

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	High-Fidelity Modeling of Hexapod Walking Robot Locomotion / Model pohybu šestinohého kráčejičího robotu
Jméno autora:	Minh Thao Nguyenová
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Vedoucí práce:	Doc. Ing. Jan Faigl, Ph.D. a Ing. Petr Čížek
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra počítačů

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b> <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> Předložená práce se zabývá návrhem a modelováním věrohodné simulace šestinohých kráčejičích robotů. V úloze modelování je kladem důraz na věrohodnost proprioceptivních měření, která jsou důležitým ukazatelem efektivity pohybu robotu zejména v nerovném prostředí. Práce je primárně zaměřena na simulaci pohybu robotu, ale zároveň předpokládá i návrh nového šestinohého kráčejičího robotu, na kterém je očekáváno, že bude metodika věrohodné simulace ověřena. Zadání práce považujeme za mimořádně náročné, neboť řešení vyžaduje kombinaci jak softwarového řešení, tak hardwarové realizace.	<b>mimořádně náročné</b>
<b>Splnění zadání</b> <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> V práci se podařilo vytvořit metodiku vytvoření věrohodného simulačního modelu šestinohých kráčejičích robotů. Metodika byla nejprve ověřena na starším typu robotu. Následně studentka sestavila prototyp nového robotu, na kterém byla metodika rovněž aplikována. Zadání proto považujeme za bezesbytku splněné. Nad rámec zadání se studentce podařilo výsledky modelování staršího typu robotu konsolidovat v podobě konferenčního příspěvku na konferenci „2018 Modelling and Simulation for Autonomous System (MESAS 2018).“	<b>splněno</b>
<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b> <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> Během řešení bakalářské práce studentka pracovala samostatně a vždy byla velmi dobře připravena na pravidelné konzultace a to jak technického charakteru, tak konzultace při vlastním psaní textu práce.	<b>A - výborně</b>
<b>Odborná úroveň</b> <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i> V práci navržené řešení vychází z detailního nastudování a porozumění principu fungování simulačního prostředí a navržená metodika vhodně skládá a ověřuje dílčí bloky simulace. S ohledem na komplexnost problematiky, demonstrují dosažené výsledky nejen efektivní využití existujících zdrojů a získaných znalostí z odborné literatury, ale také detailní porozumění problematice.	<b>A - výborně</b>
<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b> <i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i> Rozsah práce odpovídá charakteru bakalářské práce. Text je dobře strukturovaný a vhodně doplněn obrázky a ilustracemi. Přestože práce obsahuje řadu překlepů, výrazně nesnižují čtivost ani srozumitelnost textu. Nicméně text by zasloužil více pozornosti.	<b>B - velmi dobře</b>

#### Výběr zdrojů, korektnost citací

**A - výborně**

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.

Práce vychází z aktuální literatury a dostupné technické dokumentace použitých řešení. Všechny relevantní zdroje jsou řádně citovány.

#### 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.

Studentka v rámci řešení bakalářské práce realizovala komplexní simulační model, který poskytuje vysokou míru věrohodnosti a umožňuje přímo použít algoritmy v simulovaném i reálném prostředí bez nutnosti opětovného ladění parametrů algoritmů na reálném robotu. Kromě již zmíněné konferenční publikace na MESAS 2018, kterou studentka sama připravila, bylo testování v bakalářské práci vytvořeném modelu klíčovou součástí publikace „Petr Čížek and Jan Faigl: Self-supervised learning of the biologically-inspired obstacle avoidance of hexapod walking robot. *Bioinspiration & Biomimetics*, 2019.“ Dále je vytvořený simulační model aktivně využíván ve výuce magisterského předmětu „Umělá inteligence v robotice (B4M36UIR).“ Z těchto důvodů nemáme pochyb o dalším využití v práci vytvořeného simulačního modelu šestinohých kráčejičích robotů v rámci výzkumných a výukových aktivit Laboratoře výpočetní robotiky.

### III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

V rámci své bakalářské práce studentka navrhla komplexní simulační model staršího robotu, ale i model zcela nového, v práci navrženého, šestinohého kráčejičícího robotu. Vytvořený věrohodný model umožňuje přenášet algoritmy přímo mezi simulovaným a reálným prostředím bez nutnosti opětovného ladění parametrů. Práci proto považujeme za velmi povedenou a studentka rozhodně prokázala schopnost samostatného nastudování problematiky, návrhu vhodné metodiky vyhodnocení reálných sensorických dat a také experimentálních scénářů. Rovněž prokázala schopnost prezentace výsledků svého snažení ve vlastním textu bakalářské práce. Nad rámec práce studentka konsolidovala část výsledků v konferenční publikaci MESAS 2018, a výsledky její práce jsou aktivně využívány v rámci výzkumných aktivit Laboratoře výpočetní robotiky i ve výuce.

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

Datum: 9.6.2019

Podpis:

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	High-Fidelity Modeling of Hexapod Walking Robot Locomotion
<b>Jméno autora:</b>	Nguyen Minh Thao
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra počítačů
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Vojtěch Vonásek, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Katedra kybernetiky

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Cílem bakalářské práce bylo vytvořit model šestinožného robota pro realistickou simulaci, vytvořit robota s použitím 3D tisku a porovnat lokomoci reálného a simulovaného robota. Téma je velmi dobře zvoleno, je aktuální a na bakalářskou práci docela náročné.	

<b>Splnění zadání</b>	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>	
Zadání bylo splněno.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	vynikající
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Hlavní část práce je vytváření realistického simulačního modelu robota. Jednotlivé části robota byly modelovány v CADu a pro simulaci v prostředí V-REP byly zvláště modelovány objekty pro hmotnost a výpočet kolizí, dále byly jednotlivé části propojeny kloubovými spoji, které jsou ovládány jednoduchým P-kontrolerem, jehož parametry byly nastaveny porovnáním s reálným robotem. Tento postup je správný. Zajímavé je použití výpočtu static-stress pro modely nohou.	

<b>Odborná úroveň</b>	A-výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Práce kombinuje řadu znalostí (tvorba modelů v simulátoru, modelování v CAD, programování, implementaci komunikačních protokolů, nastavování regulátorů) a studentka prokázala, že se ve všech těchto oblastech snadno vyzná.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	A-výborně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je psána anglicky, během čtení jsem nenašel jedinou gramatickou chybu nebo překlep. Text je vhodně a logicky členěn do kapitol, které na sebe plynule navazují. Vše je doplněno moc pěknými obrázky a ilustracemi. Typograficky je práce na velmi dobré úrovni, taktéž zpracování grafů, které mají jednotný styl, je vynikající. Číst tuto práci byl opravdu požitek.	

<b>Výběr zdrojů, korektnost citací</b>	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>	
Přehled literatury, který je uveden v kapitole 3 je sice jen na dvě strany, ale zahrnuje relevantní literaturu. Citované články	

jsou dobře, byť stručně, popsány. Modelování složitých robotických systémů bylo dále popsáno např. v oblasti modulární robotiky nebo tvorby tzv. grasping-device robotických manipulátorů, ale to jsou oblasti již více vzdálené předmětu práce. Výběr literatury jako správný.

#### **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, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE**

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

#### **Otázky:**

1. V části 5.2.3. (str. 21) píšete: „Although V-REP supports importing mesh objects, geometric simplifications were necessary to perform the simulation.“ **Můžete vysvětlit, jaké geometrické zjednodušení bylo použito? Můžete ukázat, jak byly přiděleny hmotnosti těmto meshům (nebo jejich zjednodušení)?**

2. Chování simulovaného a reálného robotu je porovnáno pouze na základě proprioceptivních senzorů, tj. na základě shody pohybu nohou/jejich kloubů (sekce 7.2.3, str. 33). Přesný pohyb **jednotlivých nohou** (tj. simulace odpovídá realitě) však ještě nezaručuje, že se **celý robot** pohybuje v simulaci stejně jako v realitě, neboť tento pohyb je závislý např. na přesnosti modelu tření mezi robotem a povrchem. **Můžete ukázat, jak se pohybuje simulovaný robot vs. reálný robot na rovině?**

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

Datum: 10. června 2019

Podpis: