

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Zábavná demonstrace multirobotického systému</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Bohumil Brož</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra kybernetiky
<b>Vedoucí práce:</b>	Prof. Ing. Tomáš Svoboda, PhD
<b>Pracoviště vedoucího práce:</b>	Katedra kybernetiky

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Nutnost pracovat s několika reálnými roboty určitě zvyšuje náročnost práce. Student je také první, který na daném tématu v naší skupině pracuje, na mnoho poznatků musel přijít sám. Nezanedbatelnou část nutných znalostí pokrývají až magisterské předměty, míra samostudia byla velká.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno s většími výhradami</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>	
Řešení zatím nepostačuje pro robustní nasazení ve scénáři s pohybujícími se objekty. Zpětně viděno bylo možná zadání v této věci příliš ambiciózní.	

<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>	
Určitě jedna z nejsilnějších stránek naší spolupráce. Student pracoval samostatně, na pravidelná pracovní setkání přicházel připraven s vlastními návrhy řešení problémů a jednotlivých postupných kroků.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>D - uspokojivě</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Student postupuje rozumně, oceňuji navržení jednoduchého jazyka pro popis choreografie včetně automatické verifikace. Na několika místech mi chybí diskuse jednotlivých kroků návrhu. Například návrh regulátoru rychlostí je popsán příliš stručně. Chybí mi detailnější popis vlivu jednotlivých parametrů na chování formace. Ideální by byl například jednoduchý simulovaný experiment ve 2D simulátoru, který student navrhnul. Rovněž popis algoritmu objíždění překážek postrádá potřebné technické detaily. Závěrečné experimenty nejsou dostatečně vyhodnoceny. Na mnoha místech je popsáno pouze pozorování bez dostatečně detailního vysvětlení. Není jasné, co bylo důvodem pro popisované chování systému.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>C - dobře</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Textu práce by určitě prospěla další iterace. Psaní nezačalo dostatečně včas, nebyl dostatek prostoru pro zlepšení. Kvalita textu je jednou ze slabších stránek celého výsledku. Text není příliš čtivý, nicméně je srozumitelný. Dobrá typografie dána použitým vzorem. Zápis rovnic by zasloužil vylepšit. Celkový rozsah je v pořádku. Kladně hodnotím, že text se věnuje pouze práci, kterou student skutečně udělal, převzatých pravd a tvrzení je zde naprosté minimum. Diskuse ohledně výběru možného řešení, tedy virtual leader vs. ostatní možnosti je hodně kompaktní a pro neznalého čtenáře obtížně pochopitelná. Vybrané řešení, tedy virtual leader, je popsáno trochu skrytě v části Formation control, bohužel v nedostatečné míře pro plné technické pochopení.	

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**C - dobře**

*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.*

Autor cituje zdrojové práce v dostatečné míře, to problém není. Chybí mi lepší porovnání navrženého řešení ve srovnání s ostatními pracemi. Zdrojové články jsou kompaktně diskutovány, ale pouze v úvodu práce. Viz také moje hodnocení výše.

**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.*

Kladně hodnotím studentovu schopnost pracovat samostatně a postupovat systematicky. Rovněž si cením odhodlání dokončit práci ve stanoveném plánovaném termínu. Kritičtěji hodnotím úroveň výsledného řešení, které není ještě dostatečně robustní. Textu práce chybí technické detaily na několika místech.

**III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE**

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

Student prokázal schopnost samostatně řešit komplexní technický problém, který vyžadoval kreativní přístup a schopnost pracovat s reálným hw. Vypořádal se s časovým omezením a práci dokončil v plánovaném termínu. Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Datum: 30.5.2022

Podpis:

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	An Entertaining Demonstration of a Multi-Robot System
<b>Jméno autora:</b>	Bohumil Brož
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra kybernetiky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Jiří Kubík
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Laboratoř výpočetní robotiky, katedra počítačů, FEL, ČVUT

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>mimořádně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání vyžaduje navrhnutí algoritmu pro demonstraci reálného multi-robotického prostředí s lidmi (křehkými dynamickými překážkami), což vyžaduje, aby se roboty chovaly bezpečně (bylo zabráněno kolizím) a reagovaly na lidi způsobem přijímaným společností. Z těchto důvodů hodnotím zadání jako mimořádně náročné.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno s menšími výhradami</b>
<i>Posudte, 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>	
Student navrhl vlastní jazyk popisující možné trajektorie i tvary formace umožňující vytvářet vizuálně příjemné demonstrace multi-robotického systému. Nicméně navržený způsob řešení předcházení kolizím není dostatečně bezpečný pro případ rychle se pohybujících křehkých překážek (například dětí).	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>částečně vhodný</b>
<i>Posudte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Student zvolil způsob virtuálního vedoucího (virtual leader), kdy všechny roboty sledují ve fixní vzdálenosti trajektorii zatímco udržují formaci. Tento způsob je testován jak ve dvou variantách simulátoru, tak na reálném robotickém systému. Během reálného nasazení na roboty se však ukázalo, že systém ne vždy spolehlivě reaguje na přítomnost překážek a vlivem dopravního zpoždění lidarových dat může dojít ke kolizi robotu s překážkou. Volený způsob vyhýbání se překážkám s využitím potenciálového pole je možné považovat za sociálně přijatelný.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>D - uspokojivě</b>
<i>Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Text je psán v anglickém jazyce, což je další výzva, která zvětšuje potenciální dosah práce. Student využívá znalostí získaných v průběhu studia i z odborné literatury, nicméně ve dvou případech nečerpá ze zdrojů doporučených zadáním k tématu sociálně přijatelného chování robotů. Testování vhodně dělí do několika částí, využívá dvou simulátorů před reálným nasazením. Předložený text ne vždy splňuje požadavky odborné úrovně, nezdídko je v prvních několika kapitolách nelogicky strukturovaný, jak v rámci odstavců, tak v rámci kapitol, chybí představení užitých pojmů, zkratk a systémů, middleware použitý studentem není představen (včetně pojmů s ním souvisejícím), chybí představení nebo alespoň reference na použité metody. Na mnoha místech chybí ilustrační schémata k obtížně vysvětlitelným schématům. To vše činí text velmi obtížně čitelným.	

Ve druhé polovině práce, kdy student představuje svůj přínos, je text méně chaotický a lépe strukturovaný. V textu však chybí propojení obrázků a grafů s textem (například Fig 7.1.-7.12., tedy celá kapitola 7), představené scénáře nejsou jednoznačně pojmenované a v rámci experimentální evaluace v simulátoru i během reálného nasazení je náročné sledovat, k jakému scénáři je odkazováno.

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**D - uspokojivě**

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

Formalismus není vždy dodržen, v rovnicích chybí představení všech použitých symbolů. Obrázky, schémata a grafy nejsou vždy propojeny s textem a ne vždy jsou dostatečně popsány.

Po jazykové stránce, text obsahuje překlepy a gramatické chyby v míře očekávatelné rozsahu práce. Ne vždy jsou dodržena stylistická pravidla anglického jazyka – jeden odstavec, jedna ucelená myšlenka. Stejně tak v rámci některých odstavců jsou jednotlivé věty v nelogickém pořadí a dochází ke skákání z myšlenky na myšlenku.

Z typografického pohledu, nejsou použity short-captions pro grafy a obrázky, což zbytečně nafukuje „List of Figures“ na mnoho stran, pořadí grafů a obrázků nesedí s pořadím referencováním do textu, použití jiného řezu fontů není konzistentní napříč textem, použitá schémata nejsou dostatečně označena, v grafech chybí legendy, číslování scénářů není sekvenční, referencování na jiné kapitoly, obrázky, grafy a pseudo-kódy není vždy rozlišeno.

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**C - dobře**

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, 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 používá dostatečně velké množství zdrojů, byť zdroj [2] a [3] za zadání nejsou použity téměř vůbec a obecně chybí sekce detailněji se věnující „socially acceptable behaviour“. V prvním odstavci první kapitoly bych očekával citace na články věnující se zmiňovaným aplikacím.

Studentův přínos je i přes netradiční strukturu textu oddělen od zbytku práce.

Student cituje poznatky ostatních autorů v souladu s citační etikou, byť citace jsou oddělené do separátních \cite namísto sloučení do jednoho, což je nezvyklé.

**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.*

Autor v práci své řešení hodnotí v několika scénářích s různými typy referenčních choreografií (trajektorií a formací), které nejprve hodnotí ve dvou variantách simulátoru a po té nasazuje na reálný robotický systém. Vícefázové testování i reálné nasazení je poskvřeno neorganizovaným prezentováním výsledků a absencí dat pro ověření bezpečnosti navrhovaného řešení při prezentaci v blízkosti diváků.

### 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 při zpracování mimořádně náročné práce odvedl velký kus práce**, nějakým způsobem splnil většinu bodů ze zadání, navržené řešení otestoval nejprve v simulátoru a posléze i na reálném robotickém systému. Bohužel forma, jakou jsou výsledky prezentovány, je chaotická a místy nesrozumitelná. Způsob, jakým je robotický systém po hardwarové i softwarové stránce prezentován je velmi obtížně srozumitelný i pro čtenáře, který má s využitými technologiemi netriviální zkušenosti, čímž **není dodržena očekávaná úroveň práce**.

**Je velká škoda, že práce neprošla větším množstvím revizí jak po obsahové, slohové tak i typografické stránce, a že přes netriviální množství práce, která za studentem stojí, není dosaženo vyšší kvality textu.**

Předloženou závěrečnou práci proto hodnotím klasifikačním stupněm **D - uspokojivě**.

#### **Obázky:**

1. Jak multi-robotický systém reaguje v případě, že u některého z robotů dojde k selhání LIDARU? V případě, že nijak, jakým způsobem se navrhovaný systém vypořádá s novou překážkou v podobě stojícího robotu? (viz kapitola 5.1)
2. Jak multi-robotický systém reaguje v případě, že některý robot se zastaví vlivem překážky? V případě, že nijak, jak je řešena zvětšující se mezera mezi očekávanou polohou robotu a chtěnou polohou? (viz str 16, poslední odstavec)
3. Jak je řešena absence sdílení informace mezi jednotlivými roboty v případě, že se trajektorie křížují a mezera mezi roboty není dostatečně velká? (viz str 20, předposlední odstavec)
4. Jakým způsobem je kontrolována kolize trajektorií/robotů ve skriptu `check_scenario`?

Datum: 30.5.2022

Podpis: