

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Analysis of State-of-the-Art Quadruped Locomotion Controllers for Use in Simulation</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Jakub Jon</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra kybernetiky
<b>Vedoucí práce:</b>	Mgr. Martin Pecka, Ph.D.
<b>Pracoviště vedoucího práce:</b>	Katedra kybernetiky, FEL ČVUT

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	mimořádně náročné
Zadání této práce byla velká výzva, neboť od studenta bakalářského oboru vyžaduje implementaci několika state-of-the-art algoritmů a další práci s nimi. Takto náročné zadání bylo zvoleno po předchozí spolupráci se studentem na bakalářském projektu, v rámci něhož předvedl, že implementaci těchto state-of-the-art algoritmů zvládne s nečekanou lehkostí a s hlubokým porozuměním.	
<b>Splnění zadání</b>	splněno
Zadání bylo bezezbytku splněno. Student implementoval několik state-of-the-art metod pro řízení čtyřnohých robotů a pomocí těchto implementací mohl řídit robota Anymal D simulovaného v simulátoru Gazebo. V tomto simulátoru vyvinul překážkovou dráhu, na které se dají dobře poznat rozdíly mezi jednotlivými algoritmy. Následně algoritmy na tomto benchmarku vyhodnotil a zjistil, kde má který algoritmus slabiny a silná místa. Na základě této zkušenosti navrhl efektivní kombinovaný algoritmus, který střídá méně robustní, ale přesnější kontrolér s rychlejším a robustnějším podle toho, který se zrovna vyplatí více. Tento kombinovaný kontrolér je podrobený stejným testům jako ostatní a opravdu se ukazuje, že v kontextu celkového výkonu funguje nejlépe. Student také navrhl vhodnou metriku pro porovnání kontrolérů a ty pomocí této metriky vyhodnotil.	
<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b>	A - výborně
Student pracoval z velké části samostatně. Zároveň pravidelně docházel na domluvené konzultace a prakticky každý týden přinesl novinky ohledně postupu práce a několik dotazů směrem k budoucímu pokračování prací. Rady a připomínky vedoucího vždy pohotově zapracoval. V průběhu semestru student sám s minimální pomocí zdolal nejen několik komplikovaných technických problémů, ale i si sám vyhledával další výzvy nad rámec zadání.	
<b>Odborná úroveň</b>	A - výborně
Po odborné stránce považují práci za velmi kvalitně zpracovanou. Student zvolil vhodnou míru podrobností při popisu state-of-the-art algoritmů, takže čtenář už při čtení bakalářské práce získá intuici ohledně toho, jak popisované algoritmy fungují. Vzhledem k jejich komplikovanosti považují za správné, že student čtenáře odkazuje na původní publikace pro dostudování detailů. Navržené metriky a testy dávají dost dobrý smysl a z jejich vyhodnocení jsou vyvozeny smysluplné závěry.	
<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	A - výborně
Po jazykové stránce není práci co vytknout. Použitá angličtina je čistá a s vhodně zvolenými termíny. Doprovodná grafika je vizuálně dobře zpracovaná a čtenáři opravdu pomáhá s pochopením textu. Rovnice a další formální zápisy jsou vyvedeny podle zavedených zvyklostí.	

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

A - výborně

Student využil mnoho zdrojů, včetně několika impaktovaných článků specifikujících algoritmy, které student implementoval. Část implementace již byla hotová v open-source knihovněch, a tyto části student vhodně označil a odlišil od práce, kterou odvedl sám. Formát seznamu použité literatury je v pořádku.

**Další komentáře a hodnocení**

Chtěl bych velmi ocenit úroveň vyvinutého kódu. Student si dal velmi záležet na tom, aby jeho práce byla dobře dokumentovaná, poskytl funkční návod na instalaci a mnoho příkladů, které se dají spustit několik málo příkazy.

Nikde jsem nenašel popis toho, jak funguje ovládání gamepadem. Nakonec je to vcelku přirozené, ale neuškodilo by toto ovládání v dokumentaci explicitně popsat.

Vyvinuté implementace kontrolérů fungují v jednodušších případech dobře. Při rychlejších pohybech nebo na komplikovanějším terénu se může stát, že řízení selže a robot spadne. Často je to způsobené nevhodnými řídicími příkazy z high-level řízení, např. z gamepadu. Mohou kontroléry nějak informovat či omezovat tyto vyšší úrovně řízení ohledně toho, jaké rozsahy příkazů budou aktuálně bezpečné? Mohou kontroléry poskytovat do vyšší úrovně nějaké mapy traverzability prostředí, aby plánovač věděl, do kterých míst může robota navádět?

Kontroléry využívající neuronové sítě reagují na příkazy otáčení kolem osy mnohem vyššími úhlovými rychlostmi než MPC kontroléry. Proč tomu tak je?

Dá se nějakým způsobem spustit `simple.launch` s přednastaveným stylem chůze (`gaitem`)? Je dost nepraktické muset po každém spuštění psát do textové konzole.

Některé kontroléry zjevně nepodporují některé styly chůze (`gaity`). Ovšem tyto styly se vždy dají nastavit. To pak často vede ke kolapsu řízení. Bylo by možné nějak specifikovat, které styly jsou kterými kontroléry podporované?

I slepý MPC kontrolér je možné destabilizovat ve stylu chůze „`stance`“ pouhými příkazy pro natáčení těla. Proč MPC dané příkazy nevyhodnotí jako nebezpečné a nezakročí směrem ke znovuzískání stability?

**III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE**

Student zvládl nadprůměrně náročné zadání excelentně. Celou dobu práce měl vnitřní motivaci projekt posouvat dál a nezalekl se výzev, které se před ním objevovaly. Zároveň dobře zhodnotil dostupný čas a vše zvládl naplánovat tak, aby práci stihnul v daném termínu dokončit.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm

A - výborně.

Datum: 28.5.2024

Podpis: