ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK VEDOUCÍHO ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	**LiDAR based obstacle detection and collision avoidance in outdoor environment**
Jméno autora:	**Jan Předota**
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Vedoucí práce:	Ing. Milan Rollo, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra počítačů

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání **náročnější**

Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.

Cílem práce bylo implementovat metody pro zpracování senzorických dat z LiDARu ve formě mračna bodů, reprezentovat tato data ve formě vhodné pro plánování trajektorií a integrovat vše se stávajícím systémem pro řízení pohybu autonomních bezpilotních prostředků.

Práce byla prakticky zaměřená, cílem nebyl vývoj nových metod, ale integrace řady stávajících přístupů a metod a jejich ověření v experimentech na reálných datech.

Právě vzhledem k těmto robotickým experimentům hodnotím zadání jako náročnější.

Splnění zadání **splněno**

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.

Všechny cíle vytýčené v zadání byly splněny. Autor integroval všechny nezbytné senzory na mobilní platformu, implementoval metody pro zpracování senzorických dat s využitím volně dostupných knihoven a nástrojů, upravil plánovací algoritmy dostupné v existujícím systému TAF využívaném na katedře počítačů a funkčnost ověřil řadou experimentů v simulaci i reálném prostředí.

Aktivita a samostatnost při zpracování práce **A - výborně**

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 samostatné tvůrčí práce.

Autor se práci věnoval dlouhodobě v rámci studentské odborné činnosti. Při řešení byl aktivní, samostatný a dokázal sám navrhnout a implementovat všechny nezbytné části řešení. Rozsah experimentů provedených s robotickou platformou překročil rozsah obvyklý u bakalářských prací.

Odborná úroveň **B - velmi dobře**

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Práce je prakticky zaměřená, autor využila znalosti z řady oblastí, zejména pak robotiky a informatiky a odborně zpracoval téma na kvalitní úrovni. Autor vyhledal a následně použil řadu softwarových nástrojů vhodných pro řešení problému, konkrétně pak knihovny OctoMap, Point Cloud Library (PCL) a rozšiřující moduly a Flexible Collision Library. Všechny dokázal začlenit do stávajícího softwarového projektu. Dokázal se zorientovat v cizím kódu a rozšířit ho.

K práci mám pouze několik připomínek. V práci bych uvítal blokové schéma softwarové architektury vytvořeného systému. Z popisu není zcela zřejmé, které části autor implementoval samostatně, jaké funkce zajišťují knihovny a moduly třetích stran a jak je vše integrováno do existujícího systému TAF.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce **A - výborně**

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

Práce je po formální stránce kvalitně zpracována, obsahuje všechny náležité části, je vhodně členěna do kapitol a sekcí.

Typograficky i jazykově je na vysoké úrovni. Práce je napsána v anglickém jazyce, obsahuje malé množství gramatických chyb a překlepů. Rozsah práce odpovídá požadavkům kladeným na bakalářské práce.

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.

Zdroje odkazované v práci jsou tvořené zejména literaturou zaměřenou na teorii plánovacích algoritmů a způsobů reprezentace překážek a práce s nimi. Dále pak manuály k využívaným zařízením a použitým knihovnám. Použité zdroje jsou v práci 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.

Mimo znalostí v softwarové oblasti autor prakticky realizoval i osazení všech hardwarových modulů na robotickou platformu, provedl jejich vzájemnou integraci a konfiguraci. Tato platforma se ukázala jako velmi užitečná a bude dále využívána v rámci výzkumných projektů na katedře počítačů.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

Všechny cíle vytýčené v zadání práce byly splněny. S přístupem autora a kvalitou odvedené práce jsem velmi spokojený.

Při obhajobě doporučuji položit autorovi následující dotaz:

1. Můžete popsat, jakým způsobem by se choval algoritmus pro segmentaci povrchu v případě, že by se vozidlo nepohybovalo po hladké betonové ploše, ale ve zvlněném terénu? Jakým způsobem by bylo možné v tomto případě povrch detekovat?

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

Datum: 15.6.2016

Podpis: Milan Rollo

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	**Detekce překážek pomocí LiDARu a předcházení kolizním situacím**
Jméno autora:	**Jan Předota**
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky (K13135)
Oponent práce:	Ing. Petr Čížek
Pracoviště oponenta práce:	ČVUT, FEL, Katedra počítačů (K13136)

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání — **náročnější**

Zadání závěrečné práce považuji za náročnější. Hlavním zdrojem problémů je práce s reálným robotem a provádění reálných experimentů, které jsou časově náročné a jejich vyhodnocení nebývá jednoduché, což je dáno omezenými výpočetními možnostmi samotného robota, které implikují omezené možnosti sběru dat k následnému vyhodnocení.

Splnění zadání — **splněno**

V rámci předložené práce byly všechny body zadání splněny. Oceňuji hlavně provedení několika reálných experimentů s robotem.

Zvolený postup řešení — **správný**

Práce je inženýrského charakteru. Hlavními dosaženými výsledky jsou stavba autonomní robotické platformy a její oživení. A dále pak zpracování senzorických dat pomocí knihoven a integrace nového plánovače s detekcí překážek do používaného navigačního frameworku. Zvolené postupy řešení jsou v principu správné, jejich výběr však působí spíše nahodile, neboť chybí důkladnější odůvodnění použití konkrétních řešení, což souvisí s velmi slabou rešeršní částí práce. Samotné postupy řešení by také měli být v textu detailněji rozvedeny (př. RRT*, segmentace zemní roviny, kalibrace offsetu RTK GPS a LiDARu).

Odborná úroveň — **C - dobře**

Úroveň použitých postupů řešení (viz předchozí bod hodnocení) je přiměřená. Teoretický popis řešení ale postrádá některé důležité detaily. Jmenovitě, některé z použitých algoritmů jsou založeny na knihovních funkcích a nejsou v textu dostatečně popsány. Důkladnější popis použitých metod bych očekával u kapitol 6, 7 a 8. Konkrétně u sekcí 6.1 (Kolik bodů se při segmentaci zemní roviny používá? Dochází k lokální optimalizaci? Jak se projevují parametry s, v, α?), 6.2 (Rozvedení rovnic 3 a 4 případně odkaz na literaturu.), 6.3 (Jak funguje výpočet detekce kolizí s Octomap?), 7.2.2 (Rozšíření popisu RRT*. Jak se sampluje? Jak vypadá model bezpilotního prostředku?), 8.2 (Jak se opravuje pointcloud?), 8.3.2 (Jakým způsobem je simulován senzorický vstup?).

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce — **C - dobře**

Oceňuji, že práce je psána v anglickém jazyce. Bohužel předložený text obsahuje řadu gramatických chyb a překlepů. Sekce 2.2 tvoří souhrn použité metody a nikoli rešeršní část. Měla by tedy být buď součástí úvodu, nebo v sekci věnující se samotnému návrhu řešení. Kapitoly 5 a 6 mají značný překryv a bylo by vhodné je spojit do jedné obsáhlejší. Obrázky 3.5, 3.6, 3.7 nejsou referencovány z textu.

Výběr zdrojů, korektnost citací	C - dobře
V předložené práci je dle mého názoru výběr a hlavně použití relevantních zdrojů nedostačující. Práce obsahuje řadu tvrzení a výčtů, které by bylo dobré podpořit relevantními citacemi. Rešeršní část práce je slabá. Chybí porovnání různých metod pro venkovní navigaci, zpracování dat z laserového skeneru nebo plánovacích algoritmů. Citace často nejsou u daného klíčového pojmu, ale až na konci věty/odstavce nebo jinde v textu (př. citace OctoMap, RRT).	

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

V rámci předložené závěrečné práce lze identifikovat dva hlavní bloky. Prvním je stavba a oživení pozemní robotické platformy, která vyžaduje oživení všech dílčích součástí a implementaci rozhranní pro komunikaci s nimi. Druhým je integrace plánovače a algoritmu vyhýbání se kolizím do prostředí používaného navigačního frameworku. Zde je nutné předzpracovat senzorická data a provést senzorickou fúzi následovanou samotným plánováním. Z textu práce vyplývá, že se student musel potýkat s množstvím dílčích problémů, které vyvstávají až při reálných experimentech a byl schopen je řešit. Avšak nedostatečné popisy použitých metod, chybějící porovnání metod a tedy jasné odůvodnění pro použití konkrétních řešení, slabá rešeršní část práce a značné množství formálních chyb v textu a použitých citacích vedou k celkově průměrnému hodnocení práce.

V rámci chybějícího popisu řešení bych měl dvě doplňující otázky:

1) Vysvětlete, jak funguje segmentace zemní roviny. Jaké jsou meze použitelnosti dané metody.
2) Bere implementovaný plánovací algoritmus RRT* v úvahu kinematická omezení robotické platformy?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře.**

Datum: 14.6.2016