

Název práce: *Analýza vlivu kalibrace a vyrovnání pásů na geometrickou přesnost bodového mračka pořízeného UAV LiDARovým snímáním*

Autor: Bc. Dennis Dvořák

Diplomová práce řeší praktický problém ověření parametrů kalibrace IMU/GNSS jednotky RPAS LiDARového systému Riegl miniVUX-1UAV, který je součástí přístrojového vybavení katedry aplikované geoinformatiky a kartografie PŘF UK. Význam jednotlivých kalibračních parametrů je teoreticky známý a v literatuře popsán. Konkrétní instalace však vyžaduje ověření a v závislosti na výsledku i následné stanovení dílčích kroků zpracovatelského postupu tak, aby prostorová chyba vytvořeného bodového mračka byla v požadované toleranci, tj. odpovídala parametrům použité IMU/GNSS jednotky.

Diplomová práce je standardně členěna do sedmi kapitol. V úvodní části autor ozřejmuje aktuálnost tématu a následně se věnuje termínu kalibrace a jejímu vlivu na prostorovou přesnost bodů reprezentujících skenovanou oblast. Cíle práce jsou definovány dostatečně a jasně.

Ve druhé kapitole se autor s využitím literatury věnuje principu laserového skenování, významu IMU/GNSS jednotky a postupu předzpracování dat. Z hlediska zadání práce jsou stěžejní kapitoly 2.6 až 2.9. Přes četné drobné chyby uvedené v závěru posudku považuji zpracovanou rešerši a úvod do problematiky za nejzdařilejší část práce. Opírá se o více než 50 převážně zahraničních vhodně zvolených zdrojů, je celkově přehledná a propojuje poznatky UAV LiDARového snímání s relevantními teoretickými východisky pozemního a leteckého skenování. Oceňuji, že modely kalibrace dále používané v praktické části práce jsou náležitě matematicky popsány.

Ve třetí kapitole autor popisuje použité přístrojové vybavení a zájmové oblasti. Bylo by hodné doplnit informaci o přesnosti použité IMU/GNSS a očekávané prostorové přesnosti bodového mračka. Stejně tak chybí informace o kvalitě dat pro ověření výsledku. Zároveň chybí výrobcem dané hodnoty vektoru odsazení středů a úhly stočení mezi IMU a skenerem.

V kapitole Metodika autor navazuje na rešerši a navrhuje několik postupů zpracování bodových mračen, které se liší neznámými geometrickými parametry pro vyrovnání. Jako metriku úspěšnosti zvolil směrodatnou odchylku vzdálenosti ploch použitých pro slícování naskenovaných pásů a odchylek na vlícovacích bodech.

Výsledky práce shrnují výstupy dílčích variant výpočtů neznámých transformačních parametrů v lokalitách Horní Vidim a Dlouhá Ves u Sušice. Vzhledem k množství výsledků by bylo žádoucí se nad jejich prezentací ještě více zamyslet, některé části přesunout do příloh a numerické výsledky agregovat do shrnujících tabulek, aby čtenář mohl lépe jednotlivé metody porovnat.

Diskuse po formální stránce obsahuje všechny náležitosti – pracuje s literaturou, kriticky hodnotí dosažené výsledky. Některé části mají ale spíše charakter literární rešerše. Jak bylo uvedeno výše, autor neuvedl, jaká je očekávaná přesnost celého systému dle výrobce, a tudíž chybí diskuse této otázky. Zároveň není zřejmá či chybí odpověď na klíčovou otázku, zda výrobcem uvedené kalibrační parametry lze využívat či zda je nutné kalibraci provádět znovu. Postrádám jasné hrnutí závěrů provedených experimentů a doporučení postupu zpracování daným přístrojem a softwarem. V závěrečné kapitole autor shrnuje dosažené výsledky a konstatuje potenciál UAV LiDARového snímání.

Téma diplomové práce souvisí s dílčími projekty katedry a bylo vybráno zejména s ohledem na spíše technické zaměření diplomanta, jeho znalosti a praktické zkušenosti v oblasti zeměměřičtví (GNSS, pozemní laserové skenování, digitální fotogrammetrie, teorie vyrovnání měření). Na přístupu diplomanta oceňuji zaujetí, s nímž k práci přistupoval. Z hlediska školitelky hlavní úskalí vidím v časovém rozvržení prací, kdy některé výsledky nebylo možno před odevzdáním hlouběji prodiskutovat. Objektivní komplikací byla omezená dostupnost softwaru RiPROCES, který je instalován na jediném a značně vytíženém PC katedry. Text práce obsahuje množství chyb různé závažnosti, z nichž některé jsou uvedeny na konci posudku.

Diplomovou práci Bc. Dennise Dvořáka **doporučuji** k obhajobě. Hodnocení velmi dobře až dobře upřesním na základě obhajoby.

23.5.2021

Ing. Markéta Potůčková, Ph.D.

Dílčí připomínky k práci (pro obhajobu vyznačeny **tučně**):

1. Abstrakt: „případně porovnáním“ ... v době odevzdání práce víte, zda jste porovnání provedl či nikoliv.
2. Abstrakt: „Přesnosti těchto metod byly srovnatelné, a to i při porovnání geometrické přesnosti celého bodového mračka.“ Nevhodná formulace.
3. Str. 27: bylo by již zde vhodné uvést příklady vnitřních a vnějších vlivů na přesnost měření.
4. Str. 28: uvedená směrodatná odchylka není parametr, ale charakteristika přesnosti.
5. Str. 29: korekce GNSS neposkytuje na území ČR jen CZPOS.
6. Str. 31 obr. 2.8: jedná se ve zde o vlíčovací nebo kontrolní body?
7. Str. 33: „Komunikace GNSS a IMU jednotky zajišťuje náklon ...“ Nevhodná formulace.
- 8. Str. 33 obr. 2.10: kde je fyzicky střed O_H ?**
9. Název sekce 2.6.1 by měl být „Kalibrace vektoru ...“, nikoli „Kalibrace chyby vektoru ...“.
10. Obr. 2.10, 2.12 a 2.14 mají velmi podobný obsah, ale jiné zdroje a značení. Bylo by vhodné uvést jeden obrázek a značení sjednotit.
- 11. Jakou předpokládáte stabilitu parametrů LA a BA?**
- 12. Str. 38: Eukleidovské úhly ω , φ , κ používané ve fotogrametrii nejsou totožné s úhly používanými v navigaci roll, pitch a yaw!**
- 13. Str. 39: „Další částí výpočtu při kalibraci BA je vliv jednotlivých parametrů“. Vysvětlete.**
14. Název sekce 2.6.3 by měl být konkrétnější/srozumitelnější
15. Obr. 2.16, 2.18: popis obrázků není dostatečný.
16. Str. 47, 64, 66: jedná se o „tie planes“, nikoli „tie points“.
17. Str. 48 a 49: „Je to stejný analytický způsob jako při kalibraci ...“, „Tento postup je analyticky stejný jako při výpočtu kalibrace ...“: 2x vyjádření téhož téměř stejnými slovy.
18. Str. 50: chybí parametry APX15UAV.
19. Str. 54: chybí přesnost GNSS měření kontrolních bodů.
20. Str. 55: na hustotu bodů nemá vliv velikost území!

21. Str. 59: „Na základě znalostí problematiky a provedené rešerše jsem zvolil jako cíl této práce zjištění vlivu kalibrací LA, BA a vlivu metody SA.“ Vlivu na co? Nutno lépe formulovat!
22. Str. 63: na jakou konkrétní hodnotu jste omezil úhel snímání?
- 23. Str. 66: jak je definována „maximální vzdálenost normály dvou hledaných ploch“?**
24. Proč se nezabýváte parametry vyhledávání ploch, ale pouze parametry slícování ploch?
25. Graf 5.2: Špatná čitelnost hodnot na ose x.
26. Jak vypadaly grafy vzdáleností ploch před slícováním?
- 27. Byly při vyrovnání SA použity výrobcem dané parametry LA a BA?**
28. Str. 83 Tab. 5.21: Opravdu se jednalo o 20 stupňů volnosti?
- 29. Z jakého důvodu jsou hodnoty odchylek na kontrolních bodech uvedeny v absolutní hodnotě? Ztrácí se tak informace o možné systematické chybě.**