

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>Ovládání robota při interakci s těžkým terénem pomocí zpětnovazebného učení</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>David Korčák</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra Kybernetiky
<b>Vedoucí práce:</b>	Karel Zimmermann
<b>Pracoviště vedoucího práce:</b>	Katedra Kybernetiky

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání integruje pokročilé koncepty hlubokého posilovaného učení, rychlé paralelizovatelné simulace s problematikou řízení robota v náročném terénu. Vyžaduje porozumění simulačním prostředím, návrhu RL algoritmů, práci s neuronovými sítěmi. Kromě toho zahrnovala i reimplementaci a optimalizaci gradientního simulátoru pohybu robota na nerovném terénu pro rychlé a stabilní výpočty na GPU, což přidává značnou technickou složitost.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</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>	
Práce splňuje všechny body zadání. Student provedl důkladnou analýzu simulačních frameworků (AGX Dynamics, Project Chrono, monoforce simulátory) a metod RL, včetně jejich aplikací na kolové a pásové roboty. Navrhl a implementoval RL řešení pro navigaci robota MARV, a použil algoritmus PPO pro trénování řídicí policy. Klíčovým přínosem je přepsání stávajícího gradientního simulátoru pohybu robota na nerovném terénu, který optimalizoval pro vysokou rychlost a stabilitu na GPU. Výsledky byly podrobně diskutovány, včetně analýzy robustnosti a generalizace na neviděných prostředích. Práce přesahuje zadání díky pokročilým technikám, jako je automatické ladění hyperparametrů inspirované AutoRL, ensemble a kombinace offline RL s online gradientní optimalizací (MPPI s trajektoriovou optimalizací), což je technicky možné díky novému rychlému a diferencovatelnému simulátoru. Jediným omezením je absence testování na reálném robotu kvůli přechodu z ROS1 na ROS2, což bylo kompenzováno realistickými simulacemi s vysokým šumem.	

<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b>	<b>A - výborně</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>	
Student prokázal vysokou míru aktivity a samostatnosti. Průběžně konzultoval postup se školitelem a ostatními kolegy z naší výzkumné skupiny. Vždy chodil na konzultace velmi dobře připraven a dokázal dobře vysvětlit kde je problém.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odborná úroveň práce je velmi vysoká. Student efektivně využil znalosti ze studia a dostupné literatury a aplikoval je na komplexní problém. Práce integruje pokročilé techniky, jako je hluboké posilované učení, GPU-akcelerovaná simulace a doménová randomizace.	

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**A - výborně**

*Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.*

Formální zápisy jsou použity správně a přehledně. Práce je typograficky kvalitní, s jasnou strukturou a logickým uspořádáním. Jazyková úroveň je velmi dobrá, text je srozumitelný a odborně přesný. Rozsah práce (104 stran + přílohy) odpovídá náročnosti zadání.

**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.*

Student pečlivě vybral 59 relevantních zdrojů pokrývajících RL, robotiku a simulační prostředí, včetně klíčových prací jako je např. Schulman et al. (PPO) a Kumar et al. (RMA) a dobře vysvětlil jejich vztah ke svojí práci.

**III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE**

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

Davidova práce vyniká vysokou odbornou úrovní, technickou zdatností a inovativním přístupem, zejména v implementaci GPU-optimalizovaného simulátoru a mnoha dalších detailů jako je ensemble policy, automatický výběr trénovacích prostředí a automatické ladění hyper-parametrů bez kterých by RL bylo prakticky nepoužitelné. Experimentální část je důkladná, s podrobnou analýzou a statistickým vyhodnocením zahrnujícím i analýzu robustnosti na "out-of-distribution" terénech což je z pohledu budoucího nasazení v reálném prostředí klíčové. Drobné nedostatky, jako je absence testování na reálné platformě, nelze klást studentovi za vinu, protože poskytnutí reálné platformy nebylo technicky možné z důvodu opožděného přechodu z ROS1 na ROS2 na straně zadavatele. Práce má potenciál přispět k výzkumu v RL a robotice. Hlavní potenciál budoucí práce vidím v kombinaci offline optimalizace (RL) s online gradientní optimalizací (MPPI s lokální optimalizací trajektorie), která je nyní možná díky rychlému a diferencovatelnému simulátoru, který student také vyvinul. Další zajímavý směr vidím ve využití analytického gradientu v posilovaném učení.

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

Datum: 30.5.2025

Podpis: