

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Modeling and control of two-legged wheeled robot
Jméno autora:	Bc. Adam Kollarčík
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Vedoucí práce:	Ing. Martin Gurtner
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra řídicí techniky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Ke splnění všech bodů zadání bylo nutné nastudovat pokročilé techniky z oblasti modelování systémů a také z oblasti numericky optimálního řízení systémů. Z toho důvodu hodnotím zadání jako náročnější.	

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>	
Předložená diplomová práce splňuje všechny body zadání.	

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 samostatně tvůrčí práce.</i>	
Postup práce byl průběžně konzultován. Student byl vždy připravený. Jedinou výtku bych snad měl k tomu, že samotný text práce vznikl až hodně na poslední chvíli a celkem ve spěchu. Domnívám se ale, že tím kvalita textu nijak výrazně neutrpěla.	

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>	
Student musel v této práci použít znalosti z modelování a řízení systémů, které nemohl nabít v rámci předchozího studia. Sám byl schopen si v odborné literatuře najít potřebné informace a následně je uplatnit. Řídicí systém navržený v rámci této práce byl nasazen na reálného robota, který je díky němu schopen provádět působivě prudké manévry. Výsledky této práce budou sloužit jako velmi solidní základ pro další rozvoj řídicího systému zmíněného robota.	

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 anglickém jazyce. Text je stručný, místy obsahuje kostrbaté obraty, ale myslím, že je vždy srozumitelný. Oceňuji velmi dobrou grafickou a typografickou úroveň práce.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<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>	
Dle mého názoru jsou všechny relevantní zdroje v práci uvedeny a korektně citovány.	

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

Hlavním cílem této diplomové práce bylo vytvořit zjednodušený model a řídicí systém pro prototyp robota s poměrně netradiční konstrukcí. Možnost inspirace v existující literatuře byla tudíž velmi omezená. Student si sám musel nastudovat modelování mechanických systémů s uzavřenou kinematickou vazbou a vypořádat se s obtížemi spojenými s řízením takovýchto modelů. Studentem navržený řídicí systém byl úspěšně nasazený na reálného robota, přičemž se ukázal být velmi funkčním. Dílčím úkolem bylo též v simulacích s robotem vyskočit do vzduchu. Pro tento účel bylo nutné si nastudovat pokročilé techniky z oblasti optimalizace trajektorií pro hybridní dynamické systémy (hybridních proto, že robot je buď na zemi nebo ve vzduchu). Tento nesnadný úkol byl také úspěšně splněn. Postup práce je v textu rozumně stručně a srozumitelně zdokumentován. Z výše uvedeného je patrné, že student prokázal schopnost samostatně řešit složité problémy.

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

Datum: 24.1.2021

Podpis:

Posudek oponenta diplomové práce

<i>Jméno studenta:</i>	Adam Kollarčík
<i>Název práce:</i>	Modelování a řízení dvounohého kolového robota
<i>Klasifikace:</i>	90b, A (výborně / excellent)

Slovní hodnocení:

✓ formální a jazyková úroveň práce:

Práce je formálně na velmi vysoké úrovni včetně sazby rovnic, číslování atd. Snad jen několik popisů obrázků (např. 1.2) by mohlo být výstižnějších. Velmi oceňuji volbu anglického jazyka, i když je to patrně na pracovišti ČVUT standardem. V práci jsou sice některé gramatické chyby, ale tomu se lze u tak rozsáhlého cizojazyčného textu těžko vyhnout. Nicméně pokud by se diplomant rozhodl např. publikovat výsledky ve formě vědeckého článku, doporučil bych finální jazykovou korekturu.

✓ struktura a členění práce:

Členění práce je přehledné, od úvodu přes tvorbu modelu a simulace až po návrh vlastního řízení a reálné experimenty. Již z úvodního obsahu si lze učinit představu o myšlenkovém toku celé práce. Pouze volba podkapitol části 3 je trochu matoucí („Jumping Maneuver“ jako podkapitola „Control System“). Části 3.1.1 a 3.1.2 tematicky zapadají spíše do kapitoly 2 (modelování a simulace). V úvodní části chybí detailnější informace o obecném principu návrhu řízení s rekonstruktorem stavu, linearizaci, atd.

✓ přehled dostupné literatury a relevantních zdrojů:

Autor uvádí seznam 17ti referencí zahrnujících knihy, vědecké články na konferencích i v časopisech. I když seznam jistě není vyčerpávající, pro DP je zcela adekvátní. Reference nicméně mohly být podrobněji analyzovány a zhodnoceny (klady, zápory) právě v úvodní části. Zajímavé by bylo explicitně zmínit vztah k předchozím výzkumným aktivitám na pracovišti, je-li nějaký, a to včetně publikací.

✓ způsob řešení a tvůrčí zpracování

Celkově způsob řešení odpovídá modernímu návrhu řízení na základě modelu. Diplomant v práci obsáhl značnou část problematiky návrhu zpětné vazby (SW, HW, sensory, komunikace). Vlastní kreativní přínos autora he zřejmý. K samotnému zpracování mám celou řadu drobných otázek, které necht' jsou vnímány spíše jako podněty pro další práci a otázky do diskuze:

1. Volba platformy Gazebo je v pořádku. Nicméně co se týče ko-simulace se Simulinkem, mohlo by být užitečné prozkoumat např. podporu standardu FMU, jenž dnes „propojuje“ mnoho simulačních SW. Mohl by být užitečný?
2. Byly nějaké problémy při ladění parametrů modelu (tj. dosažení dostatečné shody modelu s realitou)? Např. uvažování stejného tření ve všech „jointech“ by mohlo vnášet nepřesnosti. U systémů typu inverzních kyvadel je toto často zásadní problém.
3. Autor se odvolává na robot Ascento. Byla převzata pouze topologie či další parametry jako rozměry, hmotnosti, atd.?

4. Bylo by zajímavé trochu více rozebrat principy WBC a porovnat implementační nároky ve smyslu HW, SW, atd se zvoleným řízením.
5. V úvodu je zmíněno, že signály jsou filtrovány low-pass filtrem. Je toto řešení optimální ve spojení s Kalmanovým filtrem? Obrázek se systémovou blokovou architekturou celého systému řízení a komunikace by pomohl věci lépe objasnit.
6. Byla zmíněna šířka pásma regulační smyčky 1kHz. Bylo by zajímavé analyzovat systém též ve frekvenční oblasti (např. Bodeho grafy). U řízení složitějších nestabilních systémů jsou klíčové pro zajištění dostatečné robustnosti.
7. Byly platformy Teensy a ODROID dostatečně výkonné pro danou aplikaci? Bude možné algoritmy dále rozšiřovat a zesložit'ovat?

✓ rozsah realizace:

Domnívám se, že tematický rozsah práce je značný, překračující běžné požadavky na DP.

✓ splnění zadání: **Splnil**

jméno autora posudku: Ing. Martin Čech, Ph.D. (ZČU v Plzni)

datum a místo: 20.1.2021, Plzeň

podpis:

