

Oponentní posudek disertační práce

Uchazeč: Ing. Petr Gábrlík

Název disertační práce: AERIAL ENVIRONMENTAL MAPPING IN RECONNAISSANCE ROBOTICS

Oponent: prof. Ing. František Duchoň, PhD.

Pracoviště opozenta: Ústav robotiky a kybernetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Slovenská technická univerzita v Bratislave

Oponent se v posudku vyjádří dle Studijního a zkušebního řádu VUT zejména:

- a) k aktuálnosti tématu disertační práce,*
 - b) zda disertační práce splnila stanovený cíl,*
 - c) k postupu řešení problému a k výsledkům disertační práce s uvedením konkrétního přínosu doktoranda,*
 - d) k významu pro praxi nebo rozvoj oboru,*
 - e) k formální úpravě disertační práce a její jazykové úrovni,*
 - f) zda disertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona,*
 - g) zda student prokázal nebo neprokázal tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu a zda práce splňuje nebo nesplňuje požadavky standardně kladené na disertační práce v daném oboru. Bez tohoto závěru je posudek neplatný.*
- Ke každému z níže uvedených bodů je nutno doplnit stručný komentář.*

Ad a) Aktuálnost tématu disertační práce

Téma disertační práce je velmi aktuální.

Komentář: Autor sa vo svojej dizertačnej práci venuje predovšetkým problematike fotogrametrie a jej aplikácii pomocou UAS. Veľmi vhodne a vecne analyzuje súčasný stav problematiky, pričom adekvátne zdôrazňuje trend priameho georeferencovania údajov na UAS. Autor v dizertačnej práci dobre pomenováva identifikované výskumné trendy ako kalibrácia snímačov, presnosť georeferencovania a časová synchronizácia snímačov pri priamom georeferencovaní. Autor teda vo viacerých bodoch preukázal priamo v texte dizertačnej práce, že problematika je veľmi aktuálna a venuje sa jej množstvo výskumných tímov vo svete. Tento fakt podložil aj analýzou počtu publikácií na tému UAS z databázy WoS.

Ad b) Splnění stanoveného cíle disertační práce

Cíl disertační práce byl splněn.

Komentář: Dizertant stanovil tri tézy svojej práce. Prvá téza je zameraná na vytvorenie multisenzorického systému pre priame georeferencovanie s UAS. Druhá téza sa upriamuje na kalibračnú procedúru takéhoto systému. Tretia téza sa sústreďuje na verifikáciu systému v reálnych podmienkach, pričom zvolený scenár neumožňuje aplikáciu bežných pozemných kontrolných bodov (georeferencovaných značiek).

Splnenie prvého cieľa je dokumentované v kapitole II.A. Konštatujem, že dizertant navrhol vhodný multisenzorický systém pre georeferencovanie s UAS, ako aj metodológiu vyhodnotenia informácií z tohto systému. Správnosť riešenia je podporená kvalitnými experimentami. K niektorým experimentom však chýbajú dôležité informácie (vid'. otázky oponenta).

Riešenie druhej tézy je navrhnuté a deklarovane v kapitole II. B. Dizertant navrhol princíp kalibrácie priameho georeferenčného systému s využitím nepriameho georeferenčného systému. Takýmto spôsobom je možné kalibrovať ľubovoľný priamy georeferenčný systém pozostávajúci z kamery, GNSS prijímača a INS. Navrhnutý princíp spočíva v riešení preurčeného systému rovníc Gauss-Newtonovou iteračnou metódou a určení siedmych neznámych parametrov – posun základne (3 súradnice), posun ramena (3 súradnice) a synchronizačné oneskorenie. V tejto časti bolo vykonané množstvo experimentov, ktoré potvrdzujú funkčnosť a spoľahlivosť navrhutej kalibračnej procedúry. S využitím len jednej pozemnej georeferencovanej značky sa podarilo dosiahnuť presnosť priameho georeferencovania blízka dokonca nepriamemu georeferencovaniu.

Ďalšie kapitoly sa sústreďujú na splnenie cieľa verifikácie systému v reálnych podmienkach. Sú realizované tri scenáre – spolupráca s pozemným mobilným robotom pri lokalizácii zdrojov gama žiarenia, monitorovanie a meranie objemu snehovej vrstvy (pokrývky) a lokalizácia zdrojov gama žiarenia pomocou samotného UAS. Všetky vykonané experimenty potvrdzujú účelnosť riešení vyplývajúcich z prvých dvoch téz práce.

Konštatujem, že ciele dizertačnej práce boli nad kritickú mieru splnené.

Ad c) Postup řešení problému a výsledky disertační práce s uvedením konkrétního přínosu doktoranda

Postup řešení problému a výsledky disertační práce jsou vynikající.

Komentář: Predložená dizertačná práca je rozdelená do piatich hlavných kapitol, ktoré prezentujú hlavné prínosy práce vo forme článkov alebo príspevkov na konferenciách. Dosiahnuté výsledky tak boli dostatočne verifikované vo vedeckej komunite a o správne zvolenom postupe riešenia nie je pochyb.

Po odbornej stránke sú zvolené vhodné prístupy a autor navrhuje mnoho vlastných čiastkových riešení, ktoré významne prispievajú k zlepšeniu celkového riešenia lokalizácie mobilných systémov s využitím priameho georeferencovania. Príkladom je už vyššie spomenuté použitie jednej pozemnej georeferencovanej značky, pomocou ktorej sa podarilo priblížiť presnosť merania k nepriamemu georeferencovanému meraniu. Tento prístup sa javí ako vysoko efektívny najmä v oblastiach, kde nie je možné takéto značky vo všeobecnosti použiť. Jednu značku je vždy možné použiť, pretože UAS musí vzlietať

zo stabilného a dobre dostupného miesta. Univerzálnosť navrhnutého riešenia je potvrdená využitím multisenzorického systému na viacerých typoch UAS.

Ad d) Význam pro praxi nebo rozvoj oboru

Význam pro praxi nebo rozvoj oboru je vynikající.

Komentář: Dosiahnuté výsledky majú vysokú hodnotu pre prax a rozvoj odboru. Ich význam pre prax je podporený overením navrhnutých systémov v spolupráci s inštitúciami ako Správa Krkonošského národného parku alebo Vojenský technický ústav. V oboch prípadoch bolo potvrdené efektívne fungovanie navrhnutého systému ako aj jeho kalibrácie. A v prípade spolupráce so Správou Krkonošského národného parku bola funkcionálnosť realizovaného systému overená aj v extrémnejších letových podmienkach (pomerne veľká zmena v AMSL a výpadky v RTK).

Pre rozvoj odboru prináša práca principiálne nové poznatky v návrhu vlastného multisenzorického systému pre priame georeferencované dáta s UAS. Ďalšie principiálne nové poznatky vyplývajú z návrhu kalibračnej procedúry tohoto systému.

Ad e) Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň je vynikající.

Komentář: Práca je po formálnej stránke na vynikajúcej úrovni. Je vidieť autorove veľké skúsenosti s publikovaním odborných textov. Čo by som však odporúčal do budúcnosti vylepšiť, je vytvorenie zoznamu skratiek a symbolov, pretože v práci takéhoto rozsahu práce je ich veľa. Neznalý čitateľ sa v neskorších fázach čítania textu môže horšie orientovať a musí hľadať v predchádzajúcom texte význam skratiek a symbolov.

Ad f) Disertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona

Disertační práce podmínky uvedené v § 47 odst. 4*) zákona č. 111/1998 sb. o vysokých školách splňuje.

*(*4) Studium se řádně ukončuje státní doktorskou zkouškou a obhajobou disertační práce, kterými se prokazuje schopnost a připravenost k samostatné činnosti v oblasti výzkumu nebo vývoje nebo k samostatné teoretické a tvůrčí umělecké činnosti. Disertační práce musí obsahovat původní a uveřejněné výsledky nebo výsledky přijaté k uveřejnění.*

Ad g) Prokázání tvůrčí schopnosti studenta v dané oblasti výzkumu a zda práce splňuje nebo nesplňuje požadavky standardně kladené na disertační práce v daném oboru.

Doktorand prokázal tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu a práce splňuje požadavky standardně kladené na disertační práce v daném oboru.

Komentář: Bez komentára.

Celkové hodnocení: Práca má úctyhodný rozsah 217 strán. Je napísaná nielen na vysokej odbornej úrovni, ale predovšetkým tak, že čitateľa vtiahne do problematiky a vytvára v ňom často „wow“ efekt vyplývajúci zo získavaného poznania prezentovaného v práci. Na pozadí práce možno detegovať zámer autora pripraviť prácu po formálnej a obsahovej stránke tak, aby dala komplexný prehľad k danej problematike, t.j. kľúčové publikácie, ich analýzu a vyzdvihnutie prínosu. Predložená práca tak umožňuje nasledovníkom v ľubovoľnom bode plynulo nadviazať na danú problematiku. Toto je veľké pozitívum predloženej dizertačnej práce a svedčí o celkovom systematickom myslení autora. Tieto vlastnosti autora odporúčam využiť aj v pedagogickom procese. Vo všeobecnosti je predložená práca na excelentnej úrovni a dokladuje osobnú zaoberanosť autora vo vede a výskume v oblasti UAS a spracovania údajov poskytovaných UAS a jeho systémami.

Otázky oponenta:

1. V kľúčovej publikácii ku kapitole II.A nie je uvedený ako spoluautor vedúci celej skupiny prof. Žalud. Je to možné chápať tak, že pri zostavovaní multisenzorického systému Vám nechal úplne voľnú ruku?
2. Akým spôsobom ste vyberali hardvér (GNSS RTK prijímač, INS a kameru) v kapitole A.2.1? Vykonali ste k tomuto výberu aj porovnanie senzorických systémov od iných výrobcov?
3. Aké povolenia ste museli mať a akú administratívu ste museli vykonať na realizáciu testovacích letov?
4. Vysvetlite ako ste získali hodnoty v tabuľke A.1.
5. V kapitole II.A.3.5 nie sú špecifikované niektoré podmienky experimentu, napríklad rýchlosť letu UAS. Pri akej rýchlosti letu boli dosiahnuté výsledky v tabuľke A.2? Sú tieto výsledky v súlade s obrázkom A.4, ktorý zobrazuje závislosť chyby merania polohy od rýchlosti pohybu UAS pre daný multisenzorický systém? Môžeme správne predpokladať, že ak by sme experiment z tabuľky A.2 vykonali v inej letovej rýchlosti, dosiahli by sme iné výsledky?
6. Prečo ste pri riešení preurčeného systému rovníc v kapitole II.B.2.2 použili práve Gauss-Newtonovú iteračnú metódu? Nebolo by možné aplikovať aj iné, napr. rekurzívnu metódu najmenších štvorcov?
7. Pri akej maximálnej výške letu by bola Vaša kalibračná procedúra ešte použiteľná pri Vami použitej georeferencovanej značke? Zamýšľali ste sa nad týmto limitom navrhnutej kalibračnej procedúry? Alebo ešte inak, prečo bola zvolená výška pri kalibrácii práve 50 m, prečo nie napríklad 35 m alebo 65 m?

8. Mohli by ste uviesť legendu a skutočný priebeh pohybu robota na obrázku C.12? Do budúca je lepšie k takýmto obrázkom uviesť legendu priamo do obrázka alebo k opisu obrázka.
9. Z textu kapitoly II.C nie je jasné, prečo pri tretej metóde hľadajúcej viacero zdrojov gamma žiarenia je potrebné vykonať kruhovú trajektóriu. Prečo nestačí napríklad robot otáčať o 360° na mieste? Alebo čo v prípade, že kvôli terénu sa nedá vykonať predpísaná kruhová trajektória?
10. Prečo pri experimente v kapitole II.D (meranie objemu snehovej vrstvy) nebola aj pri priamom georeferencovaní použitá jedna georeferencovaná značka? Práve tento prístup z kapitoly II.B sa mi javí z Vašej práce ako veľmi unikátny a zároveň dosahujúci veľmi dobré výsledky približujúce sa až k výsledkom pri nepriamom georeferencovaní.
11. Vaša práca si najmä v kapitolách II.C, II.D a II.E priam pýta zápis vývojových diagramov alebo formálnych zápisov algoritmov. Jediný je uvedený na strane 180. Prečo ich Vaša práca neobsahuje viac?
12. Čím bolo spôsobené tak významné zhoršenie presnosti fotogrametrie v kapitole II.E.4.1? Podobný výpadok RTK ste mali aj v kapitole II.D.3.1 a tam preukazujete presnosť o jeden rád lepšiu.
13. Výsledky z kapitoly II.E.4.5 sú naozaj zaujímavé v spôsobe detekcie viacerých zdrojov žiarenia na pomerne malom území. Pre prehľadnosť a orientáciu v danej situácii by bolo vhodné označiť jednotlivé zdroje žiarenia (s1 až s7) aj v samotnom obrázku E.26. Pri pohľade na zdroj s3 a radiačnú mapu z obrázka E.26b sa zdá, že problémom nie je ani tak „presvietenie“ slabšieho zdroja okolitými silnejšími zdrojmi, ale že nedetegované zdroje (napr. s4) nie sú zahrnuté v prehľadávanom ROI. Samozrejme ROI nemôžete do nekonečna nafukovať, pretože nevíete vopred, koľko zdrojov je v danej oblasti. Ak by bol len jeden, tak zbytočne predlžujete misiu. Nebolo by riešením použiť citlivejší detekčný prvok pri vzdušnom mapovaní alebo ísť s UAS ešte bližšie (pod AGL 15 m) v miestach, kde sú detegované potenciálne zdroje žiarenia? Prípadne vykresliť detekčnú mapu z UGV aj mimo vyrezaného ROI?
14. Aká je celková cena Vášho multisenzorického systému? Vedeli by ste odhadnúť návratnosť investície do takéhoto systému, ak by ste s ním začali poskytovať služby na komerčnej báze?

Disertační práci k obhajobě

doporučuji

nedoporučuji.

Dne: 05.11.2020

Podpis:.....