

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Automatické řízení pro RC drag racing: maximální zrychlení a efektivní brzdění
Jméno autora:	David Krňávek
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Vedoucí práce:	doc. Ing. Zdeněk Hurák, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra řídicí techniky FEL ČVUT

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Náročnost zadání je adekvátní. V minimalistickém pojetí bylo možné práci splnit se znalostmi poskytnutými ve studovaných předmětech v bakalářském programu, v ambicióznějším pojetí – a to si student zvolil – bylo nutné dostudovat si některé pokročilejší metody odhadování a řízení.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Všechny body zadání byly uspokojivě splněny.	

Aktivita a samostatnost při zpracování práce	A - výborně
<i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatné tvůrčí práce.</i>	
Student byl při řešení aktivní a iniciativní. Zjevně přijal zadaný projekt za svůj.	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Ačkoliv by navržený řídicí systém (jeho architektura i nastavení/naladění jednotlivých komponent) měl jistě užitek z dalších návrhových iterací a z důkladnějšího studia metod odhadování a řízení, i ve stávající verzi je odborná úroveň práce – s vědomím, že jde o práci bakalářskou – velmi dobrá až výborná.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je psána česky. Vysázena je v systému LaTeX s dodrženým základních zvyklostí.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	B - velmi dobře
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	
Mezi odkazovanými zdroji je kromě manuálů k softwarovým nástrojům a dokumentace k použité instrumentaci pouze pár klasických studijních/výzkumných zdrojů typu odborného článku, knihy, či kvalifikační práce, a to převážně těch, co jsem sám doporučil. Pravděpodobně by se zdrojů toho druhého typu dalo najít více, ale vyložene potřebné ke splnění zadaného úkolu to nebylo a vytvoření důkladného přehledu <i>state of the art</i> jsem s ohledem na množství jiné práce ani nevyžadoval.	

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Vložte komentář (nepovinné hodnocení).

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení.

Jde o velmi povedený komplexní projekt z oblasti automatického řízení. Vyžadoval zvládnutí hardwaru (volba a integrace senzorů, včetně řešení mechanických aspektů, zapojení nové řídicí jednotky), softwaru (především celý pracovní řetězec pro rychlé prototypování založený na generování kódu ze Simulinku), modelování (vazební grafy pro model dopředné dynamiky vozidla pomocí vazebních grafů, včetně zahrnutí prokluzu), identifikace (určení některých fyzikálních parametrů z experimentálních dat) a návrhu řízení (LQR). Funkčnost byla demonstrována s reálným systémem (RC autíčkem).

Jakkoliv předvedená funkčnost není dokonalá, její vylepšování může být (a bude, bylo to totiž motivací pro tento projekt) cílem úloh zadávaných v předmětech o automatickém řízení a odhadování.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 7.6.2024

Podpis:

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Automatické řízení pro RC drag racing: maximální zrychlení a efektivní brzdění
Jméno autora:	David Krňávek
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Oponent práce:	doc. Ing. Tomáš Haniš, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	ČVUT – FEL, Katedra řídicí techniky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	mimořádně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání bakalářské práce hodnotím jako velmi náročné. Zadání kombinuje aplikaci teoretických poznatků, které si student bakalářského studia musí samostatně dostudovat, a praktické implementace na reálném embedded HW.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Práce splňuje zadání v plném rozsahu	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup hodnotím jako správný. Student demonstroval schopnost využití teoretických poznatků, které získal během studia a aplikovat je na velmi obtížný regulační problém.	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odborná úroveň plně naplňuje a v mnohém překračuje nároky na bakalářskou práci.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je psána v českém jazyce, což omezuje její dopad a možnost využití v zahraničí. Počet chyb a překlepů je minimální a rozhodně neubírají na srozumitelnosti práce.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	C - dobře
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	
Práce dodržuje formální nároky na citační etiku. Rešeršní část je nicméně nedostatečná, což se projevuje na nutnosti opětovného vyřešení technický detailů, které jsou v literatuře, a i v několika předchozích závěrečných pracích obhájených na naší katedře řešeny.	

Další komentáře a hodnocení
<i>Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.</i>

Vložte komentář (nepovinné hodnocení).

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Student úspěšně převzal zmenšenou testovací platformu založenou na RC autíčku, kterou upravil o micro-kontrolér řady TI C2000 s podporou Matlab & Simulink embedded coder. Dále navrhl několik softwarových funkcí pro odhad rychlosti vozu. Na základě odvozeného nelineárního modelu podélné dynamiky vozu, kterou parametrizoval na základě identifikačních experimentů, připravil linearizovaný model pro návrh jednotlivých regulátorů kontroly trakce metodou LQ. Výsledky ověřil na simulacích a později pomocí jízdních experimentů.

Otázky:

- 1) Odvození matematického modelu vždy zahrnuje řadu zjednodušujících předpokladů. Ve vašem případě se jedná především o zanedbání příčné dynamiky vozu. Můžete prosím shrnout vaše zjednodušující předpoklady? Proč si myslíte, že je toto zjednodušení vhodné v případě V&V modelu?
- 2) V kapitole 5 představujete výslednou architekturu regulačního obvodu s podřazenou smyčkou na řízení podélného skluzu kol a nadřazenou smyčkou na pro řízení polohy vozu. Většinou se ještě používá jedna vložená smyčka pro řízení rychlosti vozu a její saturace. Můžete prosím diskutovat výhody a nevýhody vašeho řešení?
- 3) V kapitole 5.1.1 prezentujete linearizaci vašeho modelu. V porovnání na obrázku prezentujete skok proudu z 2 A na 9 A a -3 A. Můžete prosím okomentovat volbu těchto pracovních bodů a platnosti linearizačních předpokladů? Poznámka: většinou se akční zásah také zobrazuje pro lepší názornost a čitelnost výsledků.
- 4) Čím si vysvětlujete zvlnění odezvy linearizovaného modelu prezentovaného na obrázku 5.5?
- 5) V sekci 5.1.2 prezentujete výsledky pro LQ regulátor podélného skluzu pneumatiky. Z obrázku 5.7 je patrně nedostatečná kvalita řízení pro oblast brždění již na simulačním modelu. Můžete okomentovat jak váš postup?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 6.6.2024

Podpis: