

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Strategie pro autonomní prohledávání pomocí bezpilotní helikoptéry v podzemních záchranných misích</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Tomáš Musil</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra kybernetiky
<b>Vedoucí práce:</b>	Ing. Matěj Petrlík
<b>Pracoviště vedoucího práce:</b>	Skupina Multi-robotických systémů, FEL, ČVUT

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	mimořádně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadaná práce vyžadovala, kromě velkého úsilí ve vývoji samotných prohledávacích strategií, nutnost osvojit si velké množství znalostí z různých oborů robotiky. Systém vyvíjený studentem je stěžejní součástí řešení mezinárodního týmu CTU-CRAS-NORLAB na prestižní soutěži DARPA Subterranean Challenge, a proto kromě samotné implementace v rámci zadání práce musel student věnovat značné množství času a energie integraci vyvíjeného algoritmu s ostatními komponentami jako jsou: lokalizační a mapovací metody, řídicí regulátory, generování trajektorií, detekce objektů pomocí neuronových sítí, komunikace mezi roboty atd. Student proto často musel upravit své metody tak, aby byly kompatibilní a robustní vůči chybám v ostatních modulech.	
<b>Splnění zadání</b>	splněno
<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>	
Všechny body zadání byly bez výhrad splněny. Nad rámec zadání byly mapové reprezentace pro pokrytí povrchů, původně určené pro UAV, rozšířeny pro jakoukoliv robotickou platformu, která dokáže poskytnout potřebnou mapu obsazenosti. Přestože vývoj a evaluace probíhala pouze v simulátoru, student ukázal schopnost generalizovat své algoritmy pro různá nehostinná prostředí. To dokládá působivý experiment v polorozpadlé budově pivovaru, kde výstup senzorů byl degradován velkým množstvím prachu.	
<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b>	A - výborně
<i>Posudte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posudte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i>	
Student přistupoval k řešení práce velmi aktivně. Sám přicházel s nápady a řešeními, které konzultoval každý týden na pravidelných online schůzkách. Studentova samostatnost se projevila také v iniciativě vyhledávat relevantní literaturu a nacházet v ní inspiraci pro implementaci a průběžné vylepšování vlastních algoritmů. Také je potřeba zmínit aktivní přípravu jak simulačních, tak reálných experimentů.	
<b>Odborná úroveň</b>	A - výborně
<i>Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odbornou úroveň závěrečné práce hodnotím výborně. Student čerpal z odborné literatury především inspiraci pro vývoj jednotlivých komponent. Většina state-of-the-art method však nepokrývala přesně řešený problém, proto je potřeba vyzdvihnout velkou míru inovace ve vyvinutém řešení. Jednotlivé strategie jsou vyhodnoceny a porovnány na základě několika metrik v sekci s experimenty. Průběhy prozkoumaného objemu a inspektovaného povrchu by bylo zajímavé vynést do stejného grafu pro porovnání strategií v průběhu letu.	
<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	A - výborně

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

V práci je korektně používáno velké množství formálních zápisů, s jasně definovanou a přehlednou notací. Jednotlivé algoritmy jsou popsány stručným pseudokódem, který usnadňuje jejich pochopení, případnou reimplementaci a rozšíření robotickou komunitou. Práce je psána kvalitní angličtinou s menším množstvím překlepů, které na pochopení textu nemají vliv. Na vhodných místech je text doplněn diagramy a vizualizacemi pro snadnější předání informace čtenáři.

**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 sám aktivně vyhledával relevantní literaturu, která je v textu korektně citována. Bibliografické citace jsou úplné v souladu s citačními zvyklostmi a normami. Kromě literatury student získával důležité znalosti od zkušených robotiků ze skupiny CRAS na několika experimentálních výjezdech.

**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.*

Ukazatelem dosažených výsledků je průběžné první místo týmu CTU-CRAS-NORLAB v kvalifikaci na finální virtuální kolo mezinárodní soutěže DARPA Subterranean Challenge. Tohoto umístění mezi nejlepšími robotickými laboratořemi bylo dosaženo spoluprací desítek lidí na komplexním systému, jehož nepostradatelnou součástí jsou nyní prohledávací strategie prezentované v této práci. Kromě působivých výsledků v rámci samotné závěrečné práce, byl student aktivní i v dalších činnostech skupiny Multi-robotických systémů, kde se věnoval například mapování síly signálu komunikační sítě a detekci výšky helikoptery nad vodou.

### III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

Výsledky závěrečné práce hodnotím jako působivé. Jak obtížnost zadání, tak kvalita a funkčnost vyvinutého řešení značně převyšují standard bakalářských prací a po důkladném vyhodnocení vyvinutých metod se nepochybně stanou základem pro kvalitní časopiseckou publikaci. Objektivním posouzením navržených prohledávacích strategií je průběžné první místo mezi nejlepšími robotickými týmy v kvalifikaci na virtuální kolo prestižní mezinárodní soutěže DARPA Subterranean Challenge. Robotický experiment v reálném prostředí pak dokládá robustnost řešení vůči vnějším vlivům.

Díky výborným dosaženým výsledkům navrhuji předloženou práci na cenu za vynikající práci a hodnotím ji klasifikačním stupněm A - výborně.

Datum: 1.6.2021

Podpis: