

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Sensor Fusion for Mobile Robot Localization
Jméno autora:	Václav Plavec
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra kybernetiky
Vedoucí práce:	Vladimír Smutný
Pracoviště vedoucího práce:	ČVUT CIIRC

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> Zadání samo o sobě nebylo extrémně náročné.	náročnější
---	-------------------

Splnění zadání <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> Zadání bylo beze zbytku splněno.	splněno
---	----------------

Aktivita a samostatnost při zpracování práce <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 samostatné tvůrčí práce.</i> Student pracoval na můj vkus až příliš samostatně. Z mého pohledu pan Plavec střídal období intenzivní činnosti s obdobími, kdy byl pohlcen jinými úkoly. Jde ale o subjektivní pohled, protože část prací student prováděl mimo laboratoř. Osobně bych dal přednost užší spolupráci, která by snad zabránila prohledávání některých slepých uliček.	A - výborně
--	--------------------

Odborná úroveň <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i> Práci pana Plavce v tomto ohledu nelze hodnotit jinak než nejvyšší známkou.	A - výborně
--	--------------------

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce <i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i> Práce je velmi rozsáhlá, samotný text bez příloh končí na straně 150. To je v podstatě největší slabina práce. Student psal práci velmi extenzivně, počínaje délkou abstraktu, počtem klíčových slov a tak dále. Angličtina by potřebovala psát v kratších, srozumitelnějších větách. Pokud by se na úkor rozsahu podařilo udělat lepší výslednou redakci textu, bylo by to lepší. Nikdo nejsme dokonalý.	B - velmi dobře
---	------------------------

Výběr zdrojů, korektnost citací <i>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.</i> Bez výhrad.	A - výborně
--	--------------------

Další komentáře a hodnocení <i>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.</i>	
--	--

Práce byla zadána jako experimentální a také tak byla vypracována. K textu a výsledkům práce bych měl drobné výhrady, které by bylo možno uplatnit při těsnější spolupráci se studentem. Významný, ale ne rozhodující, podíl má také probíhající koronavirová krize.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

Při hodnocení jsem rozpolcen. Rozsah nejen textu, ale i objem provedených experimentů je extrémní. Jejich zpracování je kvalitní. Osobně bych dal přednost menšímu rozsahu a propracovanějšímu výsledku. Např. popisky pod obrázky jsou strohé a ani v textu není úplně detailní popis. Řada grafů má velmi malé písmo. Student demonstroval velkou pracovitost, odborné znalosti, ale měl velké problémy plánovat a řídit svůj čas a činnost na práci. Měl by si stále připomínat heslo „Méně je někdy více.“ Práci jsem se rozhodl hodnotit známkou „velmi dobře“, ale rozumím tomu, že práce by snesla i hodnocení „výborně“.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 20.1.2021

Podpis: Vladimír Smutný

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Slučování informací z více senzorů
Jméno autora:	Václav Plavec
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra kybernetiky
Oponent práce:	Ing. Michal Reinštein, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Katedra kybernetiky, FEL, ČVUT

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	lehčí
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání bakalářské práce hodnotím jako lehčí, jelikož je formulováno velmi volně a otevřeně. V zadání se neuvádí, jaké konkrétní metody by měl student zvažovat k implementaci, jaké senzory by měly být ve výsledku pro fúzi dat použity a stejně tak není definována žádná požadovaná metrika pro měření kvality výsledků – je pouze požadováno experimentální vyhodnocení za účelem ověření funkčnosti. Zadání tak dává prostor pro kreativitu studenta, a to především v oblasti návrhu stavového modelu a jeho složitosti, to ovšem znamená, že i jednoduchý model splní požadavky zadání.	

Splnění zadání	splněno
<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>	
Vzhledem k volně formulovanému zadání a k výsledkům prezentovaným v rámci bakalářské práce lze považovat zadání za splněné. Jednotlivým bodům zadání odpovídají kapitoly odevzdané práce.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup odpovídá zadání a obecným požadavkům na bakalářské práce. Postup řešení nelze hodnotit jako vynikající, jelikož autor v práci neřeší některé běžné kroky potřebné pro správný návrh filtru pro fúzi dat zvolených senzorů, jako jsou např.: inicializace IMU (tzv. <i>alignment</i>), analýzu šumu inerciálních senzorů (drift), jeho odhad a kompenzaci, stabilitu odhadovaných polohových úhlů, architektury stavového modelu (např. odchylový model pro EKF). Autor se věnuje teorii týkající se SLAMu, SLAM však není součástí řešení. Součástí práce je velmi pěkně zpracovaná podrobná analýza současného stavu poznání, což velmi oceňuji. U experimentálního vyhodnocení je dobrým zvykem kromě vývoje trajektorie odhadovaných veličin v čase zobrazit i vývoj chyby v čase (odchylky od reference) a vyhodnotit zda reference spadá do 2 sigma intervalu odhadu. Závěr práce a implikace popsané na str. 65 naznačují, že funkčnost modelu není ideální a není plně využita možnost odhadovat rychlost robot jak pomocí odometrie tak IMU. Zvolené řešení tak bude citlivé na podkluzu.	

Odborná úroveň	C - dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Využití EKF za účelem fúze dat z IMU a odometrie pro odhad 3DOF polohy a orientace je standardní úloha v oblasti robotiky, která byla za poslední dekády řešena v mnoha publikacích. Implementaci EKF lze rovněž považovat za vyřešený problém, zajímavou výzvou tedy zůstává návrh vlastního stavového modelu, analýza šumových vlastností použitých senzorů, jejich modelování a následné experimentální ověření správné funkčnosti. Vzhledem k dostupné 6DOF referenci ze systému <i>Leica & HTC Vive</i> je rozhodnutí navrhnout pouze jednoduchý 3DOF model místo 6DOF vyloženě nevyužitou příležitostí. Všechny <i>state-of-the-art</i> řešení úlohy SLAM vedou na lokalizaci ve 3D, proto návrh 3DOF modelu je pouze částečné řešení. Odborná úroveň textu je však dobrá a z textu je patrné, že se student problematice intenzivně věnoval a teorii rozumí.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	E - dostatečně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	

Formální úroveň práce je bohužel její nejslabší částí. Práce má přes 150 stran, je příliš obsáhlá, nevhodně strukturovaná a svým rozsahem překračuje standard běžný pro bakalářské práce. Přestože velmi oceňuji velké množství úsilí vynaloženého na tvorbu dokumentu, student pravděpodobně překročil očekávanou hodinovou (kreditovou) dotaci. Ve výsledku je to bohužel spíše na škodu, jelikož se nepodařilo text odladit tak, jak by bylo třeba. Práce obsahuje množství podrobností, které by měly být začleněny buď do přílohy práce nebo pouze odkazovány (jde především o podrobnosti týkající se SW, odkazy na kód a implementační části, či nevyužívaná přejatá odvození), například jde o kapitoly: 3.1.3, 4.2.2, 4.3, 4.4, 4.5, 5.1.2 (popis problémů patří do diskuse), 5.3.1, 5.3.2, 5.4, většina grafů z 6.4 (nechat pouze reprezentativní). Cíle práce jsou definovány v nevhodně pojmenované kapitole 3.2.; některé kapitoly mají zvláštní názvy, např. 4.2.2. Po jazykové stránce je práce napsaná dobře, množství chyb je však úměrné jejímu rozsahu (např. str. 21: nekompletní věta pod Figure 3.2, *deep precision* vs. *high precision*, str. 40 chybný odkaz na kapitolu 6, atd.). Autor místy nevhodně kombinuje časy, ve kterých práci píše a text je tak nekonzistentní, např. střídání časů strana 18-19. Kapitola 5.3 odhaluje podrobnosti o tom, co přesně autor práce sám navrhoval a implementoval, tato identifikace konkrétních bodů řešených čistě autorem by však měla být sepsána hned v úvodní kapitole. Závěrečná kapitola 8 plní svoji roli pouze částečně; neshrnuje vše, co bylo v rámci řešení zadání uděláno a nekomentuje, do jaké míry bylo zadání splněno, spíše shrnuje výsledky vybraných experimentů.

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 si dal velmi záležet se zpracováním odborných článků souvisejících s tématem práce. Výběr zdrojů je kvalitní a odpovídá požadavkům na bakalářské práce. Práce obsahuje 40 referencí na odborné publikace, knihy či jiné veřejně dostupné zdroje. Teoretická část práce, včetně analýzy stavu poznání, je tímto výčtem pokryta dostatečně. Převzatá schémata či obrázky jsou řádně citovány přímo v popisku; korektně je rovněž odkazována i související práce kolegů.

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.

Vzhledem k nadbytečně velkému rozsahu práce (150 stran) jsem svoji pozornost zaměřil především na vybrané důležité kapitoly. Jako největší nedostatek práce vidím právě její textový rozsah, s čímž souvisí nedostatky týkající se struktury a jazykové úrovně. Student se při řešení měl spíše soustředit na složitější 6DOF model a sepsat práci s třetinovým rozsahem. Věřím, že student by návrh složitějšího modelu jistě zvládl.

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.

Celkové hodnocení odpovídá souhrnnému hodnocení dle výše uvedených kritérií. Na studenta bych měl 3 otázky:

1. Jak lze modelovat a kompenzovat šumové vlastnosti inerciálních senzorů, např. drift, v rámci stavového modelu?
2. Jaký vliv na tvar odhadované trajektorie mají změny v nastavení parametrů matic Q a R? Ukažte příklady.
3. Na jakém principu funguje komplementární filtr pro odhad polohových úhlů ze signálů inerciálních senzorů?

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

Datum: 24.1.2021

Podpis:

