Posudek vedoucího diplomové práce Bc. Martina Paclíka s názvem

Navigační systém pro indoor aplikace

Cílem diplomové práce bylo navrhnout a realizovat systém pro "indoor" navigaci bezpilotního prostředku (UAV) sestávajícího primárně z inerciální měřicí jednotky doplněné o senzor absolutního tlaku a LIDAR systém umožňující vyhodnocení relativních vzdáleností od okolních objektů. Úkol sestával jak ze sestavení systému jako takového, tak i naprogramování jednotlivých dílčích částí a implementace algoritmizace do výpočetní jednotky, kterou byl mikrokontrolér STM32F4xx. Na něm následně v konečné fázi probíhal výpočet navigační úlohy v reálném čase. Navržená navigační úloha byla navržena tak, aby poskytovala informace o polohových úhlech, pozici a rychlosti v definovaném souřadnicovém systému. Jelikož v „indoor" podmínkách není možné využívat GNSS přijímač, bylo nutné primární inerciální měřicí jednotku doplnit o systém měřící relativní vzdálenosti od stěn tak, aby v rámci korekčního kroku Kalmanova filtru bylo možné kompenzovat s časem narůstající chybu integrace inerciálních dat. Vertikální kanál byl navíc kompenzován tlakoměrným čidlem. Částí řešení bylo také nadefinovat postup pro inicializaci měřicího jednotky včetně souřadnicového systému.

V rámci postupu řešení student vše nejprve odlaďoval v prostředí Matlab a to na základě v laboratoři provedených základních experimentů s předdefinovanými scénáři tak, aby mohl ověřit teoreticky popsanou úlohu, souběhy více typů pohybu, přechod přes rohy místnosti apod. Přípravek, který k měření byl použit, student sestavil sám. Výsledná navigační úloha vychází v současné době ze zjednodušeného modelu místnosti, resp. zahrnuje jistá omezení pro obecné prostory, které však student v diplomové práci řádně vyhodnotil a popsal. Jedná se o úvodní práci, která se věnuje indoor navigaci s nerozmítaným laserovým odměřováním, což zvyšovalo náročnost řešení. Student po odladění algoritmu navigační úlohy vše implementoval do mikrokontroléru a výsledné řešení prakticky ověřil.

Ani k obsahu, tak ani ke zpracování diplomové práce nemám žádných připomínek. Diplomant vše řádně a dle mého i srozumitelně vysvětlil a diplomová práce tak poskytuje ucelenou informaci o všech činnostech, které byly vykonány. Pro úplnost je třeba však dodat, že z pohledu užití Kalmanovy filtrace, byl studentovi dodán základní model, který byl následně diplomantem rozšířen. Tato skutečnost však nikterak nesnižuje diplomatovy zásluhy a nezmenšuje objem práce, kterou student vykonal.

Diplomant se aktivně podílel na řešení diplomové práce a zároveň se i paralelně věnoval výzkumným činnostem, které se zaměřovaly do oblasti navigačních systémů. Stal se tak platným členem výzkumné skupiny NavLIS (Navigační skupina na Katedře měření). K práci studenta nemám žádné výhrady, neboť ke všemu přistupoval zodpovědně a aktivně, věci řádně konzultoval a skutečnost, že realizovaná navigační úloha funguje, bezesporu potvrzuje již dříve uvedené. Za studentem je patrný velký kus odvedené práce a to nejenom z pohledu této diplomové práce.

Na závěr bych chtěl zkonstatovat, že p. Paclík patřil jednoznačně mezi skupinu velmi schopných studentů. Bylo velmi snadné s ním spolupracovat. Velmi si cením jeho kladného přístupu k činnostem, které v rámci diplomové práce a různých projektů vykonával. Diplomant je spoluautorem výsledku:

- Roháč, J.; Šipoš, M.; Paclík, M.: Navigační systém s vysokou přesností lokalizace, Funkční vzorek 2017.

Diplomovou práci pana Bc. Martina Paclíka doporučuji k obhajobě a navrhuji práci klasifikovat dle ECTS stupněm

A (výborně).

Chtěl bych státní komisi požádat o případné zvážení navrhnout tuto diplomovou práci Bc. Paclíka na cenu děkana FEL.

V Praze 29.1.2019

Doc. Ing. Jan Roháč, Ph.D.

POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	**Navigační systém pro indoor aplikace**
Jméno autora:	**Martin Paclík**
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Oponent práce:	Ing. Pavel Brož
Pracoviště oponenta práce:	esc Aerospace s.r.o

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání **mimořádně náročné**

Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.

Zadání práce hodnotím jako mimořádně náročné jelikož zahrnuje teoretický rozbor problému, návrh SW, kalibraci a testování a to vše pro velmi komplexní problém.

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.

Zadání diplomové práce bylo splněno. Nedostupná inerciální měřicí jednotka DMU11 byla nahrazena jinou, která sice není tak přesná, ale pro účely práce dostatečná.

Zvolený postup řešení **vynikající**

Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.

Student zvolil správný postup práce.

Odborná úroveň **A - výborně**

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

Odborná úroveň diplomové práce je velmi vysoká. Z práce je znát, že student danému tématu podrobně rozumí a dokáže využít znalostí získaných studiem.

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

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

Formální a jazyková úroveň práce je velmi vysoká. Zvláště oceňuji, že jednotlivé kapitoly na sebe přirozeně navazují a práce se tak velmi dobře čte. Rozsah práce je dostatečný.

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 byly vybrány vhodně a byly dostatečně a korektně 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.

Dosažené výsledky jsou nadějné. Pokud by došlo k použití lepšího IMU nebo jak navrhuje autor, přidání senzoru vzdálenosti pro vertikální osu, mohla by být přesnost systému dále zlepšena.

ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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.

Diplomovou práci hodnotím velmi kladně. Přestože řešená problematika patří mezi velmi komplexní problémy, student se s ní vypořádal nad míru dobře. Z rozboru problému a navrženého řešení je vidět, že student danému tématu dobře rozumí. Také oceňuji, že byla věnována náležitá pozornost fázi testování. Zvláště kladně pak hodnotím formální zpracování, které čtenáři umožňuje snadnou orientaci v textu a pochopení problému i navrženého řešení.

Otázka: Vyzkoušel jste navržený navigační systém i na skutečném UAV např. kvadrokoptéře? Pokud ne, jak očekáváte, že se bude systém chovat, když bude umístěn na nestabilním UAV pod vlivem vibrací z motorů?

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

Datum: 24.1.2019

Podpis: Ing. Pavel Brož