

Posudek oponenta bakalářské práce Kateřiny Pecákové

"3D modely skalních stěn z různých dat a jejich porovnání"

zpracované na KFGG Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze

pod vedením RNDr. Filipa Hartvicha, PhD.

Úvod

Bakalářská práce Kateřiny Pecákové se zabývá tvorbou 3D modelů sub-vertikálních skalních stěn na základě využití dvou rozdílných metodických přístupů, snímání pomocí UAV a snímání pomocí pozemního LiDAR. Práce obsahuje 60 stran, z čehož je 45 textových, obsahujících 23 obrázků a 11 tabulek.

1) Hodnocení splnění cílů v zadání práce

Obecné cíle jsou definovány jasně, avšak u kvalitativních parametrů „kvalita modelu“ a „flexibilita modelu“ by se slušelo dále specifikovat, na základě čeho bude kvalita a flexibilita hodnocena. Takto se jedná o zavádějící formulace. Stanovené cíle se podařilo formálně naplnit.

2) Hodnocení práce s literaturou

Předložená práce pracuje s literárními zdroji korektně a z textu je zřejmá snaha autorky práce využívat také mezinárodní databáze vědeckých publikací, což je třeba hodnotit kladně. Na dílčích místech chybí citace pro přednesená fakta, která však autorka objektivně musela čerpat z externích zdrojů (například strana 11). Na straně 13 se nachází citace přiřazená dvěma různým autorům (Balatka či Demek). Na straně 52 pak chybí rok u citované publikace. U obrázku 1 a 4 jsou pak chybně citovány zdroje mapových podkladů („Geoportál“), která neodpovídá seznamu datových zdrojů. Další slabinou je pak citace prací tří a více autorů, kde autorka systematicky nepostupuje dle normy ČSN ISO 690 a vypisuje všechny tři autory do textu. Fyzicko-geografická rešerše je vyčerpávající, z mého subjektivního pohledu by neuškodilo její zeštíhlení, avšak ne na úkor obsažené informace.

3) Hodnocení užitých metod a postupů

Autorka práce využívá standardní metodický postup, v současné době využívaný pro fotogrammetrické zpracování fotografií za účelem tvorby 3D modelu. Bohužel metodika sběru dat vznáší zásadní otázky, kterým se věnuji v kapitole 7. Metodický postup zpracování metodou SfM byl zvládnut uspokojivě. Metodika kvalitativního srovnání modelů byla zvolena adekvátně úrovni práce, avšak její provedení vyvolává otázky z důvodu možného pochybení při sběru dat.

4) Hodnocení diskuse

Vzhledem k úrovni práce lze hodnotit diskusi jako poměrně zdařilou. Autorka se snaží konfrontovat vlastní dosažené výsledky s výsledky publikované ve vědeckých publikacích. Největší slabinou diskuse je reakce na nesprávně interpretované výsledky terénního měření. Kvalitu diskuse, jakožto celé práce, sráží obecná formální úroveň textu.

5) Hodnocení odborného přínosu práce

Odborný přínos práce je úměrný úrovni práce (bakalářská práce), mezi hlavní přínosy patří pokus srovnat kvalitativně modely skalního masivu. Výsledky jsou bohužel ovlivněny nejasnou strategií při nastavení kamery, jejíž nekonzistentní parametry mají zřejmě podstatný vliv na dosažené výsledky, avšak autorka tento vliv zcela zanedbává, nerozebírá jeho možný dopad a dosažené výsledky se pokouší vysvětlit kombinací jiných faktorů (počet pořízených snímků). Z textu lze nabýt dojmu, že autorka považuje rozlišení snímku jako důsledek techniky letu, přestože se jedná o vstupní faktor. Tato situace ovlivňuje i následnou diskusi a vyvolává otázky na relevanci popsaných závěrů. Více se k problematice věnuji v kapitole 7.

6) Hodnocení formální stránky práce

Formální stránka práce je zásadní slabinou této práce. V textu se ve velmi vysoké četnosti vyskytují jak psané chyby (překlepy, skloňování, velká písmena, tečky za větou), tak stylistické chyby (větné fragmenty bez podmětu či slovesa).

Autorka systematicky nepoužívá formátování, které přispívá k úhlednosti práce, zejména používání velkých písmen na začátku popisků obrázků a některých tabulek. V obsahu i v textu dále zcela chybí nadpis kapitoly 2, zde se můžeme pouze domnívat, že se tato kapitola věnuje Úvodu do problematiky.

Dále bych doporučil věnovat větší pozornost používání zkratk, které jsou mnohdy vysvětlovány opakovaně (např. UAV). Použitá zkratka pro software (psána v textu malými písmeny „sw“) je matoucí a doporučoval bych používat kapitálky jako je běžným postupem u zkratk.

V textu není konzistence názvosloví použité techniky a software, například správné jméno dronu je DJI Phantom Pro, SW Agisoft ve verzi Pro, SW M3C2. V součtu se v textu na více jak 340 místech vyskytla formální chyba, což lze považovat již za hranou únosnosti.

Samostatnou kategorií je pak absence odkazování na přiložené obrázky v samotném textu. V textu je odkazováno pouze na obrázky 1, 6 a 20. Odkazování na přiložené obrázky podstatně zvyšuje kvalitu textu a také zlepšuje pochopení pro čtenáře.

7) Dotazy a připomínky k textu (tučně uvádím zásadní body)

Str. 9 Lidar...je schopen zaměřit i vnitřní prostory, kam se prozatím UAV nedostane. Autorka má pravdu, že UAV se nepoužívají ve vnitřních prostorech za účelem skenování povrchů, avšak způsob vyjádření je velmi obecný a tím pádem nepravdivý. UAV se již používají ve vnitřních prostorech, avšak k jiným účelům (viz např. Sandamini et al., 2023).

Jeho nevýhodou je však cena a bodové mračno bez pravých barev. Opět se jedná o vágní vyjádření, jak sama autorka dále v textu píše, pokud TLS systém zahrnuje i RGB kameru, lze mračno sekundárně obarvit pravými barvami.

Str. 10

Opakovaně použitý termín „subprovincie“ místo „subprovincie“

Opakovaně použitý termín granidiority místo granodiority

Str. 13

V dolní části odhalených pískovců převažují jednozrnné prachové sedimenty. Autorka měla na mysli zřejmě jemnozrnné sedimenty.

Obr. 4 – mapa

V mapě i v legendě chybí diakritika u názvu vodního toku. U obou map bych doporučil vzhledem k rozsahu uvádět měřítko v metrech nežli v kilometrech.

Str. 19

U bodu 7 bych doporučil dodat stručný popis, podobně jako u ostatních bodů.

U klasifikace Záruby a Mencla je u bodu C uveden termín „*horské skály*“. Dlouhodobé svahové deformace a skalní řízení jistě nejsou doménou pouze skalních výchozů v horském prostředí.

Str. 21

Pojem *hmotné sféry* – objekty na zemském povrchu bych doporučoval souhrnně pojmenovat méně prozaicky

Str. 22

V bodu 4 autorka zahrnuje letecké laserové skenování pod leteckou fotogrammetrii. Jedná se o dvě rozdílné metody.

Dále v odstavci dělení dle Bayera (2016) a Klimánka (2006) autorka uvádí, že se jedná o dělení dle použitého algoritmu, ale ve skutečnosti se jedná spíše o dělení dle datového typu. Zároveň nelze zařadit fotogrammetrickou triangulaci pod souhrnný název Polyedrické modely terénu.

Str. 23

Pro účely sběru dat do této práce bylo využito pozemního LiDARu a SfM zpracování snímků z UAV – Autorka napříč celou prací spojuje metodu zpracování SfM a metodu snímání (UAV) do jednoho termínu a využívá jej i v kontextu popisu čistě terénních prací. SfM je samostatná metoda zpracování snímků (nemusí být z dronu) a na druhé straně metodu SfM nelze nikterak využít pro samotný sběr dat.

Str. 24

V úvodu do problematiky LiDAR je nedostatečně popsán princip vícenásobných odrazů a jejich využití pro konstrukci výsledného modelu. Text líčí vícenásobné odrazy jako nevýhodu, avšak z praxe známe také opak při jiných účelech snímání.

Str. 25

Chybný odkaz na Obrázek 1 (ve Vaší práci mapa). Dále není vysvětlen termín „*průseková fotogrammetrie*“, jelikož je v práci uvedena jako jedna ze dvou hlavních metodik pro použitou SfM, avšak nikterak popsána.

V přesnosti a možnosti nejmenšího pixelu vynikají jako nosiče právě drony – právě pro snímání skalních výchozů může stejně kvalitně posloužit také fotografování tzv. „z ruky“ a i zde se dá hovořit o datech s vysokým rozlišením (dle nastavení a vzdálenosti fotografování).

Str. 26

... mělo být zajištěno, že každý bod je pokryt alespoň z 60 % ve směru letu a z 30 % ve směru kolmém k letové dráze – nepřesné vyjádření, jedná se o překryv snímků.

Tachymetrie – v úvodu do tématu zcela chybí zmínka o napojení polygonu na stabilní geodetický bod v případě, že je cílem měřit v geografických souřadnicích. **Jaká nevýhoda z tohoto faktu pramení pro konkrétní případ řešených lokalit?**

Str. 27

Znalost geografických souřadnic u digitálních modelů také usnadňuje další geografickou analýzu a práci v GIS. – Je to dokonce podmínkou pro práci v GIS.

Str. 28

V úvodu kapitoly je zmíněno, že proběhlo měření LiDAR také na lokalitě V Doubí, avšak nikde dál se toto měření již nepopisuje, ani nejsou prezentovány výsledky.

... pro UAV mapování kvadrokoptéra DJI Phantom 4 pro. – zde je nutné popsat, že samotné snímání probíhá prostřednictvím vestavěné RGB kamery. UAV je pouze nosič (platforma).

Celkem 6 laserových měření laser skenerem ... – proč zrovna 6? Co bylo důvodem? Je třeba držet optimální vzdálenost od stěny? Jak jí stanovíme? Jedná se o iterativní krok společně s kontrolním skenem, o kterém se píše v následujícím odstavci? Proč je u některých skenů vyšší počet bodů na mm a nemůže to mít následně vliv při vzájemném propojování dílů skenu?

Str. 29

Zde je nejzásadnější otázka celé předložené práce. Autorka prezentuje nastavení kamery pro jednotlivé snímací kampaně na obou lokalitách. V nastavení se objevují dvě nastavení rozlišení pořizovaných snímků. Ze specifikací dronu DJI Phantom 4 Pro je patrné, že rozlišení kamery FC6310 1920x1080 pixelů lze nastavit pouze v tzv. režimu PIV, což je pořizování snímků souběžně s pořizováním záznamu videa (adoptuje aktuálně nastavené rozlišení videa), popřípadě během zapnutého video módu. **Prosím o zodpovězení otázky, zda bylo toto nastavení záměrem nebo chybou. Rozdíl v detailu snímaných modelů se propisuje napříč všemi popsány i diskutovanými výsledky. Dále je otázkou zásadně menší rozloha snímaného povrchu v případě modelu z 29.3.2024 oproti ostatním kampaním na lokalitě V Doubí. Co způsobilo tak velký rozdíl?**

Str. 30

Měření 9.7. – zde je otázkou, zda je vhodné o tomto měření obšírněji referovat, když se čtenář na závěr dozví, že měření nebylo použito. Doporučuji radikálně zkrátit.

Str. 31

U modelu lomu V Doubí pořízeném školitelem ze dne 22.5. není uvedeno, zda byly využity GCP.

U všech náletů je uváděna průměrná výška. Bylo by zároveň dobré stručně popsat, jak bylo přistoupeno ke vzdálenosti UAV od měřené vertikální stěny. Vhodný by byl také obrázek ze SW Agisoft s pozicemi kamer, který by vizuálně dokládal techniku letu.

Str. 32.

Zde je naznačena disfunkce GNSS přijímače, avšak nikde nejsou uvedeny základní parametry využitého přístroje (přesnost). Ty jsou důležité pro pochopení přesnosti zaměření GCP. To má přímý vliv na přesnost modelu.

Str. 33

Souhrnně: Bod 3: husté mračno ořezáváme ne od šumu, ale od objektů, která nás nezajímají (například vegetace). Šumem obecně nazýváme chyby způsobené distorzemi senzorů, paprsků, atmosférou, interferencemi atd. Zde je třeba uvést funkci, která byla využita (např. Gradual selection), jaké byly její parametry? **Pro členité objekty se doporučuje využívat spíše mild či moderate filtrace, aby nedošlo ke ztrátě detailu. Zde byla využita agresive (podle tabulky 4 též mild), nemohlo to mít vliv na výsledky práce? Jak se lišily modely s využitím agresive a mild?** Bod 5: Nastavení exportované textury?

Str. 37

Manuální spojování mračen může vést ke ztrátě přesnosti z důvodu časově náročného procesu.
– Zde není jasné, co tím autorka myslela.

V kapitole 3.4.1 není popisován pouze plugin Compass 2.0, ale také KD-tree, doporučuji vše zahrnout pod 3.4 bez podkapitoly.

Str. 38

... odchylky mezi reálnou pozicí bodu a pozicí bodu v digitálním modelu ... pozor, ale zde se nejedná o reálnou pozici bodu na zemském povrchu, nýbrž o pozici na snímku, jak správně píšete dále v odstavci.

Str. 39

Z většího počtu snímků software dokáže identifikovat vícero spojovacích bodů (tie points). Zde to opět souvisí také se vstupním rozlišením dat, což dokládá tabulka 5.

Str. 40

Odstavec u podkapitoly 4.1.2.1 je bohužel zcela chybný. V případě vyššího detailu hovoříme o vyšším prostorovém rozlišení (model z 29.3. disponuje největším detailem, tedy nejvyšším prostorovým rozlišením).

Nejmenší prostorové rozlišení má model 29. 3. 2024, kde dron letěl blíže k povrchu, což mělo za následek vyšší prostorové rozlišení i rozlišením snímku kamery. – rozlišení kamery není důsledkem letu, ale uživatelským nastavením kamery. Blízkost UAV ke stěně neznáme, výška letu zde také nepomáhá, ale z tabulky 7 je patrné, že vyšší rozlišení snímku je přímý faktor vyššího rozlišení modelu i textury! U dat z 29.3. 2024 se rozlišení pohybuje v řádu milimetrů, což je způsobeno použitím georeferenčních bodů. Opět chybná dedukce, viz výše. Je zde tedy výrazné zmenšení velikostí jednotlivých pixelů, což může být klíčové pro další analýzy. Toto ale ovlivňuje již autor dat při nastavení kamery před samotným snímáním, není to důsledkem. Velikost pixelu se nikdy nezmění použitím GCP!

Str. 41

Z diskuse se dozvídáme, že model z 31.3.2021 byl účelně degradován za účelem optimalizace výpočtu na autorčině PC. Nicméně zde v kapitole 4.1.2.2 se o tomto zásahu nikde nepíše. Jsou

tedy údaje v tabulce již po degradaci nebo před ní? Zároveň by bylo dobré znát parametry, se kterými bylo skutečně pracováno.

Tabulka 9 – chybně uvedeny jednotky plochy

Obrázek 14 – přehlednosti textu by pomohlo celkové schéma lomové stěny s vyznačenou polohou výřezu.

Str. 43

Povrch skalní stěny je nejdetailejší u modelu z 20. 2. 2024. – Toto nesouhlasí s tabulkou 8, kde je uvedeno, že model z 31.3. má nejvyšší rozlišení, což opět souvisí s vyšším rozlišením vstupních snímků. Navíc se v diskusi dozvídáme, že tento model (31.3.) byl účelně degradován. Toto je třeba už i zde a v kap. 4.1.2.2 uvádět na pravou míru, aby bylo jasné, s jakými parametry bylo skutečně pracováno!

Kapitola 4.1.4 patří spíše do metodiky

Str. 46

Tabulka 11 – LiDAR opravdu může proniknout vodou, avšak nejedná se o stejný typ jako v případě snímání na zemském povrchu. Jedná se o tzv. Bathymetric LiDAR, který využívá kratší vlnové délky lépe penetrující vodu. Proto je tento parametr v tabulce zavádějící.

Str. 47

V oblastech národních parků a CHKO může být provoz bezpilotních letadel omezen, což zvýrazňuje výhodu využití LiDARu. V těchto zónách je provoz vždy omezen!

Str. 48

Na rozdíl od LiDARu jsou UAV zařízení omezena na ideální podmínky, jako je bezvětří a suché počasí. – A také orientaci vůči pozici Slunce (při slunečném počasí) (!).

UAV také poskytuje perspektivu z vícero úhlů což TLS neumožňuje. – zavádějící vyjádření.

Str. 51

Při využití GCP u dat z 31. 3. z údolí Svitávky je patrné, že se zlepšila kvalita digitálního výškového modelu, tím že se prostorové rozlišení DEM se snížilo 2,3 cm/pix na 0,28 cm/pix. Zde opět není diskutován vliv vyššího vstupního rozlišení fotek, které je pravděpodobně hlavním faktorem tohoto zlepšení.

Doubí z 29. 3: 2024 se také zlepšila kvalita digitálního výškového modelu z 1,79 cm/pix na 4,79 mm/pix, díky využitým 10 GCP. Opět stejná otázka. Dokud ale nebudou porovnány modely ze stejně kvalitních dat, tak nelze vytvářet takovéto závěry! Zároveň v práci chybí report přesnosti na měřených GCP, který je součástí reportu v SW Agisoft.

UAV snímky z 29. 3 byly zpracovány dvakrát: s GCP a bez nich. Průměrná RMSE se změnila využitím GCP, ale pouze nepatrně. A toto je ten pravý, důvěryhodný a nejdůležitější závěr tohoto konkrétního cíle Vaší práce! Proč toto není ve výsledcích podrobně rozebráno včetně tabulky?

RMSE ovlivňovalo v této práci zejména počet snímků, ... ale pouze na lokalitě Svitávka. I zde lze podezřít jako hlavní faktor rozlišení vstupních snímků. RMSE z 29.3. dosahuje 0,4 pix při 196 snímcích a RMSE z 12.1.24 dosahuje 0,665 pix při 211 snímcích. Tedy počet snímků zde nepomohl. Co je skutečně k diskusi je poměrně vysoké RMSE přepočtené na metry v případě modelu z 29.3.24. Tato hodnota jako jediná nerespektuje logiku vstupních parametrů modelů.

... z uvedeného důvodu na LiDARovém meshi oproti zjednodušenému meshi 31.3. způsobeném nižší kvalitou modelu. Proč zde nebylo porovnáváno s modelem vytvořeným autorkou textu, který dle textu nebyl degradován?

8) Otázky k obhajobě

- 1) Prosim o zodpovězení otázky, zda bylo odlišné nastavení rozlišení RGB kamery pro jednotlivá snímání dronu záměrem nebo chybou. Rozdíl v detailu snímaných modelů se propisuje napříč všemi popsány i diskutovanými výsledky a není nijak reflektován. Zároveň prosím o komentář k účelné degradaci modelu - jsou uvedené hodnoty v tabulkách 6, 8 a 10 a veškeré závěry učiněné v této práci již na základě degradovaného modelu?
- 2) Jaký vliv na plánování terénní snímací kampaně Vašich lokalit by mělo teoretické zdvojnásobení rozlišení snímací kamery? Jaký parametr letu lze teoreticky upravit, aby nebylo nutné následně uměle degradovat model (v případě vámi využitého PC)?
- 3) Jak lze stanovit optimální vzdálenost polohy TLS vůči snímané skále? Proč je u některých skenů vyšší počet bodů na mm a nemůže to mít následně vliv při vzájemném propojování dílů skenu?
- 4) Proč byl s LiDAR modelem porovnáván degradovaný model z 31.3. místo autorčina standardního modelu z 20.2.2024, který byl pořízen ve stejný den jako LiDAR? Pak by bylo porovnávání rozdílných technologií jistě validnější.

9) Závěrečné hodnocení

Hodnocení předložené bakalářské práce Kateřiny Pecákové je poměrně obtížné. Je zřejmé, že se autorka snažila poctivě zpracovat dané téma. Byly rozvíjeny jednoduché vědecké postupy kvantitativního srovnání modelů a výstupy byly sympaticky vědecky diskutovány s využitím diskuse s odbornou literaturou. Závěry diskuse a zejména závěry v kapitole 6 jsou bohužel založeny na nesrovnalostech v pořízených datech a ovlivněné velmi špatnou formální úrovní textu práce.

Přes výše uvedené výhrady se domnívám, že práce splňuje požadavky kladené na bakalářskou práci a doporučuji ji proto přijmout k obhajobě a hodnotit ji jako velmi dobrou až dobrou, s přihlédnutím k průběhu obhajoby.

V Praze, dne 22.5.2024

Mgr. Jan Jelének

Česká geologická služba