hrabačka
Vedoucí: Ing. Radek Bulín, Ph.D.
Studijní program: B3947 / Počítačové modelování v technice
Studijní obor: Počítačové modelování

Bakalářská práce je tématicky zaměřena na modelování jízdy silničního vozidla a jeho autonomního řízení při jízdě po zadané trati. Text práce o rozsahu 64 stran je rozdělen do čtyř kapitol a je doplněn jednou přílohou, která rozšiřuje obsah druhé a třetí kapitoly. Úvodní kapitola zasazuje téma práce do kontextu využití různých metod modelování v oblasti vývoje automobilů a jejich autonomního řízení. Dále jsou zformulovány cíle práce. Následující dvě kapitoly se věnují matematickému modelování vozidla a automatického řízení jeho zatáčení a řízení pohonu vozidla tak, aby se pohybovalo po předem definované trati s ohledem na zajištění stability pohybu.

V druhé kapitole jsou detailně vysvětleny přístupy k modelování kontaktu pneumatiky s vozovkou na základě rozboru působících sil a je představen tzv. Dugoffův model pneumatiky, který je dále využit. Následně jsou formulovány tři matematické modely vozidla: jednostopý kinematický, jednostopý dynamický a dvoustopý dynamický model respektující nezávislý rotační pohyb všech čtyřech kol. Poslední zmíněný model tvoří základ aplikační části práce a je doplněn o model mechanismu směrového řízení. V závěru této kapitoly je formulován matematický popis pohonu vozidla, který je tvořen spalovacím motorem s danou výkonovou charakteristikou a převodovkou s možností řazení jednotlivých rychlostních stupňů. Třetí kapitola se zaměřuje na modelování řízení směru jízdy vozidla (tj. řízení natočení volantu) a řízení hnacího (popř. brzdícího) momentu kol. Pro oba případy jsou formulovány odpovídající řídicí algoritmy. Pro sledování zadané trasy a s tím spojené řízení natočení volantu je využito algoritmů: follow the car a Pure Pursuit. Řízení hnacího momentu pak závisí na rychlosti vozidla a křivosti části trasy nacházející se před vozidlem.

Hlavní přínos práce tvoří poslední, čtvrtá, kapitola, v níž jsou prezentovány výsledky simulací, které byly získány na vytvořeném komplexním výpočtovém modelu reálného vozidla - studentské formule *UWB04*. Výpočtový model byl implementován v prostředí MATLAB a umožňuje simulovat autonomní jízdu vozidla po reálném závodním okruhu. Další významný přínos práce spočívá ve srovnání výsledků s daty získanými při závodu Formule Student na závodním okruhu v Mostě. Toto srovnání vykazuje dobrou kvalitativní shodu. Na závěr byly provedeny parametrické studie vlivu vybraných parametrů řízení na dynamické chování vozidla. Závěr práce shrnuje získané výsledky a nastiňuje další směry pro pokračování práce.

V průběhu obhajoby prosím autora o reakci na následující dotazy:

- Na Obr. 2.27 je uvedena otáčková charakteristika spalovacího motoru v rozsahu přibližně 6500 – 12000 ot./min. Nicméně vozidlo se během jízdy pohybuje i v nižších otáčkách. Jaká charakteristika byla pro tyto případy využita?

- V kapitole 4, v komentáři k Tab. 4.1 je zmíněno, že rychlost vozidla nesmí být v průběhu simulace nulová. Z jakých důvodů vyvstává tento požadavek a jak je během simulací zajištěn?

Shrnutí. Práce má vhodně zvolenou strukturu. Jednotlivé modely a strategie řízení jsou vždy dostatečně a detailně popsány a doplněny vhodně volenými obrázky a diagramy. Významný přínos práce spatřuji zejména ve vlastní implementaci vytvořeného modelu silničního vozidla včetně jeho autonomního řízení v systému MATLAB. Získané výsledky autor vždy patřičně komentuje a do souladu s pohledem inženýrské praxe. Rozsahem a úrovní zpracování předložená práce překračuje standardní požadavky na bakalářskou práci. Autor jednoznačně prokázal schopnost samostatné tvůrčí práce v oblasti matematického a výpočtového modelování a dále prokázal schopnost analyzovat výsledky a formulovat odpovídající závěry. Předložená bakalářská práce splňuje všechny stanovené cíle. Bakalářskou práci hodnotím známkou **v ý b o r n ě** a doporučuji k obhajobě.

V Plzni dne 20.7.2020

Ing. Miroslav Byrtus, Ph.D.