

ANALÝZA VÝSTUPŮ Z PRVOTNÍ ORIENTACE A TVORBY HUSTÉHO MRAČNA BODŮ V ZÁVISLOSTI NA KOEFICIENTU KVALITY VSTUPNÍCH SNÍMKŮ

Ing. Alice Adamcová ^a

^a ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie, Thákurova 7, 166 29, Praha 6

ABSTRAKT

Článek se zabývá zpracováním snímků různých materiálů pořízených s různou kvalitou v softwarech Agisoft Metashape Professional, iTwin Capture Modeler a Pix4Dmapper. Byly pořízeny série snímků s vysokou kvalitou a s kvalitou uměle snižovanou a u všech byla analyzována schopnost jednotlivých softwarů je zpracovat a přesnost případného zpracování. Výsledky jsou dokumentovány pomocí obrázků a tabulek.

KLÍČOVÁ SLOVA

Fotogrammetrie, koeficient kvality, prvotní orientace, husté mračno bodů

ÚVOD

Na kvalitu hustého mračna má vliv počet spojovacích bodů, který zase závisí na kvalitě snímků. Koeficient kvality snímků lze spočítat v programu Agisoft Metashape a je ukazatelem ostrosti snímků [1], který je počítán jako poměr mezi pixely originálního snímku a snímku, na který byl aplikován Gaussův filtr [2]. Dle [1] je doporučeno pro výpočet nepoužívat snímky, které mají koeficient kvality nižší než 0,5. V tomto článku je zpracováno šest různých povrchů, které byly nafoceny sériemi, kterým byla uměle ovlivňována kvalita snímku, a tyto série jsou následně zpracovány ve třech různých softwarech. Výsledky z jednotlivých softwarů jsou dále porovnány a z těchto výsledků jsou vyvozeny závěry týkající se vhodnosti jednotlivých softwarů pro jednotlivé povrchy a koeficienty kvality jejich snímků.

METODIKA

V rámci této kapitoly budou popsány využitě přístroje a softwarové vybavení a bude specifikována metodika testování a jeho výsledky.

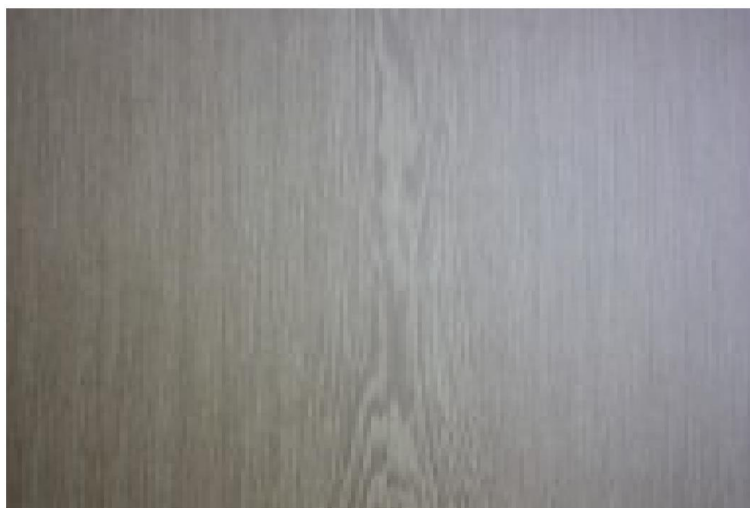
Přístroje a softwarové vybavení

Zpracování proběhlo v softwarech Agisoft Metashape Professional ve verzi 2.0.1, iTwin Capture Modeler ve verzi 24.0.0 a Pix4Dmapper ve verzi 4.7.5.

Snímkování bylo provedeno fotoaparátem Canon EOS 450D s ohniskovou vzdáleností 40 mm, snímačem CMOS o velikosti 22,3 x 14,9 mm, rozlišením 4272 x 2848 pixelů a velikostí pixelu 5,21 x 5,21 μm .

Postup a metody

Byly vybrány tři různé povrchy v interiéru, konkrétně dva typy dřeva a koberec (Obr. 1-3), a tři různé povrchy v exteriéru, štěrka, beton a travnatý porost (Obr. 4-6), které byly nasnímány s různou kvalitou. Nejdříve byly povrchy nafoceny ve vysoké kvalitě, tj. všechny snímky série měly koeficient kvality vyšší než 0,5, poté byly nafoceny série, kde byla kvalita uměle snižována delším časem expozice a pohybem fotoaparátu při snímání, a nakonec byla pořízena série, kde byla kvalita zhoršena manuálním rozostřením. Snímkování v interiéru proběhlo za co největšího přístupu světla do místnosti, snímkování v exteriéru proběhlo za počasí pod mrakem. Dále snímkování probíhalo z jedné vzdálenosti, pouze kolmo k povrchu a simulací paralelního letu dronem. Následně byl všem sériím spočten koeficient kvality snímků funkcí *Estimate Image Quality* v programu Agisoft Metashape Professional, série byly zorientovány v programech Agisoft Metashape Professional, iTwin Capture Modeler a Pix4Dmapper a v případě úspěšně zorientovaných sérií (tzn. sérií, kde byly zorientovány alespoň 2/3 snímků) bylo vygenerováno i husté mračno. Výpočet orientace v programu Agisoft Metashape Professional byl nastaven na nejvyšší přesnost a nebyl omezen počet spojovacích bodů na snímek, který má být vygenerován. V případě orientace v programu iTwin Capture Modeler byl počet spojovacích bodů nastavený na *High* a v případě orientace v programu Pix4Dmapper byl počet spojovacích bodů nastaven na *Automatic*. Pokud bylo dále generováno husté mračno bodů, to bylo v programu Agisoft Metashape Professional generováno s kvalitou *Ultra high*, v programu iTwin Context Capture Modeler byl sampling nastaven na hodnotu 1 a v programu Pix4Dmapper bylo husté mračno počítáno z originálního rozlišení snímků a s hustotou bodů nastavenou na *High*.



Obrázek 1. Povrch typu skříň



Obrázek 2. *Povrch typu stůl*



Obrázek 3. *Povrch typu koberec*



Obrázek 4. *Povrch typu štěrk*



Obrázek 5. *Povrch typu beton*



Obrázek 6. *Povrch typu tráva*

Tabulka 1.*Počty snímků a jejich kvality u sérií v interiéru*

série	počet snímků	min. kvalita	max. kvalita	poznámka
skříň 1	24	0,55	0,83	
skříň 2	24	0,00	0,95	expozice + pohyb
skříň 3	24	0,00	0,24	expozice + pohyb
skříň 4	24	0,00	0,00	rozostření
stůl 1	16	0,57	0,74	
stůl 2	16	0,48	0,58	expozice + pohyb
stůl 3	16	0,00	1,00	expozice + pohyb
stůl 4	16	0,00	0,00	rozostření
koberec 1	24	0,52	0,83	
koberec 2	24	0,64	0,73	expozice + pohyb
koberec 3	24	0,54	0,73	expozice + pohyb
koberec 4	24	0,00	0,00	rozostření

Tabulka 2.*Počty snímků a jejich kvality u sérií v exteriéru*

série	počet snímků	min. kvalita	max. kvalita	poznámka
beton 1	24	0,57	0,81	
beton 2	24	0,48	0,64	expozice + pohyb
beton 3	24	0,37	0,70	expozice + pohyb
beton 4	24	0,00	0,42	rozostření
štěrk 1	24	0,53	0,72	
štěrk 2	24	0,49	0,66	expozice + pohyb
štěrk 3	24	0,44	0,70	expozice + pohyb
štěrk 4	24	0,31	0,35	rozostření
tráva 1	24	0,67	0,82	
tráva 2	24	0,54	0,67	expozice + pohyb
tráva 3	24	0,52	0,68	expozice + pohyb
tráva 4	24	0,21	0,40	rozostření

Výsledky

V Tab. 3 a 4 jsou uvedeny počty zorientovaných snímků a počty spojovacích bodů z jednotlivých sérií. V případě úspěšně zorientovaných sérií je uveden i počet bodů hustého mračna.

Tabulka 3.

Počty zorientovaných snímků a body řídkých a hustých mračen u sérií v interiéru

	Agisoft Metashape Professional			iTwin Capture Modeler			Pix4Dmapper		
série	počet zorient. snímků	počet spojovacích bodů	počet bodů hustého mračna	počet zorient. snímků	počet spojovacích bodů	počet bodů hustého mračna	počet zorient. snímků	počet spojovacích bodů	počet bodů hustého mračna
skříň 1	24/24	296 343	37 916 525	24/24	10 788	33 192 366	3/24	998	---
skříň 2	24/24	18 342	10 602 892	8/24	152	---	24/24	281 177	5 562 177
skříň 3	5/24	540	---	0/24	---	---	10/24	7 796	80 650
skříň 4	24/24	8 157	5 721	24/24	142	1 617 774	0/24	---	---
stůl 1	16/16	135 620	21 903 710	16/16	5 255	22 055 999	24/24	3 424	---
stůl 2	5/16	701	---	0/16	---	---	16/16	138 511	36 427
stůl 3	2/16	13	---	0/16	---	---	0/16	---	---
stůl 4	16/16	2 686	1 303	16/16	165	3 507 995	0/16	---	---
koberec 1	24/24	588 601	31 583 814	24/24	17 792	25 749 335	0/16	---	--
koberec 2	2/24	15	---	0/24	---	---	24/24	304 902	12 666
koberec 3	23/24	59 133	16 461 716	20/24	1 415	7 933 943	0/24	---	---
koberec 4	24/24	6 838	58 859	24/24	592	22 235 142	18/24	60 421	5 109

Tabulka 4.*Počty zorientovaných snímků a body řídkých a hustých mračen u sérií v exteriéru*

	Agisoft Metashape Professional			iTwin Capture Modeler			Pix4Dmapper		
série	počet zorient. snímků	počet spojovacích bodů	počet bodů hustého mračna	počet zorient. snímků	počet spojovacích bodů	počet bodů hustého mračna	počet zorient. snímků	počet spojovacích bodů	počet bodů hustého mračna
beton 1	24/24	835 420	23 800 971	24/24	15 271	20 282 290	24/24	164 805	---
beton 2	15/24	6 321	---	8/24	625	---	9/24	4 752	---
beton 3	24/24	64 934	17 385 536	20/24	1 600	22 493 185	20/24	24 690	2 753
beton 4	24/24	10 985	888 389	24/24	844	21 577 319	0/24	---	---
štěrk 1	24/24	587 177	43 860 040	24/24	20 194	33 490 022	24/24	289 441	14 041 698
štěrk 2	11/24	11 505	---	8/24	104	---	0/24	---	---
štěrk 3	22/24	75 646	24 568 448	20/24	1 530	---	19/24	108 026	12 770
štěrk 4	24/24	67 044	8 691 866	24/24	6 946	21 135 779	24/24	61 524	---
tráva 1	24/24	675 243	23 822 714	24/24	11 406	45 103 792	24/24	200 509	950
tráva 2	21/24	6 861	2 014 327	20/24	380	---	0/24	---	---
tráva 3	14/24	21 574	---	15/24	540	---	11/24	26 006	2 359
tráva 4	24/24	35 961	44 873 542	24/24	2 725	22 150 156	24/24	36 590	---

Z Tab. 3 a 4 lze vyčíst, že s výjimkou série tráva 3 byl Agisoft Metashape Professional schopný zorientovat více snímků než zbývající dva softwary. Co se týká počtu spojovacích bodů, ve čtyřech případech vygeneroval nejvyšší počet bodů software Pix4Dmapper, ale ve zbývajících případech opět nejvyšší počet vygeneroval Agisoft Metashape Professional. V případě, že došlo k vyhotovení hustého mračna jak v softwaru Agisoft Metashape Professional, tak v softwaru iTwin Capture Modeler, pak Agisoft Metashape Professional vygeneroval větší počet bodů hustého mračna v šesti případech, iTwin Capture Modeler v osmi případech. Pix4Dmapper ve všech případech generoval mračna velmi řídká, nebo je ani přes úspěšnou orientaci nevygeneroval vůbec. K tomu došlo ve třech případech i v programu iTwin Capture Modeler.

Při výpočtu kvalit se vymykají snímky koberce, které, přestože byly pořizovány se sníženou kvalitou (Obr. 7), byly vyhodnoceny jako kvalitní. Orientace a výpočet hustého mračna ovšem již odpovídají snížené kvalitě. To bude pravděpodobně dáno charakterem povrchu, kdy snímek po aplikaci Gaussova filtru si je již velmi podobný s originálním, Agisoft Metashape tedy již není schopen rozeznat, že původní snímek je neostrý. Pro samotné zpracování je povrch ovšem již příliš náročný, a to je pak nekvalitní.



Obrázek 7. Snímek koberce s koeficientem kvality 0,94

Tabulka 5.

Chyby reprojekce u sérií v interiéru

série	chyba reprojekce [pix]		
	Agisoft Metashape Professional	iTwin Capture Modeler	Pix4Dmapper
skříň 1	0,83	0,70	0,33
skříň 2	2,28	1,11	0,28
skříň 3	1,84	---	---
skříň 4	4,51	1,42	0,23
stůl 1	0,85	0,66	0,20
stůl 2	2,31	---	---
stůl 3	1,24	---	---
stůl 4	3,58	1,59	---
koberec 1	0,53	0,51	0,16
koberec 2	1,35	---	---
koberec 3	1,37	1,10	0,20
koberec 4	3,04	1,48	0,20

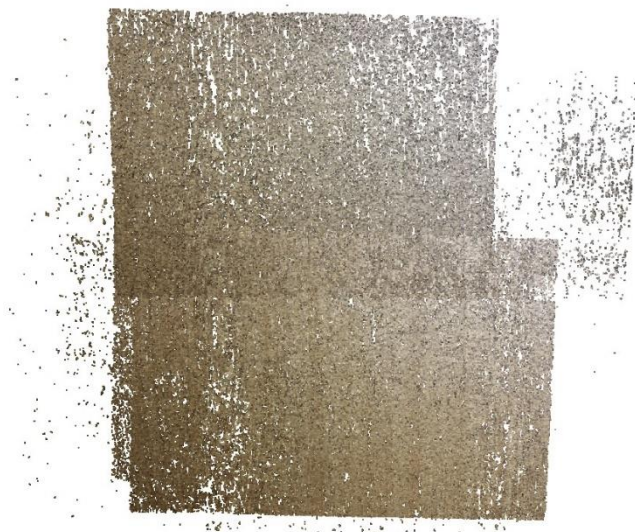
Tabulka 6.*Chyby reprojekce u sérií v exteriéru*

série	chyba reprojekce [pix]		
	Agisoft Metashape Professional	iTwin Capture Modeler	Pix4Dmapper
beton 1	0,32	0,31	—
beton 2	1,86	1,40	0,18
beton 3	1,54	1,26	0,18
beton 4	2,12	0,97	—
šterk 1	0,37	0,36	0,11
šterk 2	1,52	1,25	—
šterk 3	1,27	0,95	0,23
šterk 4	1,44	0,93	0,23
tráva 1	0,50	0,55	0,30
tráva 2	2,14	2,31	—
tráva 3	1,92	1,40	0,27
tráva 4	2,04	1,28	0,29

Dále jsou v Tab. 5 a 6 zobrazeny reprojekční chyby jednotlivých sérií. Na první pohled je patrné, že hodnoty chyb generované softwarem Pix4Dmapper jsou výrazně nižší než v případě zbývajících softwarů. Série, které byly nafoceny s vysokou přesností (označené jako 1) vykazují u obou zbývajících softwarů velmi podobné hodnoty chyb, u ostatních sérií až na jednu výjimku vykazuje menší chyby iTwin Capture Modeler, v některých případech velmi výrazně. Na Obr. 8-17 jsou znázorněna hustá mračna z odpovídajících si sérií. Z nich je patrné, že v případě méně kvalitních sérií tvoří vizuálně nejlepší mračna iTwin Capture Modeler.

Nicméně všechny softwary ze sérií se sníženou kvalitou vyhotovily husté mračno, které nezobrazovalo celý povrch. V případě, že jsou předem známý zhoršené podmínky, je vhodné počet snímků navýšit a snímkané území rozšířit, aby bylo zajištěno, celé zájmové území bude na větším než nutném počtu snímků. Dle protokolů byla u snímků se sníženou kvalitou v programu Agisoft Metashape Professional většinou zpracována místa, kde byl překryt alespoň čtyř snímků, v případě softwarů iTwin Capture Modeler a Pix4Dmapper alespoň tři snímků, u softwarů Agisoft Metashape Professional a iTwin Capture Modeler bylo ale v některých případech vyžadováno snímků pět. U sérií s vysokou kvalitou byla ve všech softwarech zpracována i místa s požadovaným překrytem dvou snímků.

I přes to, že Pix4Dmapper vyžadoval menší počet překrývajících se snímků než Agisoft Metashape Professional a vykazuje zdaleka nejmenší chyby reprojekce, byl schopný zorientovat nejmenší počet sérií a výsledná hustá mračna jsou ve většině případů velmi řídká, a tedy nepoužitelná pro další zpracování. Proto není při zhoršených podmínkách a takto zvoleném způsobu snímkování vhodné pro zpracování Pix4Dmapper používat.



Obrázek 8. *Husté mračno ze série skříň 2 ze softwaru Agisoft Metashape Professional*



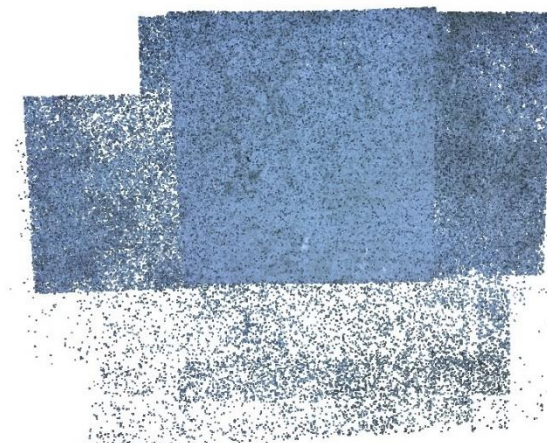
Obrázek 9. *Husté mračno ze série skříň 2 ze softwaru Pix4Dmapper*



Obrázek 10. *Husté mračno ze série stůl 4 ze softwaru Agisoft Metashape Professional*



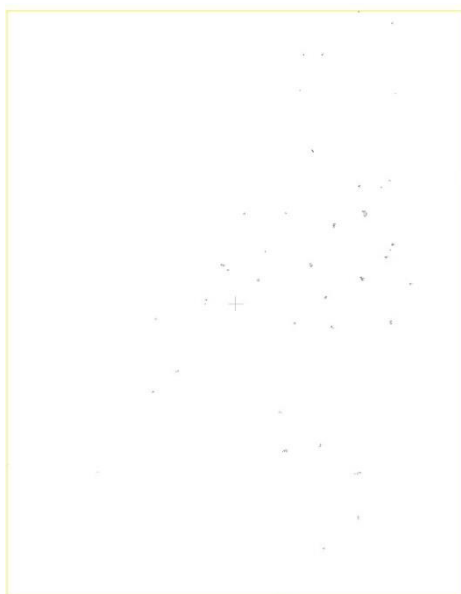
Obrázek 11. *Husté mračno ze série stůl 4 ze softwaru iTwin Capture Manager*



Obrázek 12. *Husté mračno ze série beton 3 ze softwaru Agisoft Metashape Professional*



Obrázek 13. *Husté mračno ze série beton 3 ze softwaru iTwin Capture Manager*



Obrázek 14. *Husté mračno ze série beton 3 ze softwaru Pix4Dmapper*



Obrázek 15. *Husté mračno ze série štěrk 1 ze softwaru Agisoft Metashape Professional*



Obrázek 16. *Husté mračno ze série štěrk 1 ze softwaru iTwin Capture Manager*



Obrázek 17. *Husté mračno ze série štěrk 1 ze softwaru Pix4Dmapper*

ZÁVĚR

V rámci testování proběhlo snímání šesti různých povrchů s různou kvalitou, tyto série snímků pak byly zpracovávány v programech Agisoft Metashape Professional, iTwin Capture Modeler a Pix4Dmapper. Z hlediska prvotní orientace a počtu spojovacích bodů vychází nejkvalitněji Agisoft Metashape Professional, který je schopný zorientovat i méně kvalitní snímky a vygenerovat výrazně vyšší počty bodů než iTwin Capture Modeler, nicméně potřebuje větší překryt snímků než zbývající dva softwary. iTwin Capture Modeler zase vytváří ze všech testovaných softwarů vizuálně nejkvalitnější hustá mračna. Pix4Dmapper vykazuje nejnižší chyby reprojekce, ale zorientoval nejmenší počet sérií a většina jím vyhotovených hustých mračen byla pro další zpracování nepoužitelná.

Z analýzy vyplývá, že pokud jsou předem známy zhoršené podmínky při snímkování, je třeba snímků pořídit více, a to tak, aby zájmové území bylo nasnímkováno alespoň s překrytem tří nebo čtyř snímků, v závislosti na softwaru, ve kterém proběhne další zpracování.

Pokud tedy není nutné dodržet nároky na přesnost (chyba reprojekce do 1 pixelu), nemusí být snížení kvality vstupních snímků, pokud jsou dodrženy přísnější podmínky při snímkování, překážkou. V opačném případě jsou sice softwary schopné snímky v některých případech zorientovat, ale chyba reprojekce už přesahuje 1 pixel. Proto je vhodné dodržovat doporučený limit koeficientu kvality alespoň 0,5.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl v rámci grantu SGS24/047/OHK1/1T/11 na FSv ČVUT v Praze.

REFERENCE

- [1] Online. In: *Agisoft Metashape User Manual - Professional Edition, Version 2.0*. Agisoft Metashape, s. 25. Dostupné z: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_2_0_en.pdf. [cit. 2024-07-13].
- [2] *Topic: What causes an Estimated Image Quality value >1?* Online. Agisoft Metashape. Dostupné z: <https://www.agisoft.com/forum/index.php?topic=9889.0>. [cit. 2024-11-01].