



Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i.

Ověřená technologie pro tvorbu 2D a 3D dokumentace geodetických a astronomicko-geodetických
přístrojů

Číslo TZ a VZ VÚGTK: 25 -1311/2020

Vytvořeno v rámci projektu MK ČR č. DG18P02OVV054 - Zeměměřické a astronomické přístroje
používané na území ČR od 16. do konce 20. století.

Autoři:

Ing. Pavel Hánek, Ph.D.

Ing. Klára Vacková, Ph.D.

Ing. Tomáš Vacek

Ing. Gabriela Hruštinová

Ing. Petra Šaročová

Typ výzkumného výsledku: Z - ověřená technologie

2020

Obsah

1	Předmět technologie	3
2	Kvalifikace pracovníků a obecné podmínky pro práce s přístroji.....	3
3	Postup vyhotovení 2D dokumentace	3
3.1	<i>Pomůcky potřebné pro vyhotovení 2D dokumentace</i>	3
3.2	<i>Dokumentace přepravního pouzdra a uložení přístroje v něm.....</i>	3
3.3	<i>Umělecká dokumentace.....</i>	4
3.4	<i>Detailní fotodokumentace.....</i>	4
3.5	<i>Ochrana fotodokumentace</i>	6
3.6	<i>Závazná adresářová struktura</i>	7
4	Vyhotovení 3D dokumentace	7
4.1	<i>Pomůcky potřebné pro vyhotovení 3D dokumentace</i>	7
4.2	<i>Postup tvorby 3D modelu.....</i>	7
4.2.1	<i>Nastavení fotoaparátu a příprava pro snímkování</i>	7
4.2.2	<i>Nastavení řídicí aplikace od digitalizačního zařízení</i>	8
4.2.3	<i>Úprava snímků před tvorbou modelu.....</i>	8
4.2.4	<i>Tvorba 3D modelu</i>	9
5	Literatura	13
Příloha I.	Skript pro program Arduino	14
Příloha II.	Konfigurace souboru pro dávkové zpracování v SW Agisoft Metashape Professional	16
Příloha III.	Protokol vytvoření 3D modelu přístroje v SW Agisoft Metashape Professional	18

1 Předmět technologie

Technologie se vztahuje na popis činností spojených s vytvořením fotografické dokumentace geodetických a astronomicko-geodetických přístrojů.

2 Kvalifikace pracovníků a obecné podmínky pro práce s přístroji

Pracovníci provádějící fotodokumentaci dle této metodiky musí být seznámeni s prací se sbírkovými předměty a příslušnými bezpečnostními předpisy. V případě, že nemají dostatečné zkušenosti (znalosti), je možné jejich zapracování pouze pod dohledem zkušeného pracovníka.

Práce s měřidly je možná výhradně v čistých tenkých bavlněných rukavicích. Do blízkosti měřidel je zakázáno umísťovat nápoje a jiné kapaliny. Při přemísťování měřidel v přepravních pouzdrech je nutné dbát zvýšené opatrnosti (zámký, šle, držadla nejsou vždy zcela funkční)! Je zakázáno použít jakékoliv chemikálie na ošetření přístrojů bez předchozí konzultace s vlastníkem měřidla. Je třeba dbát zvýšené pozornosti při nastavování měřidel do fotografických poloh. Zejména se jedná o povolení ustanovek během otáčení s měřidly, kontrolu správného nasazení dalekohledů v ložiskách (jsou-li překladné „vyndavací“) s následnou aretací, kontrolu upevnění sázecích libel a dalšího příslušenství.

3 Postup vyhotovení 2D dokumentace

3.1 Pomůcky potřebné pro vyhotovení 2D dokumentace

- barevné fotografické pozadí
- difuzní stan
- digitální fotoaparát (min. kvalita - zrcadlovka střední kvality)
- počítač s možností nastavení číselného identifikátoru
- set fotografických světel
- stativ
- grafický SW (např. Corel, Affinity Photo)

V případě 2D dokumentace se vytváří několik typů (kategorií) snímků. Vhodným formátem pro pořízení těchto snímků je RAW s následnou úpravou a konverzí do formátů JPG.

3.2 Dokumentace přepravního pouzdra a uložení přístroje v něm

Dokumentace přepravního pouzdra a uložení přístroje v něm se provádí při jeho převzetí. První snímek je pořízen včetně počítačové správně nastaveným identifikátorem a zachycuje fyzický stav přepravního pouzdra v zavřeném stavu. Další je pořízen s otevřeným přepravním pouzdrům tak, aby bylo zřejmé, jakým způsobem, a v jaké poloze, je přístroj v přepravním pouzdru uložen. V případě, že přístroj nemá přepravní pouzdro, vyhotoví se místo toho fotografie přístroje s počítačem. Ukázky vzorové fotodokumentace přepravního pouzdra a uložení přístroje jsou uvedeny na Obr. 1. Nastavení technických parametrů fotoaparátu a osvětlení je pro každý přístroj a dané světelné podmínky rozdílné. Je třeba, aby fotografie byly dostatečně ostré, nepřesvětlené a s minimem odlesků a stínů. Z důvodu jednoduššího třídění pořízených dat se snímky označují následovně: prefix+ID přístroje_poradové číslo.jpg, kde za prefix se použije například písmeno „n“ (ukázka zápisu: n0041_1.jpg)



Obr. 1 Dokumentace přepravního pouzdra a uložení přístroje

3.3 Umělecká dokumentace

V případě této dokumentace se jedná o fotografie, které jsou vhodné pro prezentaci přístrojů (např. v katalogích výstav, na webových stránkách atd.). Fotografie se pořizuje tak, aby atraktivně představovala přístroj, ale přitom zachovala správnou polohu (postavení), v jaké byl v praxi používán. Do pozadí přístroje se umísťuje vhodné fotografické pozadí, které je dostatečně kontrastní se všemi barvami, které jsou na přístroji použité. Tyto fotografie se s ohledem na vysokou odrazivost přístrojů pořizují v difuzním stanu nebo s využitím nepřímého osvětlení. Pro snadnější třídění pořízených dat se snímky označují: prefix+ID přístroje_pořadové číslo.jpg, kde za prefix se použije například písmeno „c“ (ukázka zápisu: c0041_1.jpg).

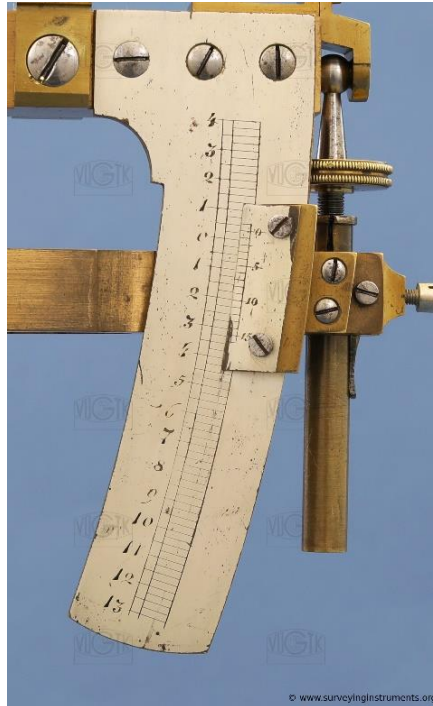


Obr. 2 Umělecké fotografie

3.4 Detailní fotodokumentace

V rámci detailní fotodokumentace se pořizují detaily odečítacích pomůcek přístroje, konstrukčních zajímavostí a popisů umístěných v přepravních pouzdrech. Jedná se o fotografie dokumentující technické provedení a konstrukci přístroje.

Fotografie odečítacích pomůcek se provádí vždy, je-li to možné. Odečítací pomůcka se fotí kolmým snímkem. Pouze v případě kolmého snímku na rovinu odečítací pomůcky je možné posuzovat kvalitu provedení a dělení stupnice odečítací pomůcky. Ukázka fotografie je na Obr. 3.



Obr. 3 Fotodokumentace odečítací pomůcky

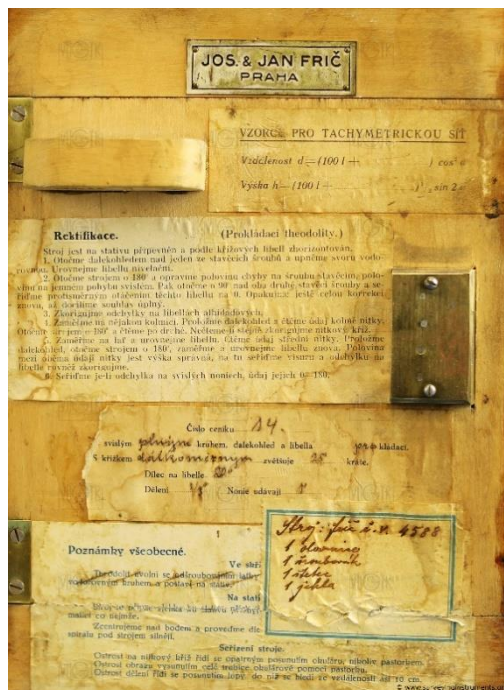
O pořízení detailu konstrukčních zajímavostí rozhoduje odborný pracovník, který má znalosti o vývoji a historii konstrukce přístrojů. Detaily konstrukčních zajímavostí se i v tomto případě pořizují v difuzním stanu tak, aby na snímcích nevznikaly stíny a odlesky. Ukázka detailu je na Obr. 4. Zpravidla lze za významné považovat odlišné konstrukce a materiály u dalekohledů, ustanovek a odečítacích pomůcek včetně použitých jednotek, než byly v době vzniku přístroje běžné. Je nutné si také všimnout rozdílných výrobců dalekohledů a přístrojů.



Obr. 4 Detail konstrukční zajímavosti

Význam textů umístěných v přepravních pouzdrech posoudí odborný pracovník a rozhodne o pořízení jejich detailní fotografie. Dokumentace těchto informací v digitální podobě je významná z toho důvodu, že není možné přístroje vystavovat včetně přepravních pouzder a tyto informace zůstávají tak zpravidla skryté a nedostupné. Ukázka této dokumentace je na Obr. 5.

Z důvodu jednoduššího třídění pořízených dat se snímky označují: prefix+ID přístroje_poradové číslo.jpg, kde za prefix se použije například písmeno „d“ (ukázka zápisu: d0041_1.jpg).



Obr. 5 Fotodokumentace detailu popisu umístěného v přepravním pouzdru

3.5 Ochrana fotodokumentace

Před samotnou publikací výše uvedené fotodokumentace na webových stránkách (případně jiným digitálním způsobem) je vhodné, aby byly tyto fotografie opatřeny ochranným vodoznakem a textem.

Pro vložení ochranných vodoznaků je využita aplikace ImageMagic (<https://imagemagick.org>) a v ní obsažené příkazy **convert** a **composite**.

Ukázka příkazu v příkazové řádce operačního systému Linux, který vloží text a logo do snímku:

```
convert vstupní_fotografie.jpg -font DejaVu-Sans-Book -pointsize 30 -draw "gravity SouthEast fill black text 20,20 'text v pravém dolním rohu'" pracovní.jpg && composite -dissolve 12 -tile logo_pruhledne.png vstupní_fotografie_s_textem_a_logem.jpg && rm pracovní.jpg
```

Po zpracování fotografie pomocí výše uvedeného příkazu je vstupní_fotografie.jpg uložena jako vstup_fotografie_s_textem_a_logem.jpg.

3.6 Závazná adresářová struktura

S ohledem na další zpracování, je potřeba si vhodně stanovit adresářovou strukturu a tu pak striktně dodržovat. Do takto navržené struktury je následně potřeba pečlivě rozřídít pořízené a dále upravované snímky.

Navržená adresářová struktura:

- ID přístroje
 - 3D
 - 1-6 (obsahuje snímky 1.- 6. řady)
 - 7-8 (obsahuje snímky 7. a 8. řady)
 - 9-10 (obsahuje snímky 9. a 10. řady)
 - maska (obsahuje soubory s maskami)
 - Detail
 - Foto_umelecke
 - Model
 - Prepravni_krabice

4 Vyhotovení 3D dokumentace

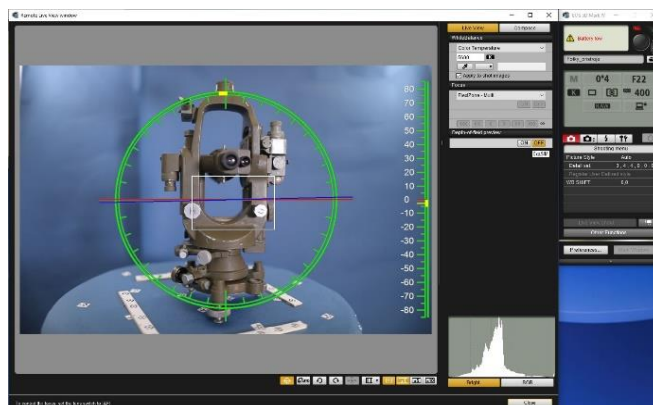
4.1 Pomůcky potřebné pro vyhotovení 3D dokumentace

- barevné fotografické pozadí
- difuzní stan
- digitalizační zařízení starých zeměměřických a astronomických přístrojů (popis uveden v [1])
- digitální fotoaparát (min. kvalita - zrcadlovka střední kvality s objektivy s pevnými ohniskovými vzdálenostmi)
- měřítko s fotogrammetrickými značkami (tzv. „markery“)
- set fotografických světel
- stativ
- výpočetní server s fotogrammetrickým software (např. Agisoft Metashape Professional)

4.2 Postup tvorby 3D modelu

4.2.1 Nastavení fotoaparátu a příprava pro snímkování

U fotoaparátu je provedeno nastavení citlivosti, času expozice, zaostření a nastavení osy záběru, a to s využitím aplikace od výrobce fotoaparátu. Aplikace umožňuje i pořizování snímků s využitím dálkové spouště. Prostředí aplikace je zobrazeno na Obr. 6. (Pozn.: pro fotoaparáty Canon se jedná o aplikaci *Canon EOS Utility – Remote control*). Při tomto kroku je provedeno i nastavení osvětlení přístroje.



Obr. 6 Canon EOS Utility - Remote control nastavení

Požadavky na snímek:

- ostrý v okolí osy záběru snímku (ve středu)
- co nejméně světelných odlesků
- na snímku musí být vidět fotogrammetrické značky a měřítka s nimi

4.2.2 Nastavení řídicí aplikace od digitalizačního zařízení

Digitalizační zařízení se ovládá pomocí aplikace Arduino (<https://www.arduino.cc/en/software>). V rámci této aplikace je spuštěn skript, který ovládá digitalizační zařízení, a díky kterému je možné nastavit požadovaný počet snímků na jednu otočku digitalizačního zařízení. Na základě experimentálního ověření byl optimální počet snímků stanoven na 36. Skript je uveden v Příloha I.

4.2.2.1 Množství, počet a formát snímků

V rámci fotodokumentace přístroje je pořizeno 36 snímků v jedné řadě (otočce o 360°). Počet řad ve vzpřímené poloze přístroje je stanoven na 6. Počet řad na levém boku přístroje na 2 a počet řad na pravém boku přístroje rovněž na 2. Celkem je tedy pro přístroj pořizeno 360 snímků. Snímky jsou ukládány ve formátu RAW. Soubor je pojmenován v číselném formátu ID_ZZ_XX.raw, kde ID označuje číselný identifikátor přístroje, ZZ označuje řadu a XX číslo snímku v řadě (ukázka zápisu: 0032_01_01.raw).

4.2.3 Úprava snímků před tvorbou modelu

4.2.3.1 Změna formátu snímků

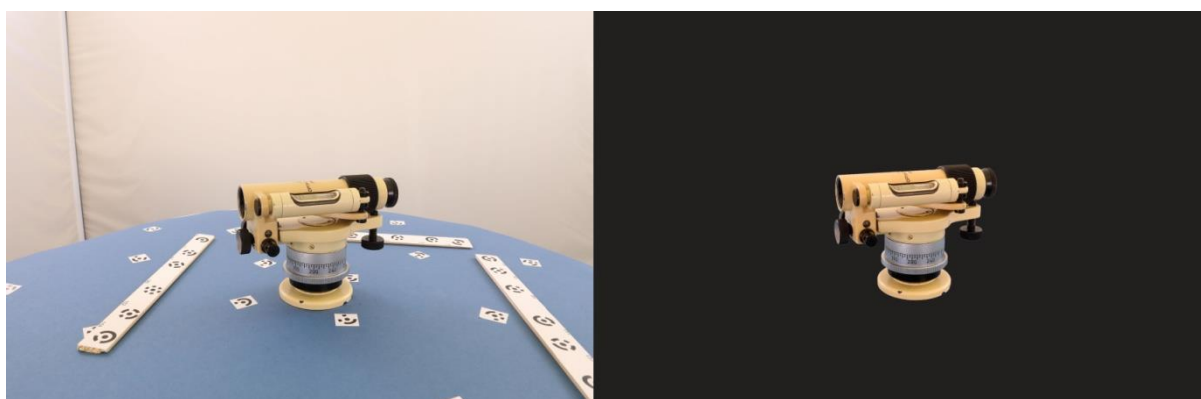
Snímky jsou převedeny z formátu RAW do formátu, který je možné importovat do vyhodnocovacího fotogrammetrického programu. Pro SW Agisoft Metashape Professional je nejlepším formátem pro další zpracování formát TIFF. Převod je vhodné provádět pomocí aplikace od výrobce přístroje (pro Canon jde o aplikaci Digital Photo Professional).

4.2.3.2 Tvorba masek snímků

Pro tvorbu modelu je nutné několik z 360 pořízených snímků odmaskovat. Odmaskování je provedeno s využitím některé z následujících aplikací:

- Adobe Photoshop,
- Affinity Photo,
- GIMP.

Počet odmaskovaných snímků je závislý na tvaru konstrukce a množství detailů na přístroji. Obecně je pořízeno 26 masek, přičemž v každé řadě musí být minimálně dvě masky. Vytvořená maska snímku je uložena ve formátu PNG. Název souboru je shodný s originální názvem snímku, který je doplněný o sufix "-maska" (ukázka zápisu: 0032_01_01-maska.png). Odmaskované snímky se ukládají do vlastního adresáře.



Obr. 7 Ukázka snímku před a po odmaskování

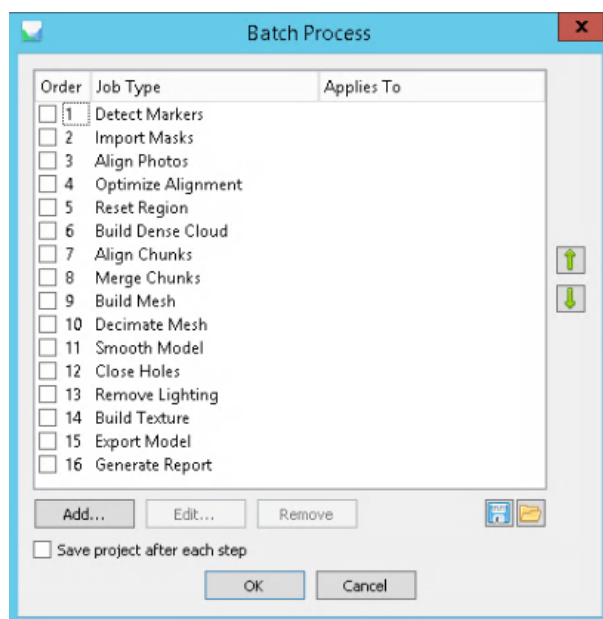
4.2.4 Tvorba 3D modelu

Tvorba výsledného 3D modelu je provedena ve vhodném fotogrammetrickém softwaru. Tento text je vytvořen pro SW Agisoft Metashape Professional¹.

V průběhu procesu tvorby modelu je využito dávkového zpracování pořízených dat (vytvořený soubor pro dávkové zpracování viz Příloha II). Zastoupené kroky v procesu jsou uvedeny na Obr. 8). Dávkové zpracování dat lze spustit z menu programu „Workflow -> Batch Process“².

¹ Vzhledem k poměrně dynamickému vývoji programu Agisoft Metashape Professional doporučujeme provádět pravidelné aktualizace na aktuální verze. Použité funkce programu a základní ovládání je podrobně popsáno v návodu [2].

² Tímto stylem jsou dále v dokumentu označeny příkazy v programu Agisoft Metashape Professional.



Obr. 8 Kroky v rámci tvorby modelu

4.2.4.1 Načtení snímků do programu Agisoft Metashape Professional

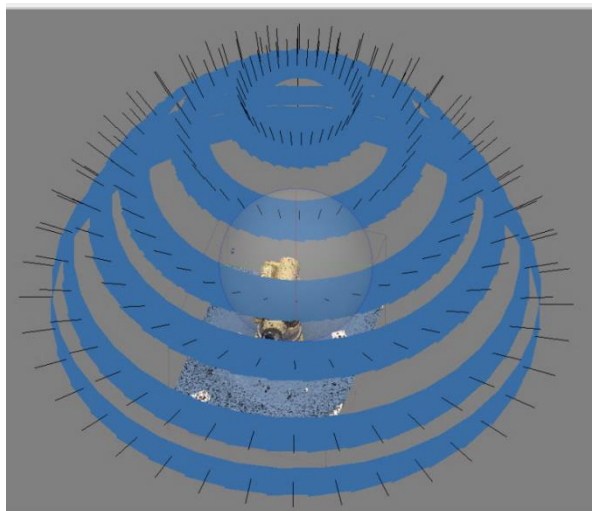
Prvním krokem je načtení snímků. Řady 1-6 jsou načteny společně do jedné skupiny (v SW označeno jako „chunk“), stejně tak řady 7 a 8, resp. 9 a 10. Po načtení snímků je spuštěna funkce „*Estimate Image Quality*“, tím dojde k výpočtu kvality snímků. Snímky s kvalitou menší než 0,6 jsou z dalšího zpracování vyřazeny. Tuto funkci však zatím nelze vložit do dávkového zpracování.

4.2.4.2 Detekce spojovacích bodů a import masek

V rámci dávkového zpracování, jde o funkce „*Detect Markers*“ a „*Import Masks*“ (1. a 2. bod na Obr. 8). Funkce jsou spouštěny na všechny skupiny řad snímků („chunky“, v textu dále označováno jako „skupiny“) najednou. Spojovací (vlíčovací) body jsou fotogrammetrické značky („markery“ - černobílé značky viditelné na Obr. 7). Značky jsou vytvořeny v programu Metashape a využívají 12bitový kód. Značky slouží k přesnějšímu zarovnání snímků, navíc značky umístěné na měřítkách slouží také ke správnému nastavení měřítka modelu.

4.2.4.3 Zarovnání snímků

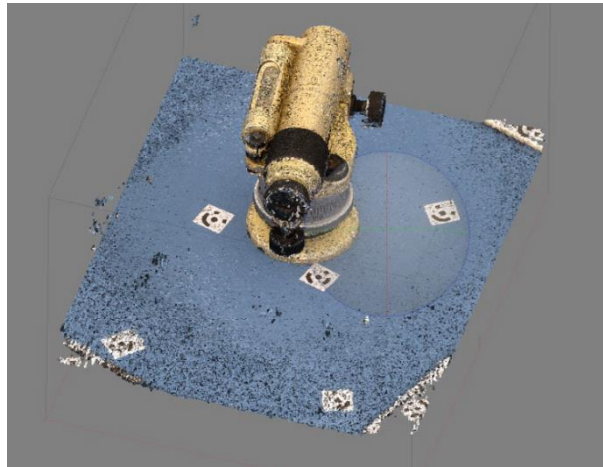
Před tímto krokem je nutné zkontrolovat správné provedení importu masek a detekce spojovacích bodů. Následně je spuštěna funkce „*Align Photos*“, „*Optimize Alignment*“ a „*Reset Region*“. Na Obr. 9 je ukázka správně zarovnaných snímků. V případě, že nedojde ke správnému zarovnání, je nutné najít snímky a spojovací body, které způsobují nesprávné zarovnání, a vyřadit je z procesu zpracování. Po jejich vyřazení je znovu provedeno zarovnání snímků. Funkci je možné spustit po jednotlivých skupinách, nebo pro všechny skupiny najednou. Jedná se o náročný výpočetní výkon a z časového hlediska trvá podle výkonu výpočetního serveru od několika desítek minut po jednotky dnů.



Obr. 9 Ukázka zarovnaných snímků

4.2.4.4 Tvorba mračna bodů

V dávkovém zpracování je tato funkce spuštěna pomocí volby „*Build Dense Cloud*“. Funkce je spuštěna pro všechny skupiny najednou. Výpočtem vznikne nevyčištěné mračno bodů (viz Obr. 10), které se následně musí očistit o chybně vytvořené nebo nadbytečné body. K očištění je možné použít kombinaci automatických funkcí integrovaných v programu „*Tools-Dense Cloud-Select Point by Mask*“ a „*Select Point by Colour*“, nebo provést ruční výběr nadbytečných bodů. V tomto bodě je vhodné zavést správné měřítko. Zavedení správného měřítka je provedeno definováním délkových měřítek („*scale bars*“), jejichž tvorba je podrobně uvedena v [2].



Obr. 10 Ukázka nevyčištěného mračna bodů

4.2.4.5 Zarovnání skupin a jejich spojení v jeden celek

Zarovnat skupiny (volba „*Align Chunks*“) pro řady snímků 1-6, 7-8 a 9-10 je nutné z toho důvodu, aby bylo možné následně jednotlivé skupiny vzájemně spojit. V tomto kroku dochází k transformaci jednotlivých řad do společného souřadnicového systému.

Po zarovnání skupin následuje jejich spojení v jeden celek (volba „*Merge Chunks*“). Spojení je provedeno jako spojení „mračno na mračno“ (body na body). V případě takového spojení je však nezbytné ve dvou skupinách vypnout nalezené fotogrammetrické značky.

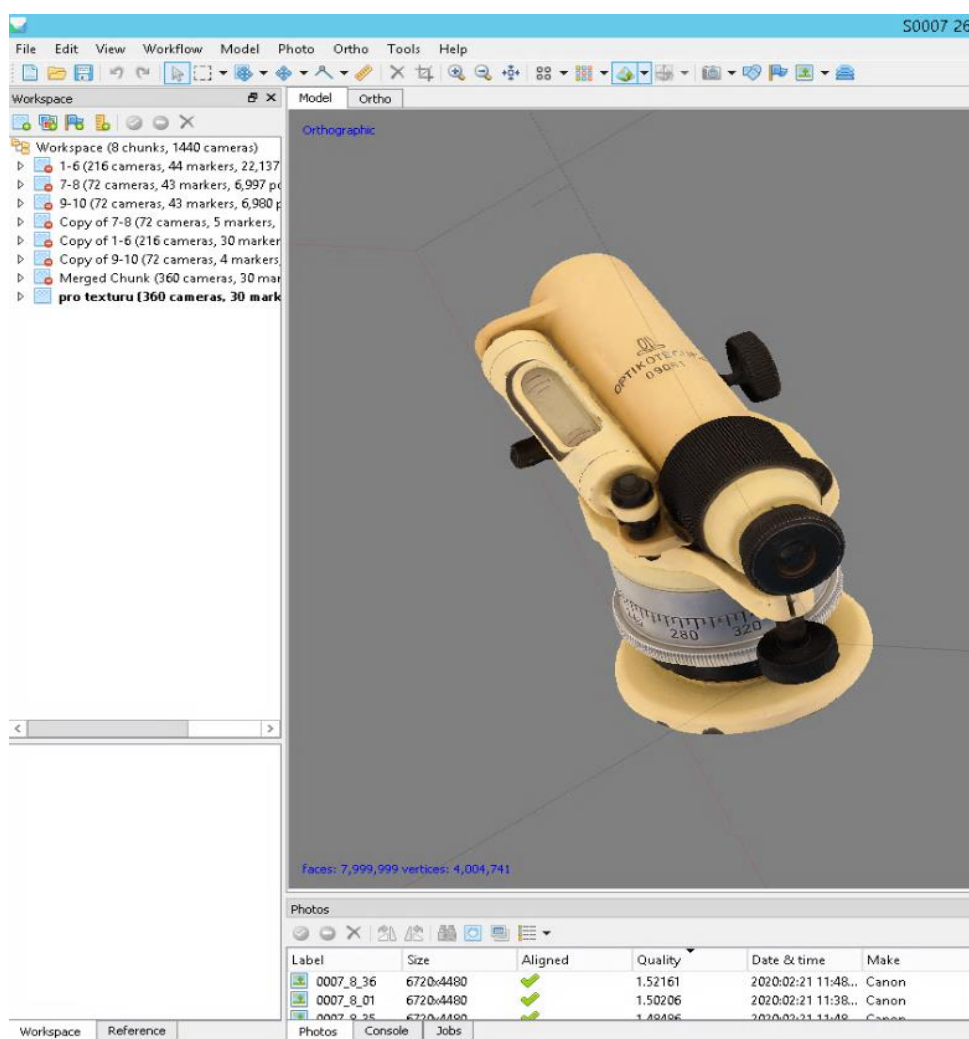
4.2.4.6 Tvorba trojúhelníkové sítě

Tvorba trojúhelníkové sítě je provedena spuštěním funkce „Build Mesh“. V dávkovém zpracování se jedná o číslo 9. Vytvořenou trojúhelníkovou síť je opět vhodné vyčistit. Zde zpravidla pomocí ruční editace, protože poloautomatické funkce nejsou v případě našich přístrojů efektivní. Zároveň je třeba vzniklé mračno zjednodušit pomocí funkcí „Decimate Mesh“ a „Smooth Model“. Následně jsou použity funkce „Close Holes“ a „Remove Lighting“.

4.2.4.7 Tvorba textury 3D modelu

Před spuštěním tvorby textury je provedeno přepnutí většiny snímků do neaktivního stavu („disable“) (v SW snímek označen ikonou ⊖). Vhodné snímky pro tvorbu textury jsou ty, které mají kvalitu snímku větší než 0,9. Funkce je spuštěna v dávkovém zpracování volbou „Build Texture“.

Ukázka vytvořeného modelu v prostředí programu Agisoft Metashape Professional je na Obr. 11 (skutečný rozměr přístroje na obrázku je 50 x 70 x 90 mm).



Obr. 11 3D model v prostředí programu Agisoft Metashape Professional

4.2.4.8 Export modelu

Export je proveden pomocí funkce „*Export Model*“, zvolený výstupní formát závisí na požadavku uživatele. V našem případě se použije export do glTF formátu.

4.2.4.9 Protokol

Na závěr je provedeno vytvoření protokolu o zpracování a tvorbě modelu. Protokol je vytvořen pomocí funkce „*Generate Report*“ ve formátu PDF. Ukázka části protokolu je v Příloha III.

5 Literatura

- [1] Šafář, V. – Dubnický, Z. – Hánek, P.: Digitalizační zařízení starých zeměměřických a astronomických přístrojů – technická dokumentace a popis, 2018
- [2] Agisoft: Agisoft Metashape User Manual Professional Edition, Version 1.6, 2020 Agisoft LLC, https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_6_en.pdf [cit. 2020-12-05]

Příloha I. Skript pro program Arduino

//jedna se o opravu zdrojového kódu Z. Dubnickeho, kterou provedl P. Hanek

```
#include <AccelStepper.h>
AccelStepper motor1(1, 6, 5); //motor(driver, step, dir)
int pocet;
double stupen;
int steps = 533; // pocet kroku na stupen
int pocetsnimku = 0;
long stupensteps;
char rozhodnuti;
void setup() {
  pinMode(12, OUTPUT); //expozice kamery
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
  motor1.setMaxSpeed(3000);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Zadejte pocet snimku na otocku");
  pinMode(8, OUTPUT); // mikrokroky
  pinMode(9, OUTPUT); // mikrokroky
  pinMode(10, OUTPUT); // mikrokroky
  digitalWrite(8, HIGH); // mikrokroky
  digitalWrite(9, HIGH); //mikrokroky
  digitalWrite(10, HIGH); //mikrokroky
}
void loop() {
  if (pocet == 0)
  { pocet = Serial.parseInt();
    pocetsnimku = pocet;
  }
  if (Serial.available() > 0)
  {
    double stupen = 360 / pocet;
    Serial.println(pocetsnimku);
    Serial.print("Zadany pocet snimku je:");
    Serial.println(pocet);
    Serial.print("Vypocteny uhel otoceni je [°]:");
    Serial.println(stupen);
    long stupensteps = stupen * steps;
    motor1.setAcceleration(100);
    motor1.setMaxSpeed(2000);
    motor1.runToNewPosition(stupensteps);
    motor1.run();
    while (pocet > 0 )
    {
      long stupensteps = stupen * steps;
      motor1.setAcceleration(100);
      motor1.setMaxSpeed(2000);
      motor1.runToNewPosition(stupensteps);
      motor1.run();
      if (motor1.distanceToGo() == 0)

```

```
{ Serial.println("Fotim ...");
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
  digitalWrite(12, HIGH); // pin na expozici kamery
  delay(1500);
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
  digitalWrite(12, LOW);
  delay(1500);
  motor1.setCurrentPosition(0);
  motor1.moveTo(stupensteps);
  motor1.run();
  pocet--; //snizuje pocet fotek o 1
  if (pocet > 0) {
    Serial.print("Zbyva fotek:");
    Serial.println(pocet);
  }
}
}
Serial.println("Cela otacka je hotova.");
Serial.println("Pred pokracovanim zmen polohu fotaku!");
Serial.print("Pouzity pocet snimku na otocku byl:");
Serial.println(pocetsnimku);
Serial.println("Chces pokracovat zadej pocet snimku a enter");
}
}
```

Příloha II. Konfigurace souboru pro dávkové zpracování v SW Agisoft Metashape Professional

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<batchjobs version="1.6.5">
  <job name="DetectMarkers" enabled="false" target="list">
    <tolerance>20</tolerance>
  </job>
  <job name="ImportMasks" enabled="false" target="list">
    <operation>1</operation>
    <path>C:/Vypocet/S0005/3D/maska/{filename}-maska.png</path>
    <source>1</source>
    <tolerance>40</tolerance>
  </job>
  <job name="AlignPhotos" enabled="false" target="list">
    <adaptive_fitting>true</adaptive_fitting>
    <downscale>0</downscale>
    <filter_mask>true</filter_mask>
    <generic_preselection>false</generic_preselection>
    <keypoint_limit>0</keypoint_limit>
    <mask_tiepoints>false</mask_tiepoints>
    <reset_alignment>true</reset_alignment>
    <reset_matches>true</reset_matches>
    <tiepoint_limit>0</tiepoint_limit>
  </job>
  <job name="OptimizeCameras" enabled="false" target="list">
    <adaptive_fitting>true</adaptive_fitting>
    <fit_b1>true</fit_b1>
    <fit_b2>true</fit_b2>
    <fit_corrections>true</fit_corrections>
    <fit_k4>true</fit_k4>
    <tiepoint_covariance>true</tiepoint_covariance>
  </job>
  <job name="ResetRegion" enabled="false" target="list"/>
  <job name="BuildDenseCloud" enabled="false" target="list">
    <downscale>1</downscale>
    <filter_mode>3</filter_mode>
    <point_confidence>true</point_confidence>
    <reuse_depth>true</reuse_depth>
  </job>
  <job name="AlignChunks" enabled="false" target="list">
    <downscale>0</downscale>
    <filter_mask>true</filter_mask>
    <generic_preselection>true</generic_preselection>
    <keypoint_limit>0</keypoint_limit>
    <method>1</method>
  </job>
  <job name="MergeChunks" enabled="false" target="list">
    <merge_depth_maps>true</merge_depth_maps>
    <merge_markers>true</merge_markers>
    <merge_models>true</merge_models>
    <merge_tiepoints>true</merge_tiepoints>
  </job>
  <job name="BuildModel" enabled="false" target="list">
    <downscale>1</downscale>
    <face_count>0</face_count>
    <face_count_custom>3000000</face_count_custom>
  </job>
</batchjobs>
```



```
<reuse_depth>true</reuse_depth>
<volumetric_masks>true</volumetric_masks>
</job>
<job name="DecimateModel" enabled="false" target="list">
  <face_count>14000000</face_count>
</job>
<job name="SmoothModel" enabled="false" target="list">
  <strength>100</strength>
</job>
<job name="CloseHoles" enabled="false" target="list"/>
<job name="Removelighting" enabled="false" target="list"/>
<job name="BuildTexture" enabled="false" target="list" chunks="4">
  <page_count>8</page_count>
  <texture_size>2048</texture_size>
</job>
<job name="ExportModel" enabled="false" target="list" chunks="4">
  <comment>www.surveyinginstruments.org</comment>
  <embed_texture>true</embed_texture>
  <format>5</format>
  <path>R:/NAKI_Pristroje/_3D_modely/s0004/S0004_colada</path>
  <precision>10</precision>
  <save_cameras>false</save_cameras>
  <save_markers>false</save_markers>
  <save_udim>true</save_udim>
  <strip_extensions>true</strip_extensions>
</job>
<job name="ExportReport" enabled="false" target="list">
  <page_numbers>>false</page_numbers>
  <path>R:/NAKI_Pristroje/_Protokoly/S0007_protokol_22_11_2020.pdf</path>
  <title>Protokol pro S0007</title>
</job>
</batchjobs>
```

Protokol pro S0007

Processing Report
16 October 2020



Survey Data

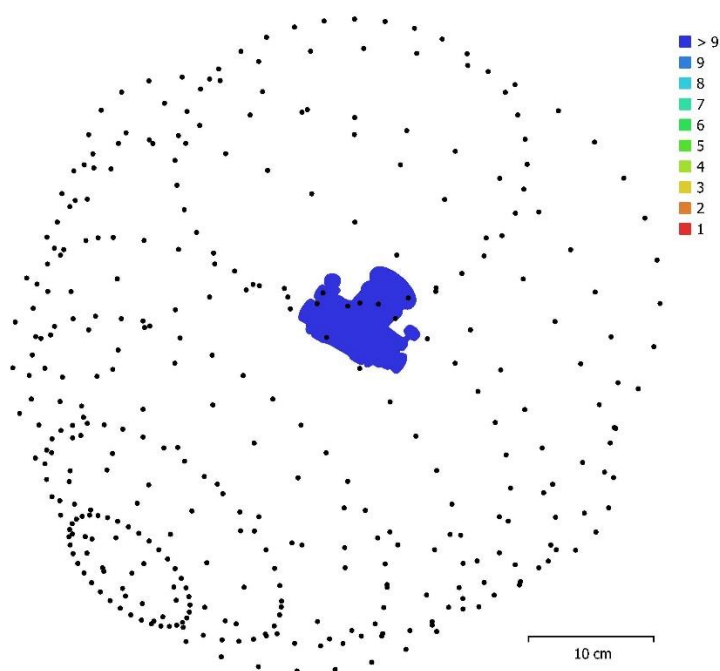


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	360	Camera stations:	360
Flying altitude:	0 m	Tie points:	0
Ground resolution:	0.0587 mm/pix	Projections:	0
Coverage area:	49.8 cm ²	Reprojection error:	0 pix

era Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibr
n EOS 5D Mark IV, EF24mm f/1.4L II USM (24mm)	6720 x 4480	24 mm	4.44 x 4.44 μm	No
n EOS 5D Mark IV, EF24mm f/1.4L II USM (24mm)	6720 x 4480	24 mm	4.44 x 4.44 μm	No
n EOS 5D Mark IV, EF24mm f/1.4L II USM (24mm)	6720 x 4480	24 mm	4.44 x 4.44 μm	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration



20 pix

Fig. 2. Image residuals for Canon EOS 5D Mark IV, EF24mm f/1.4L II USM (24mm).

Canon EOS 5D Mark IV, EF24mm f/1.4L II USM (24mm)

72 images

Type **Frame** Resolution **6720 x 4480** Focal Length **24 mm** Pixel Size **4.44 x 4.44 μm**

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	4710.01	0.078	1.00	-0.00	-0.51	-0.46	0.41	-0.34	-0.01	-0.10
Cx	-21.8945	0.13		1.00	-0.01	0.02	-0.02	0.02	0.98	-0.02
Cy	-58.2079	0.2			1.00	0.04	0.00	-0.01	-0.02	0.70
K1	-0.0824894	0.0001				1.00	-0.88	0.81	0.02	-0.34
K2	0.106484	0.00029					1.00	-0.98	-0.02	0.11
K3	-0.0605318	0.0003						1.00	0.02	-0.09
P1	-0.000168406	8.3e-06							1.00	-0.02
P2	0.000934627	1.4e-05								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Calibration



Fig. 3. Image residuals for Canon EOS 5D Mark IV, EF24mm f/1.4L II USM (24mm). 20 pix

Canon EOS 5D Mark IV, EF24mm f/1.4L II USM (24mm)

216 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	6720 x 4480	24 mm	4.44 x 4.44 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	4705.48	0.05	1.00	-0.01	-0.40	-0.15	0.04	-0.11	0.29	-0.26	-0.02	-0.31
Cx	-22.3089	0.067		1.00	0.01	0.01	-0.03	0.01	-0.01	0.01	0.94	0.01
Cy	-39.7656	0.1			1.00	-0.29	0.01	0.07	-0.02	0.02	0.00	0.48
B1	2.17989	0.029				1.00	-0.01	-0.13	0.03	-0.02	0.01	0.52
B2	0.185198	0.014					1.00	0.02	0.01	-0.01	-0.27	-0.01
K1	-0.0801811	5.3e-05						1.00	-0.85	0.77	-0.00	-0.29
K2	0.0995571	0.00014							1.00	-0.98	-0.01	0.07
K3	-0.0518901	0.00013								1.00	0.01	-0.02
P1	-0.000202715	4.5e-06									1.00	0.01
P2	0.00113334	7.3e-06										1.00

Table 3. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Calibration



20 pix

Fig. 4. Image residuals for Canon EOS 5D Mark IV, EF24mm f/1.4L II USM (24mm).

Canon EOS 5D Mark IV, EF24mm f/1.4L II USM (24mm)

72 images

Type **Frame** Resolution **6720 x 4480** Focal Length **24 mm** Pixel Size **4.44 x 4.44 μm**

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	4682.33	1.7	1.00	-0.01	-0.97	0.46	0.01	-0.15	-0.05	0.21
Cx	-22.9663	0.14		1.00	0.01	0.01	-0.04	0.04	0.98	-0.00
Cy	-15.9926	1.7			1.00	-0.40	0.02	0.11	0.05	-0.08
K1	-0.0761486	0.00014				1.00	-0.45	0.33	-0.02	-0.33
K2	0.0985116	0.00025					1.00	-0.97	-0.04	-0.04
K3	-0.0486115	0.00024						1.00	0.05	0.01
P1	-0.000205983	8.8e-06							1.00	-0.01
P2	0.00102683	3.7e-05								1.00

Table 4. Calibration coefficients and correlation matrix.

Scale Bars

Label	Distance (m)	Error (m)
target 138_target 149	0.138069	-1.50656e-05
target 138_target 150	0.0491297	-4.02596e-05
target 138_target 155	0.109646	-3.50534e-05
target 138_target 156	0.0208708	-2.72428e-05
target 138_target 161	0.0873144	-3.05986e-05
target 139_target 140	0.0888957	-3.62886e-05
target 139_target 141	0.0244749	-8.11548e-06
target 139_target 142	0.113329	-2.39022e-05
target 139_target 143	0.0493187	-1.73363e-05
target 139_target 144	0.138189	-1.12839e-05
target 140_target 141	0.0644368	-1.91686e-05
target 140_target 142	0.0244351	9.12332e-06
target 140_target 143	0.0396276	-7.39087e-06
target 140_target 144	0.0492966	2.35527e-05
target 141_target 142	0.0888663	-1.46507e-05
target 141_target 143	0.0248438	-2.09719e-07
target 141_target 144	0.113723	1.14769e-05
target 142_target 143	0.064043	2.01428e-06
target 142_target 144	0.0248615	2.75062e-05
target 143_target 144	0.0888938	1.68197e-05
target 145_target 146	0.0890217	1.16748e-05
target 145_target 151	0.0284269	-1.31045e-05
target 145_target 152	0.11738	1.99513e-05
target 145_target 157	0.0507505	-1.48188e-06
target 145_target 158	0.139648	1.63275e-05
target 146_target 151	0.0605948	4.07902e-05
target 146_target 152	0.0283583	1.12998e-05
target 146_target 157	0.0382885	2.65051e-05
target 146_target 158	0.0506307	1.36682e-05

Label	Distance (m)	Error (m)
target 147_target 148	0.0889753	-2.66845e-05
target 147_target 153	0.0284372	-2.75581e-06
target 147_target 154	0.117334	-1.28371e-05
target 147_target 159	0.0507463	-2.17033e-05
target 147_target 160	0.139585	-2.96679e-05
target 148_target 153	0.0605382	-6.77024e-06
target 148_target 154	0.0283596	2.06001e-05
target 148_target 159	0.0382502	1.41798e-05
target 148_target 160	0.0506115	-6.45743e-06
target 149_target 150	0.0889794	2.93836e-05
target 149_target 155	0.0284286	1.76217e-05
target 149_target 156	0.117332	1.16973e-05
target 149_target 161	0.0507546	2.15543e-05
target 150_target 155	0.0605508	5.77243e-06
target 150_target 156	0.0283524	-5.61909e-06
target 150_target 161	0.0382424	1.37123e-06
target 151_target 152	0.0889531	4.50764e-05
target 151_target 157	0.0223324	2.23994e-05
target 151_target 158	0.111222	3.98953e-05
target 152_target 157	0.0666429	2.29225e-05
target 152_target 158	0.0222813	5.27967e-06
target 153_target 154	0.0888973	6.34428e-06
target 153_target 159	0.0223177	-4.29972e-06
target 153_target 160	0.111148	-1.97746e-05
target 154_target 159	0.0666071	2.31004e-05
target 154_target 160	0.0222599	-1.50799e-05
target 155_target 156	0.0889031	-7.90075e-06
target 155_target 161	0.0223353	1.33154e-05
target 156_target 161	0.0665914	-1.46419e-05
target 157_target 158	0.0889031	2.40523e-05
target 159_target 160	0.0888493	-2.71189e-06
Total		2.03972e-05

Table 7. Control scale bars.

Digital Elevation Model

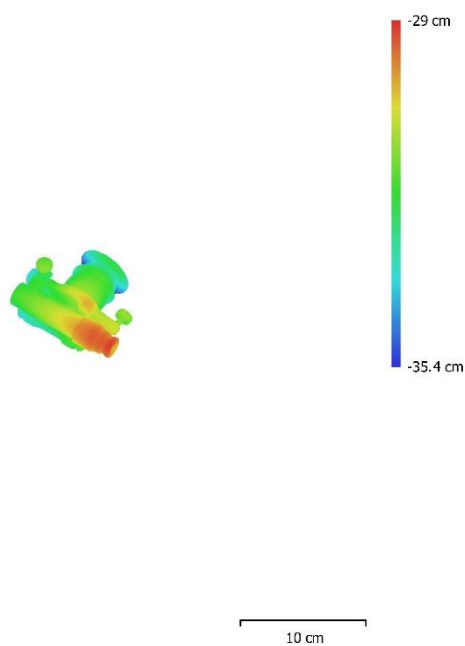


Fig. 6. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 0.0587 mm/pix
Point density: 290 points/mm²

Processing Parameters

General	
Cameras	360
Aligned cameras	360
Markers	30
Scale bars	60
Coordinate system	Local Coordinates (m)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll
Point Cloud	
Points	0 of 266,911
Reprojection error	0 (0 max)
Point colors	3 bands, uint16
Key points	1.17 GB
Average tie point multiplicity	3.27601
File size	18.26 MB
Depth Maps	
Count	72
Depth maps generation parameters	
Quality	Ultra High
Filtering mode	Mild
Processing time	25 minutes 32 seconds
Memory usage	8.05 GB
Software version	1.6.1.10009
File size	701.13 MB
Dense Point Cloud	
Points	21,070,691
Point colors	3 bands, uint8
Depth maps generation parameters	
Quality	Ultra High
Filtering mode	Mild
File size	389.46 MB
Model	
Faces	7,999,999
Vertices	4,004,741
Vertex colors	3 bands, uint8
Texture	2,048 x 2,048 x 8, 4 bands, uint16
Depth maps generation parameters	
Quality	Ultra High
Filtering mode	Mild
Reconstruction parameters	
Surface type	Arbitrary
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Strict volumetric masks	Yes
Processing time	10 minutes 53 seconds
Memory usage	7.97 GB
Texturing parameters	
Mapping mode	Generic
Blending mode	Mosaic
Texture size	2,048
Enable hole filling	Yes
Enable ghosting filter	Yes

UV mapping time	7 minutes 15 seconds
UV mapping memory usage	2.82 GB
Blending time	9 minutes 27 seconds
Blending memory usage	5.51 GB
Software version	1.6.5.11249
File size	462.65 MB
System	
Software name	Agisoft Metashape Professional
Software version	1.6.5 build 11249
OS	Windows 64 bit
RAM	63.87 GB
CPU	Inte(R) Core(TM) i7-5820K CPU @ 3.30GHz
GPU(s)	GeForce GTX TITAN X GeForce RTX 2080 Ti