

POSUDEK VEDOUCÍHO DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno studenta: **David Česenek**
Název práce: Inertial measurement unit modeling
Vedoucí: Ing. Jan Chudoba, ČVUT v Praze – CIIRC

Diplomová práce se zabývá simulací inerciální měřicí jednotky (IMU) využití pro navigaci servisního robotu. Téma práce bylo zadáno soukromou firmou vyvíjející tyto roboty s cílem zjistit možnosti simulace, která je nutná pro testování v rámci jejich dalšího vývoje. Součástí zadání je provedení rešerše umožňující srovnání současných simulačních prostředí a jejich vhodnost pro aplikaci zadavatele.

Hlavním cílem práce bylo vytvořit co nejvíce realistický model IMU senzoru instalovaného na vyvíjeném robotu. Práce studenta byla v tomto ohledu značně komplikována tím, že neměl přístup k reálnému zařízení, ale mohl pracovat pouze se záznamy dat získaných při dříve provedených testovacích experimentech. To do značné míry omezilo možnosti identifikace senzoru i možnosti testování.

K zadání student přistoupil velmi zodpovědně. Z teoretické části textu práce je zřejmé hluboké prostudování problematiky. Oceňuji velmi aktivní přístup, kdy sám našel a nastudoval vhodné techniky pro identifikaci a popis stochastických vlastností senzoru a našel si další odborníky se kterými konzultoval vhodnost svého postupu. Způsob řešení problému hodnotím s ohledem na vnější omezení která měl ze strany zadavatele práce jako správný a výsledky práce splňují očekávání. To je potvrzeno i řadou provedených experimentů. Za významné považuji hodnocení práce zadavatelem z firmy, podle něž jsou pro ně výsledky velmi přínosné.

Zadání práce považuji za splněné ve všech bodech. Vzhledem k rozsahu textu práce i celkovému přístupu studenta považuji práci za nadstandardní a navrhuji její hodnocení stupněm **A – výborně**.

V Praze 31.5.2019

Jan Chudoba
vedoucí práce

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Modelování inerciální měřicí jednotky
Jméno autora:	David Česenek
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Oponent práce:	Ing. Petr Čížek
Pracoviště oponenta práce:	Katedra počítačů

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<p><i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i></p> <p>Práce se zabývá věrnému modelování inerciální jednotky (IMU) v realistickém robotickém simulátoru. Práce zahrnuje jak obsáhlou rešerši literatury technických řešení inerciálních jednotek i robotických simulátorů, implementaci modelu IMU a ověření věrohodnosti simulace, tak i reálné experimentální nasazení. Vzhledem k tomu považuji zadání práce za náročné.</p>	

Splnění zadání	splněno
<p><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></p> <p>Student splnil všechny body zadání.</p>	

Zvolený postup řešení	částečně vhodný
<p><i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i></p> <p>V rámci teoretické části práce student vypracoval relativně rozsáhlou rešerši existujících principů inerciálních senzorů, měření jejich technických parametrů, včetně nejdůležitějšího parametru šumové charakteristiky a porovnání dnes nejrozšířenějších realistických robotických simulátorů. Z textu práce je zřejmé, že student získal dobrý přehled v dané problematice, na jehož základě vybral (s ohledem na zadání práce) vhodný robotický simulátor a v něm vytvořil model inerciální jednotky (IMU). V rámci věrohodnosti simulace jsou nejdůležitějším parametrem IMU její šumové vlastnosti. Pro jejich simulaci student využil dva již existující simulační modely, u nichž řešil jejich parametrizaci pro získání co nejuvěrnějších výsledků. Práce je motivována průmyslovým projektem ve kterém je IMU nasazena na mobilním robotu. Z tohoto nasazení vzniklo několik referenčních datových sad, které jsou použity pro experimentální ověření věrohodnosti simulace IMU jednotky.</p> <p>Bohužel, tento krok považuji při řešení zadané úlohy za nevhodný, protože zanášá do porovnání další komponenty, kterými jsou simulace robotu a jeho řídicího algoritmu. Ostatně, z textu práce je patrné, že student vynaložil nemalé úsilí na ladění simulace robotu a jeho řízení, aby byl schopen zreplicovat dodané experimenty v simulátoru, ačkoli toto vůbec není a nebylo zadáním práce. Student přitom neměl k dispozici danou robotickou platformu, ani implementaci jejího řídicího algoritmu. Na druhou stranu měl ale k dispozici IMU senzor, na kterém také velmi vhodně naměřil a zanalyzoval jeho šumové vlastnosti. Logickým krokem je potom simulace samostatné jednotky a analýza jejích šumových vlastností v přesně definovaných experimentech, ve kterých se ladí jen jediná komponenta, neboť cílem je věrohodnost simulace právě této jediné komponenty.</p> <p>Výsledkem práce je tedy konstatování, že jedna z dostupných testovaných implementací je nejspíše vhodnější, než ta druhá, ačkoli toto je zřejmé už z její dokumentace. Namísto implementace dalších metod modelování IMU, hledání jejich vhodné parametrizace (jinak než pouhým nástřelem hodnot), a porovnávání šumových vlastností tak student páčil zbytečně čas implementací navigační metody pro simulovaný robot.</p>	

Odborná úroveň

C - dobře

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

Z textu práce je patrné, že student se s danou problematikou seznámil velmi důkladně. Hlavní kritika je ke zvolenému způsobu ověření vlastností simulované IMU jednotky.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

B - velmi dobře

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

Text práce je dobře strukturovaný a je vhodně doplněn ilustracemi a grafy. Výtku bych měl k matematickému formalizmu a vzorcům (např. vzorec 3.6, formalizmus značení jednotek ARW a VRW, vzorec 4.4, apod.) Úroveň anglického jazyka je dobrá, s malým množstvím překlepů. Rozsah práce odpovídá mému očekávání diplomové práce.

Výběr zdrojů, korektnost citací

B - velmi 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.

Student řádně cituje použitou literaturu. Text pracuje s relevantními zdroji. Vytknul bych, že citace [18] a [20] jsou nekompletní a jednotlivé citace jsou formálně nekonzistentní (opakující se údaje, velká malá písmena, některé citace mají DOI, jiné ne, apod.).

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uvedte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Z textu práce je patrné, že student danou problematiku nastudoval a porozuměl jí, což dokumentuje hlavně v teoretické části práce. Bohužel vzhledem k nevhodně zvolené metodě ověření věnoval student nemalé úsilí do řešení problémů, které nesouvisí s hlavním tématem práce. Práce tedy v experimentální části reportuje pouze výsledek porovnání dvou standardních modelů IMU jednotek. Výsledek tohoto porovnání je ale naprosto očekávaný vzhledem k rozdílu v komplexnosti jednotlivých modelů. Práce ale bohužel již dále nejde za toto konstatování. Nepředkládá tedy ani metodologii modelování IMU jednotky, ani konkrétní parametrizaci věrohodného modelu.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm .

Otázky k obhajobě

- 1) Stručně vysvětlete rozdíl mezi „Inertial Measurement Unit“ (IMU) a „Attitude Heading Reference Sensor“ (AHRS). Z jakého důvodu se při experimentech s modulem Bosch BNO055 nepoužívá integrovaný magnetometr, který by nejspíše vylepšil experimentální výsledky?
- 2) Jakým způsobem byste navrhl experiment, který by testoval pouze věrohodnost modelu IMU jednotky, a jaké kvantitativní výsledky by se v něm měli porovnávat?

Datum:

Podpis: