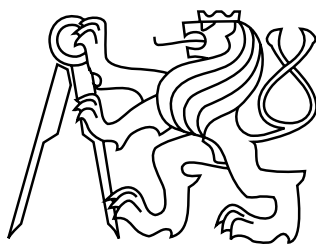


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
OBOR GEODÉZIE A KARTOGRAFIE



DIPLOMOVÁ PRÁCE
OPTIMALIZACE POSTUPU TVORBY PROSTOROVÝCH
MODELŮ SOCH

Vedoucí práce: Ing. Petr SOUKUP, Ph.D.
Katedra mapování a kartografie

leden 2013

Bc. Jan PETŘÍK

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá fotogrammetrickým zpracováním prostorových modelů vybraných soch z areálu Svaté Hory u Příbrami. Hlavním výsledkem práce je porovnání modelů soch vytvořených různými postupy a za pomoci odlišného vybavení. Při porovnávání se především hodnotila geometrická věrnost výsledného modelu a časová a finanční náročnost zvoleného postupu. V textu je stručně popsána historie objektu, teoretické základy využitých metod, ale především zpracování prostorových modelů, včetně popisu použitých programů. Získané poznatky uvedené v závěru této práce, by měly následně posloužit ke zkvalitnění dokumentace soch v areálu Svaté Hory.

KLÍČOVÁ SLOVA

Svatá Hora, optické korelační systémy, PhotoModeler Scanner, Geomagic Studio, AutoDesk 123D Catch, Hypr 3D, 3D modely soch, vizualizace, fotografie, fotogrammetrie

ABSTRACT

This diploma thesis discusses photogrammetry processing of spatial models of selected statues at Svatá Hora near Příbram. The main outcome of thesis is comparison of statue models made by different procedures and equipment. The main focus in comparison aims at geometrical fidelity of outgoing model and time and financial demands of selected procedure. Thesis includes brief histories of selected objects, teoretical basics of used procedures and primarily processing of spatial models including description of used programs. Acquired knowledge should eventually be used for improvement of object documentation at Svatá Hora.

KEYWORDS

Svatá Hora, optical correlation system, PhotoModeler Scanner, Geomagic Studio, AutoDesk 123D Catch, Hypr 3D, spatial models of statues, visualization, photograph, photogrammetry



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Tháškurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

studijní program: Geodézie a kartografie
studijní obor: Geodézie a kartografie
akademický rok: 2012 / 2013

Jméno a příjmení diplomanta: Bc. Jan Petřík
Zadávající katedra: Katedra mapování a kartografie
Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Soukup, Ph.D.
Název diplomové práce: Optimalizace postupu tvorby prostorových modelů soch
Název diplomové práce
v anglickém jazyce: Optimization process for making spatial models of statues

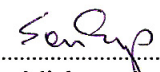
Rámcový obsah diplomové práce: Porovnání přístrojů, programů a metod využitých při tvorbě
prostorových modelů soch v areálu Svaté Hory v Příbrami. Zhodnocení časové a finanční náročnosti
zvolených řešení. Posouzení geometrické věrnosti vytvořených modelů soch. Ověření optimálního
postupu zpracování na vybraném vzorku soch.

Datum zadání diplomové práce: 24.9.2012 Termín odevzdání: 21.12.2012
(vyplňte poslední den výuky přísl. semestru)

Diplomovou práci lze zapsat, kromě oboru A, v letním i zimním semestru.

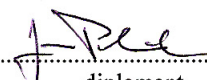
Pokud student neodevzdal diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat diplomovou práci podruhé. Studentovi, který při opakovaném zápisu diplomovou práci neodevzdal v určeném termínu a tuto skutečnost řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, se ukončuje studium podle § 56 zákona o VŠ č.111/1998 (SZŘ ČVUT čl 21, odst. 4).

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.


vedoucí diplomové práce


vedoucí katedry

Zadání diplomové práce převzal dne: _____


diplomant

Formulář nutno vyhotovit ve 3 výtiscích – 1x katedra, 1x diplomant, 1x studijní odd. (zašle katedra)

Nejpozději do konce 2. týdne výuky v semestru odešle katedra 1 kopii zadání DP na studijní oddělení a provede zápis údajů týkajících se DP do databáze KOS.

DP zadává katedra nejpozději 1. týden semestru, v němž má student DP zapsanou.
(Směrnice děkana pro realizaci stud. programů a SZZ na FSv ČVUT čl. 5, odst. 7)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma „Optimalizace postupu tvorby prostorových modelů soch“ jsem vypracoval samostatně. Použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v seznamu zdrojů.

V Praze dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Soukupovi, Ph.D. za odborné konzultace, ochotu a výpomoc při snímkování. Dále bych rád poděkoval celé své rodině za podporu nejen při tvorbě diplomové práce, ale i během celého studia.

Obsah

Úvod	8
1 Informace o objektu	10
1.1 Poloha objektu	10
1.2 Historie areálu Svaté Hory	10
1.3 Sochy uvnitř areálu Svaté Hory	12
2 Fotogrammetrické metody	14
2.1 Průřezová fotogrammetrie	14
2.2 Optické korelační systémy	15
3 Použité vybavení	18
3.1 Přístrojové vybavení	18
3.1.1 Finančně minimálně náročná skupina	18
3.1.2 Skupina s pomůckami s vyšší pořizovací hodnotou	20
3.2 Programové vybavení	21
3.2.1 Komerční programy	21
3.2.2 Volně dostupné programy	23
3.3 Ostatní pomůcky využité při snímkování	25
3.3.1 monopod Manfrotto 681b + APUTURE rádiová spoušť s displejem Gigtube Wireless GWII-C3	25
3.3.2 mobilní lešení	26
4 Snímkování	27
4.1 Snímkování metodou průřezové fotogrammetrie	27
4.1.1 Příprava na snímkování	27
4.1.2 Nastavení fotoaparátu	27
4.1.3 Samotné snímkování	29
4.2 Snímkování metodou optických korelačních systémů	30
4.2.1 Příprava na snímkování	30
4.2.2 Nastavení fotoaparátu	30

4.2.3	Samotné snímkování	30
5	Zpracování snímků	32
5.1	Využití volně dostupných programů	32
5.1.1	Hypr3D	32
5.1.2	Autodesk 123D Catch	34
5.1.3	Postřehy ze zpracování	38
5.2	Využití komerčních programů	39
5.2.1	PhotoModeler Scanner	39
5.2.2	Geomagic Studio	50
5.2.3	Postřehy ze zpracování	54
	Použité zdroje	58
	Seznam příloh	62
A	Obsah DVD	63
B	Náhledy prostorových modelů	64
B.1	Prostorové modely vytvořené komerčními programy	64
B.2	Prostorové modely vytvořené volně dostupnými programy	68

Úvod

Tato diplomová práce se zabývá využitím fotografií pro zpracování prostorových modelů vybraných soch za použití různého vybavení a metod. Výsledné modely byly porovnávány z hlediska geometrické věrnosti a časové a finanční náročnosti vynaložené na jejich vytvoření. Ke zpracování a testování postupů byly vybrány dvě sochy lemující schodiště na severní straně areálu Svaté Hory u Příbrami. Prostředky pro zpracování byly vybrány podle následujících kritérií:

- přístrojové vybavení:
 - minimálně finančně náročné: tato kategorie byla zastoupena opotřebovanou digitální jednookou zrcadlovkou Canon EOS 1000D v kombinaci se „setovým“ objektivem Canon EF-S 18-55mm f/3,5– 5,6 II v celkové ceně cca 6.000,-
 - finančně náročnější: tato kategorie byla zastoupena digitální jednookou zrcadlovkou Canon EOS 550D v kombinaci s objektivem Tokina 11-16mm f/1,6 v celkové ceně cca 35.000,-
- programové vybavení:
 - Komerční programy: v této kategorii byla využita kombinace programů PhotoModeler Scanner a Geomagic Studio
 - Nekomerční programy: v rámci této kategorie byly testovány programy Hypr 3D a AutoDesk 123D Catch

Text je rozdělen do jednotlivých kapitol. První část stručně popisuje historii Svaté Hory. V dalších kapitolách jsou popsány teoretické základy využitých metod a vybavení. V hlavní části se text zaměřuje na popis a postřehy ze samotného snímání a tvorby modelů. Jsou zde popsány využití funkce tak, aby text v budoucnu mohl posloužit jako návod pro vyhotovení podobných soch, kterých je jen v areálu Svaté Hory 50. V závěru práce jsou pak vytvořené modely zhodnoceny a porovnány dle výše zmíněných kritérií.

Tato práce navazuje na diplomovou práci Tvorba a prezentace prostorových modelů soch [1], kterou napsala Zuzana Kratinohová. Ve své práci se zabývá využitím nekomerčních programů. Já jsem si na základě tohoto textu vybral dva programy, které následně konfrontuji s programy komerčními.

1 Informace o objektu

Tato kapitola se zabývá krátkým představením objektu, jehož součástí jsou snímko-
vané sochy.

1.1 Poloha objektu

Areál Svaté Hory se nachází na východním okraji města Příbram, na kopci Svatá Hora (viz obrázek 1.1) . Areál je dobře přístupný pomocí tzv. Svatohorských schodů, které vedou z centra města a jsou kryté střechou. Další příjezdovou cestou k areálu je asfaltová silnice, která vede Svatohorskou alejí.



Obr. 1.1: Poloha Svaté Hory, zdroj [2]

1.2 Historie areálu Svaté Hory

Kdy byla postavena původní kaplička, která prý tvoří základy současné baziliky, není přesně známo. Dle pověsti ji jako dík Panně Marii za záchranu před loupežníky



Obr. 1.2: Pohled na areál Svaté Hory, foto [3]

nechal ve 13. století postavit rytíř z rodu Malovců. Podle jiné pověsti byla postavená až o století později. Slavný český historik 17. století Bohuslav Balbín, který se zabýval podrobně dějinami Svaté Hory, datuje vznik kaple dokonce až na počátek 16. století. Ve své práci dokonce popsal i přibližný tvar kaple a použité stavební materiály.

Zlomovou událostí, která Svatou Horu proslavila, je příchod slepého pláteníka Jana Procházky, který se roku 1632 do kaple vydal pouze na popud opakujícího se snu. Na základě tohoto snu začal uctíval Pannu Marii a staral se o kapli na Svaté Hoře. Po třech dnech se mu vrátil zrak, což bylo natolik neobvyklé, že to po potvrzení lékaři bylo vyhlášeno za zázrak. Tato událost měla za následek příchod velkého počtu poutníků a Svatá Hora se tak dostala do širokého povědomí.

Bazilika na Svaté Hoře nese název podle sošky Panny Marie Svatohorské, kterou prý ze dřeva vyřezal první pražský arcibiskup Arnošt z Pardubic a do Příbrami ji následně přenesli horníci. Od té doby je, až na období husitských válek, nedílnou součástí Svaté Hory.

Rozšíření, opravení a zvelebení celého objektu do podoby, v jaké jí známe teď, se Svatá Hora dostala během třicetileté války, kdy byla svěřena do správy březnickým jezuitům. Během těchto rekonstrukcí byly postaveny i Svatohorské schody, které spojují areál s městem. Návrh na přestavbu kaple a celého areálu vypracoval v roce

1658 architekt Carlo Lurago a práce byly financovány poutníky, šlechtou i významnými městy (Praha, Plzeň, Mníšek a Březnice). Roku 1673 byl kostel Svatohorský se třemi oltáři posvěcen pražským arcibiskupem Matějem Ferdinandem Sobkem z Bielenberka pod jménem Nanebevzetí Panny Marie. V roce 1732 se konala korunovace milostné sošky Panny Marie Svatohorské. Pro Svatou Horu to byla velká událost a její výročí se připomíná dodnes.

V roce 1978 zachvátil klášter veliký požár a značně celý objekt poničil. Jeho následky jsou snad již opraveny, ale restaurátorské práce jsou nekonečné. Od roku 1990 je duchovní správa Svaté Hory svěřena kněžím Kongregace Nejsvětějšího Vykupitele - redemptoristům.

Informace o historii Svaté Hory byly získány ze zdrojů [4] a [5].

1.3 Sochy uvnitř areálu Svaté Hory



Obr. 1.3: Pohled na pravou část severní terasy

Uvnitř areálu Svaté Hory se na vyvýšené terase kolem centrální stavby (baziliky) nachází celkem 50 soch. Dvacet menších soch zobrazuje andělíčky držící vždy jeden

z erbů měst, která se podílela na renovaci areálu. Ostatní sochy zobrazují vázy s květinou, anděly a postavy, u kterých z velké části není zřejmé, koho zobrazují.

Na obrázku 1.3 je vidět terasa s balustrádou, na které jsou sochy umístěné. Větší sochy na obrázku jsou vysoké cca 160 cm.

Pro tvorbu prostorových modelů v této práci byly vybrány dvě sochy lemující severní schodiště vedoucí na terasu.

2 Fotogrammetrické metody

Tato kapitola je zaměřena na teoretické základy využitých fotogrammetrických metod.

Pro tvorbu prostorových modelů objektů podobných sochám, které se nacházejí na Sváté Hoře, je zřejmě (co se kvality výsledných modelů týče) nejlepší metoda laserového skenování. Tato metoda je však zatím stále finančně velmi nákladná a pro sochy umístěné na balustrádách ve výšce cca třech metrů i technicky těžko proveditelná.

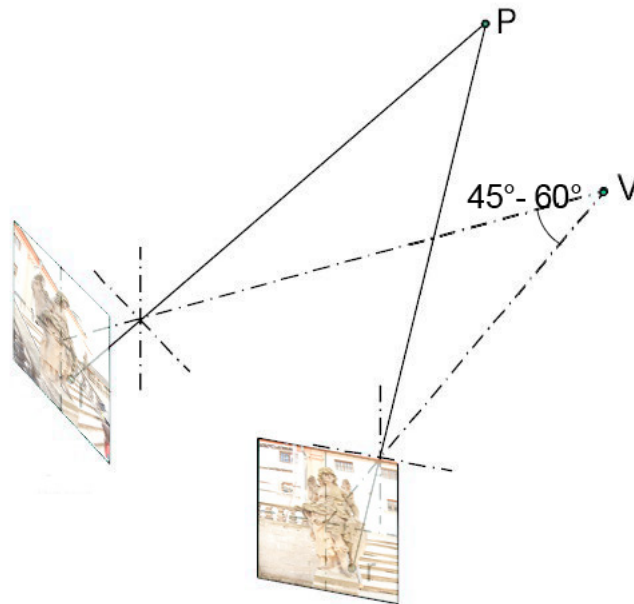
Já jsem při snímkování a následném zpracování využil metod průsekové fotogrammetrie a metody optických korelačních systémů.

2.1 Průseková fotogrammetrie

Průseková fotogrammetrie je jednou z nejstarších fotogrammetrických metod. V podstatě se jedná o geodetickou metodu protínání vpřed řešené pomocí neměřických snímků, jejichž osy záběru svírají konvergentní úhel (viz obrázek 2.1).

Princip moderní průsekové fotogrammetrie spočívá ve snímkování objektu několika snímky, jejichž ideální úhel protnutí os záběru je mezi 45° až 60° . Pro úspěšný výpočet průsekové metody je zapotřebí na každé straně objektu vyznačit ideálně 6 – 8 spojovacích bodů, které jsou rovnoměrně rozmístěny po celém objektu. Při výpočtu podrobných bodů je třeba, aby byla vyhodnocovaná oblast viditelná minimálně na dvou, ideálně alespoň na třech snímcích. Z tohoto důvodu by měly pořízené snímky mít co největší překryt.

Výše zmíněné informace byly čerpány ze zdrojů [6] a [7].



Obr. 2.1: Schéma průsekové fotogrammetrie

2.2 Optické korelační systémy

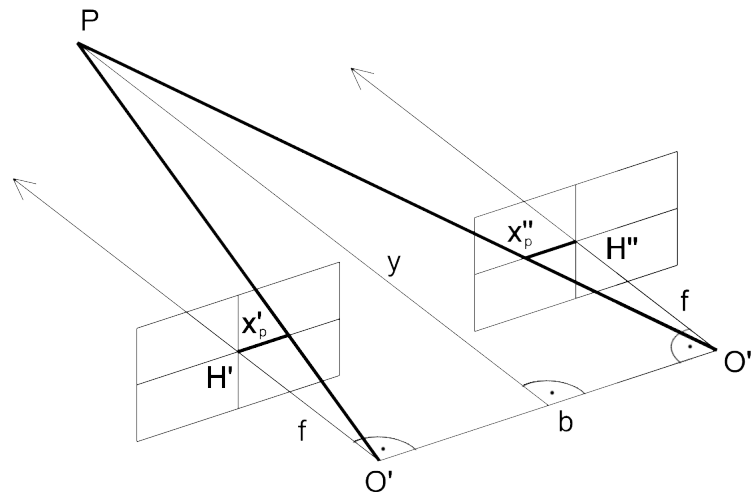
Níže uvedený text je citován z [6] .

Metoda OKS¹ vychází z principu stereofotogrammetrie. Měření souřadnic se děje automatizovaně na základě optické korelace snímků a tvorba prostorového modelu spočívá v kombinování mračen bodů získaných z více stanovisek.

Snímkovou dvojici lze pořídít různým způsobem, snímkování se však řídilo předpoklady pro stereofotogrammetrii. Pro kvalitní vyhodnocení je třeba dodržet vhodnou délku základny, přibližně stejné výšky obou stanovisek snímkování a nejlépe rovnoběžné osy záběru. Současné vyhodnocovací systémy však umožňují vyhodnotit téměř veškerý obrazový materiál, pořízený různým způsobem. Není obvykle naprosto nutné dodržovat staré, přesně definované postupy, které byly založeny na omezených možnostech vyhodnocení.

Kromě snahy dodržet výše zmíněné poučky, by se ideálně při pořizování snímků měl dodržet i tzv. normální případ, kdy jsou osy záběru kolmé k fotogrammetrické základně (viz. obr. 2.2)

¹optické korelační systémy



Obr. 2.2: Normální případ stereofotogrammetrie, zdroj [8]

kde:

P ... určovaný bod

y ... vzdálenost od objektu

b ... délka základny

f ... ohnisková vzdálenost

O', O''... ohniska

H', H''... hlavní snímkové body

X_p', X_p''... snímkové souřadnice

Pro přesnost vyhodnocení je nejdůležitější, jaký je minimálně možný základnový poměr, tj. jaká je minimální délka základny b_{min} , ze které se určí souřadnice y s požadovanou přesností:

$$b_{min} = y_{max} \cdot \frac{y}{dy} \cdot \frac{dp}{f} \quad (2.1)$$

kde:

y_{max} ... maximální vzdálenost od objektu

$\frac{y}{dy}$... požadovaná přesnost vyhodnocení jako relativní chyba

dp ... střední chyba měření horizontální paralaxy² (běžně bývá $dp=0,01$ mm)

f ... ohnisková vzdálenost

²rozdíl snímkových souřadnic téhož bodu na levém a pravém snímku stereodvojice ve směru fotogrammetrické základny [9]

Pro základnu platí, že nesmí být překročena ani její maximální délka, která je důležitá pro vytvoření stereovjemu. Pro výpočet platí vztah:

$$b_{max} = y_{min} \cdot \frac{p_{max}}{f} \quad (2.2)$$

kde:

y_{min} ... minimální vzdálenost od objektu

p_{max} ... maximální horizontální paralaxa, při které jsou oči schopné vytvořit stereovjem ($p_{max} = 40-50$ mm)

f ... ohnisková vzdálenost

Informace byly získány ze zdroje [8].

3 Použité vybavení

V této kapitole jsou popsány veškeré pomůcky využívané při zpracování prostorových modelů.

3.1 Přístrojové vybavení

Přístrojové vybavení je rozděleno do dvou skupin. Každá skupina je zastoupena jednou jednookou digitální zrcadlovkou a jedním objektivem. Hlavní rozdíl těchto skupin je v pořizovací ceně jednotlivých „setů“.

3.1.1 Finančně minimálně náročná skupina

Tato kategorie je zastoupena fotoaparátem Canon EOS 1000D a objektivem Canon EF-S 18-55mm f/3,5-5,6 II. Fotoaparát i objektiv již jeví známky dlouhodobého používání (fotoaparát již zaznamenal necelých 50 000 snímků, což je na digitální amatérskou zrcadlovku poměrně vysoké číslo) a proto byly vybrány do této skupiny.

Cena tohoto setu je odhadována na 5.000 Kč.

Neměřická komora Canon EOS 1000D



Obr. 3.1: Canon EOS 1000D, zdroj [10]

Jedná se o amatérskou jednookou digitální zrcadlovku, která vznikla přepracováním výkonnějšího modelu EOS 450D.

Canon EOS 1000D je fotoaparát se snímačem o formátu APS-C (22,2 x 14,8 mm) s 10,1 Mpx. Citlivost má v rozmezí 100 až 1600 ISO, zápis je na SD/SDHC/MMC karty a umožňuje uložení do formátů JPEG nebo RAW. Systém širokoplošného automatického ostření používá 7 samostatných zaostřovacích bodů. Fotoaparát obsahuje integrovaný čistící systém EOS, který omezuje tvorbu prachu uvnitř fotoaparátu, setřásá prach ze snímače při každém zapnutí či vypnutí přístroje a mapuje odolávající prachové částice, jež odstraní software Digital Photo Professional, který je součástí dodávaného softwaru.

Bajonet pro objektiv je typu EF, respektive EF-S pro objektivy určené jen pro maloformátové zrcadlovky.

Výše uvedené informace byly získány ze zdroje [10].

Objektiv Canon EF-S 18-55mm f/3,5-5,6 II



Obr. 3.2: Canon EF-S 18-55mm f/3,5-5,6 II, zdroj [10]

V kombinaci s použitým fotoaparátem zobrazuje tento zoom objektiv úhel záběru odpovídající rozsahu 28-90 mm ohniskové vzdálenosti u kinofilmu. Světelnost objektivu je f/3,5- 5,6 a nejkratší zaostřovací vzdálenost je 28 cm. Maximální clonové číslo dosahuje při nejkratší ohniskové vzdálenosti 22 a při nejdelší ohniskové vzdálenosti 38.

Informace byly získány ze zdroje [10].

3.1.2 Skupina s pomůckami s vyšší pořizovací hodnotou

Tato kategorie je zastoupena fotoaparátem Canon EOS 550D a objektivem Tokina AT-X 116 PRO. Jedná se o vybavení, které nenesé žádné známky používání a cena této kombinace objektivu a fotoaparátu je odhadována na 35.000 Kč.

Neměřická komora Canon EOS 550D



Obr. 3.3: Canon EOS 550D, zdroj [10]

Canon EOS 550D je fotoaparát se snímačem o formátu CMOS (22,3 x 14,9 mm) s 18,7 Mpx. Citlivost má v rozmezí 100 - 6400 ISO, zápis je na SD/SDHC/SDXC karty a umožňuje uložení do formátů JPEG nebo RAW. Systém širokoplošného automatického ostření používá 9 samostatných zaostřovacích bodů. Fotoaparát obsahuje integrovaný čistící systém EOS, který omezuje tvorbu prachu uvnitř fotoaparátu, setřásá prach ze snímače při každém zapnutí či vypnutí přístroje a mapuje odolávající prachové částice, jež odstraní software Digital Photo Professional, který je součástí dodávaného softwaru.

Informace byly získány ze zdroje [10].

Tokina AT-X 116 PRO

V kombinaci s použitým fotoaparátem zobrazuje tento zoom objektiv úhel záběru odpovídající rozsahu 17,6 - 25,6 mm ohniskové vzdálenosti u kinofilmu. Světelnost



Obr. 3.4: Tokina AT-X 116 PRO, zdroj [11]

objektivu je v celém rozsahu $f/2,8$ a nejkratší zaostřovací vzdálenost je 30 cm. Maximální clonové číslo dosahuje při nejkratší ohniskové vzdálenosti 22.

Informace byly získány ze zdroje [11].

3.2 Programové vybavení

Programové vybavení je obdobně jako přístrojové, rozděleno do dvou skupin na programy komerční a volně dostupné.

3.2.1 Komerční programy

Komerční programy využitě při tvorbě modelů jsou PhotoModeler Scanner a Geomagic Studio, jejichž celková pořizovací hodnota činí cca 500.000 Kč.

PhotoModeler Scanner

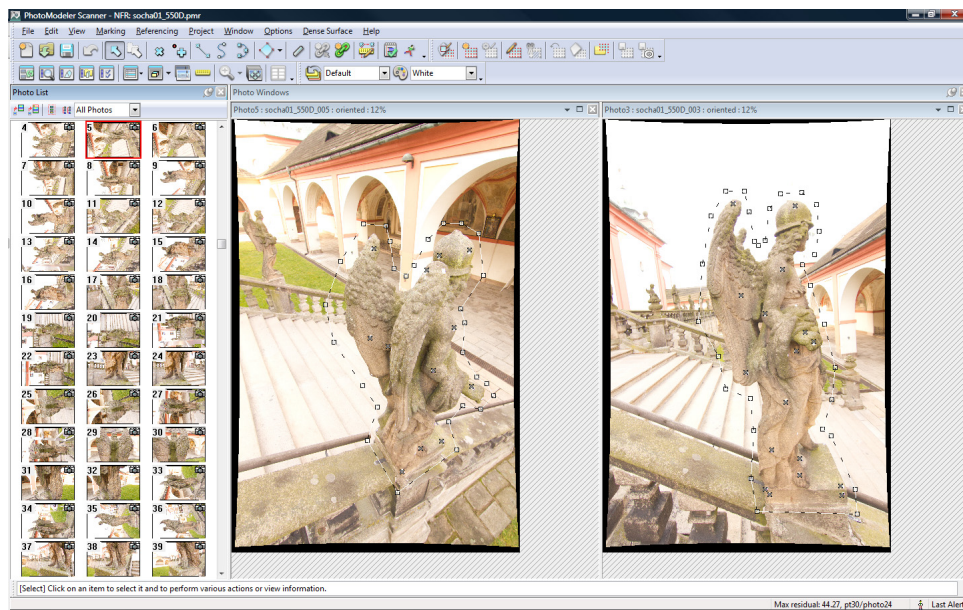
Následující kapitola je citována ze zdrojů [6] a [13].

Software PhotoModeler vyvinula kanadská společnost Eos Systems Inc. se sídlem ve Vancouveru, která působí v oblasti 3D modelování od roku 1990.

PhotoModeler Scanner se od dřívějších verzí programu (PhotoModeler) liší především tím, že umožňuje tvorbu mračen bodů. Touto funkcí PhotoModeler Scanner nahrazuje laserové skenování levnější a dostupnější metodou optické korelace. Software k tvorbě mračen bodů využívá již zmíněné metody optické korelace, ke které

jsou potřeba dva snímky s rovnoběžnou osou záběru. Kromě tvorby mračna bodů software umožňuje i jeho zasíťování, editaci a export do jiných programů.

PhotoModeler Scanner nachází uplatnění například v těchto odvětvích: archeologie, architektura, film a animace, medicína, strojírenství a průmyslové měření, atd.



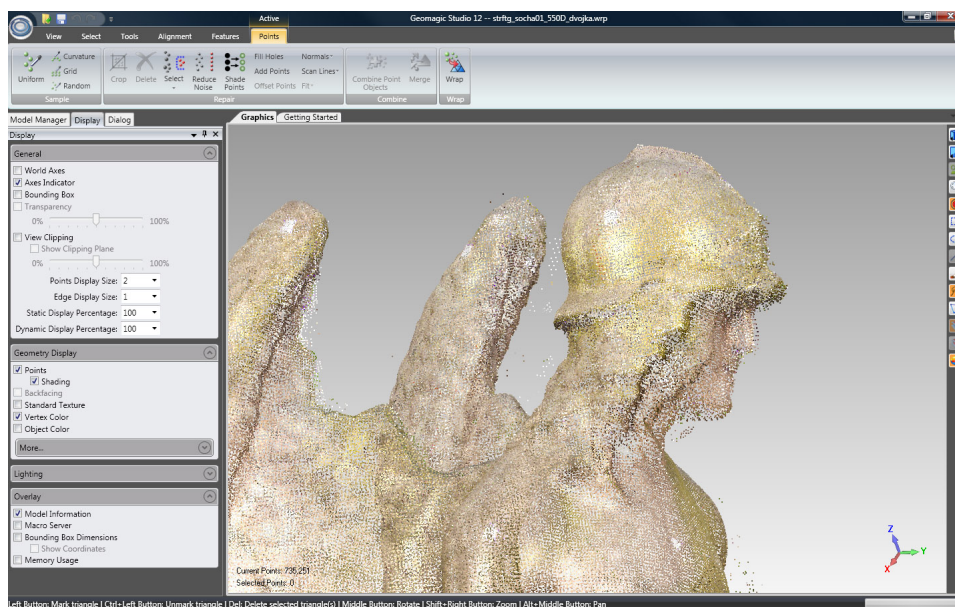
Obr. 3.5: Pracovní prostředí PhotoModeler Scanner

Geomagic Studio

Geomagic Studio je univerzální program na zpracování mračka bodů, který vyvinula americká společnost Geomagic Inc.

Program umožňuje tvorbu trojúhelníkových sítí a obsahuje velké množství funkcí, které umožňují sjednocení a editaci mraček, trojúhelníkových sítí i výsledných 3D modelů.

Informace o softwaru byly získány ze zdrojů [6] a [14]



Obr. 3.6: Pracovní prostředí Geomagic Studio

3.2.2 Volně dostupné programy

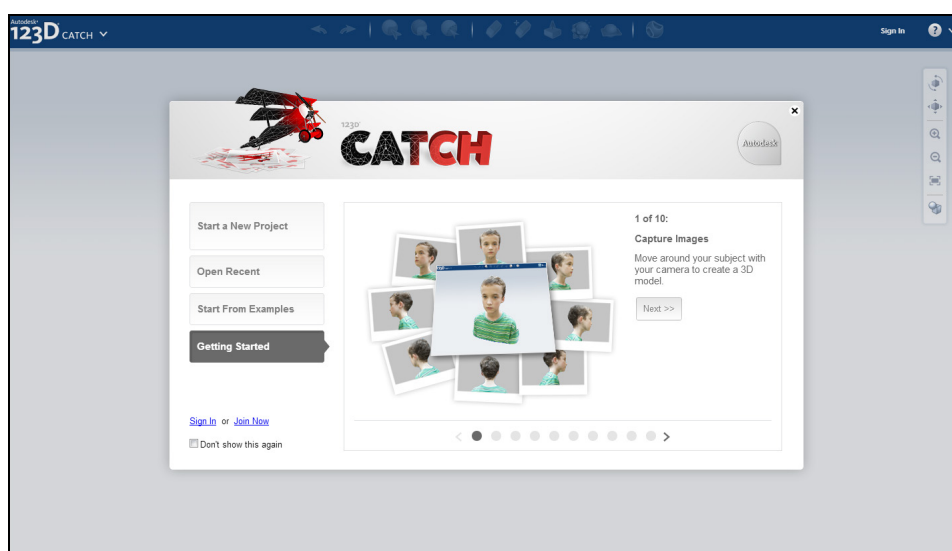
Volně dostupné programy v této práci reprezentují softwary Autodesk 123D Catch a Hypr 3D.

Autodesk 123D Catch

Program 123D Catch je součástí projektu 123D, který je produktem americké společnosti Autodesk. Celá řada programů 123D je zaměřena na 3D modelování a následný 3D tisk.

Nástroj 123D Catch vznikl v roce 2012 přepracováním programu Autodesk Photofly 2.0, který byl zveřejněn a uveden do provozu v roce 2011. Oba tyto programy pracují se snímky objektů a vytváří z nich prostorové modely.

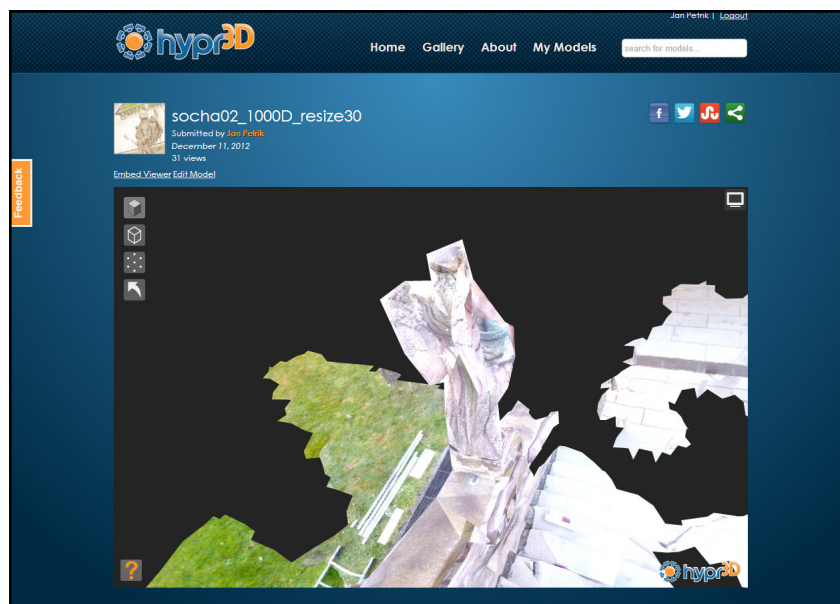
123D Catch funguje na principu zvaném cloud computing, jehož princip spočívá v odesílání dat na vzdálený server, kde probíhají výpočty. Po vygenerování modelu je výsledek odeslán uživateli zpět a ten už na svém počítači může s modelem provádět drobné úpravy. K používání tohoto programu tak není nezbytně nutný výkonný počítač, stačí být pouze připojený k internetu. Odesílání snímků na server a následná editace je možná prostřednictvím staženého programu nebo i přímo v internetovém prohlížeči.



Obr. 3.7: Prostředí Autodesk 123D Catch

Hypr 3D

Hypr 3D funguje stejně jako 123D Catch na principu cloud computing. Ovládání programu probíhá kompletně online prostřednictvím webového prohlížeče a práce s ním je uživatelsky nenáročná. O vytvoření modelu je uživatel informován prostřednictvím emailu a výsledek může dále publikovat či stáhnout na internetových stránkách aplikace.



Obr. 3.8: Prostředí Hypr 3D

3.3 Ostatní pomůcky využité při snímkování

V této podkapitole jsou vypsány další pomůcky bez kterých by snímkování soch na Svaté Hoře nebylo možné, nebo bylo značně komplikované.

3.3.1 monopod Manfrotto 681b + APUTURE rádiová spoušť s displejem Gigtube Wireless GWII-C3

Jelikož se sochy nacházejí na těžko přístupných a vyvýšených místech, bylo nutné snímkování provádět z dvojitého žebříku a fotoaparát byl uchycen na monopodu Manfrotto 681, který umožňoval pořízení snímků objektu i z nadhledu (maximální výška monopodu je 161 cm). Ke kontrole nasměrování záměrné osy přístroje, byla využita dálková bezdrátová spoušť s displejem Gigtube Wireless GWII-C3 (obrázek 3.9).

Gigtube Wireless GWII-C3 je bezdrátový dálkový ovladač fotoaparátu, který disponuje živým náhledem. Spoušť fotoaparátu je možné díky 2,4 GHz technologii přenosu signálu ovládat až na vzdálenost 100 m a umožňuje tak snímání scény z nedostupných míst při stálé kontrole kompozice.

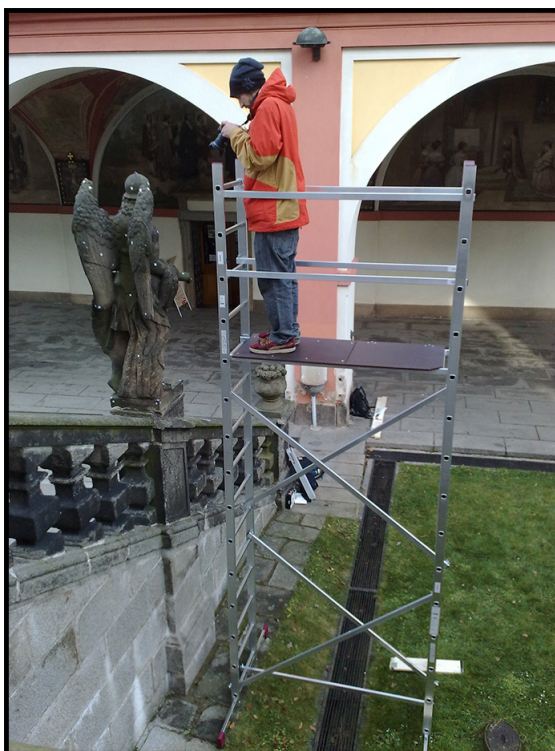
Citováno z [12].



Obr. 3.9: rádiová spoušť s displejem Gigtube Wireless GWII-C3 [12]

3.3.2 mobilní lešení

Mobilní hliníkové lešení bylo zapotřebí při snímkování metodou optických korelačních systémů. Lešení umožňovalo dodržení předpokladů pro snímkování soch ve stereodvojicích i z nadhledu.



Obr. 3.10: Snímkování z mobilního hliníkového lešení, foto: Soukup, 2012

4 Snímkování

V kapitole Snímkování je popsán postup pořizování fotografií. Kapitola je rozdělena na dvě části podle toho, pro jakou metodu zpracování byly snímky pořízeny.

Každý proces snímkování byl proveden na obou sochách a snímky byly pořízeny pomocí obou fotoaparátů.

4.1 Snímkování metodou průsekové fotogrammetrie

Postup je rozdělen do tří základních částí.

4.1.1 Příprava na snímkování

Příprava na snímkování spočívala v rekognoskaci terénu, na základě které bylo vybráno potřebné vybavení, které umožnilo snímkování z hůře přístupných stanovisek. Mezi toto vybavení patří 3,5 metru vysoký dvojitý žebřík, který v kombinaci s monopodem a dálkovou spouští umožňovaly pořízení snímků z dostatečného nadhledu.

Další část přípravy spočívala ve vytvoření signalizačních značek. Jednalo se o papírové samolepky čtvercového tvaru o rozměrech cca 2x2 cm. Původně se sochy snímkovaly bez použití těchto značek. Jak se však ukázalo během zpracování, přirozeně signalizované vlčovací body byly určovány nepřesně a to se nepříznivě projevilo na kvalitě výsledného modelu. Při opakovaném snímkování byly na sochy vhodně nalepeny výše zmíněné značky, což následné zpracování podstatně urychlilo a zpřesnilo vzájemnou orientaci snímků. Po odstranění samolepek nebyly na sochách patrné žádné defekty či jiné negativní následky umístění signalizačních terčů.

4.1.2 Nastavení fotoaparátu

Ohnisková vzdálenost

Z důvodu značné členitosti vyhodnocovaných objektů byla ohnisková vzdálenost nastavena na minimum (f 11mm popř. f 18mm). Krátká ohnisková vzdálenost umožnila snímat sochy z malé vzdálenosti a do záběru fotoaparátu dostat celou sochu i



Obr. 4.1: Snímkování metodou průsekové fotogrammetrie, foto Soukup, 2012

s různými záhyby, které by byly při snímání z větší vzdálenosti zakryty. Jelikož se při snímkování fotograf neustále pohybuje na žebříku a focení je často velmi komplikované (viz obrázek 4.1, může u objektivu typu zoom¹ velmi jednoduše dojít k nechtěnému přenastavení ohniskové vzdálenosti, která však musí být po celou dobu snímkování nastavena na jednu hodnotu. Tomuto problému se dá efektivně předejít zaaretováním objektivu pomocí lepicí pásky. Z vlastní zkušenosti toto opatření doporučuji.

Clonové číslo

Nejdříve byly sochy snímkovány s malým clonovým číslem ($f/3,5$ popř. $f/4,0$). Bylo předpokládáno, že menší hloubka ostrosti, která je přímo úměrná clonovému číslu, bude mít za následek vizuální oddělení vyhodnocovaného objektu od pozadí (socha bude zaostřená, ale pozadí rozostřené). Později se ukázalo, že toto nastavení není vhodné, protože při snímkování z nadhledu se ve směru záměrné přímky značně prodloužila hloubka objektu a části více vzdálené od objektivu byly rozostřené. Při dalším snímkování bylo clonové číslo upraveno na hodnoty $f/5,6$ popř. na $f/6,3$.

¹typ objektivu, který umožňuje plynulou změnu ohniskové vzdálenosti

Obdobně, jako u ohniskové vzdálenosti, nebylo zaclonění objektivu během snímkování měněno.

Expozice

Během snímkování byla snaha s expozicí co nejméně manipulovat. Ponechání stejného nastavení během celé doby snímkování však nebylo kvůli proměnlivým světelným podmínkám možné (počasí během snímkování bylo proměnlivé a i když na snímkové sochy slunce nesvítilo přímo, vliv jeho náhlého zákrytu za mraky se na snímcích projevoval podexponovanými místy ve vyhodnocované oblasti). Délka expozice při snímkování se pohybovala v rozmezí 1/200 až 1/60 sekundy.

citlivost ISO

Pro nastavení citlivosti ISO platí jednoduché pravidlo, čím větší hodnota ISO, tím je na snímku větší výskyt nežádoucího šumu a zrna. Z tohoto důvodu se doporučuje nastavit tuto hodnotu na co nejmenší možné číslo. Světelné podmínky při snímkování v kombinaci s výše uvedenými hodnotami délky expozice a clonového čísla umožňovaly nastavení citlivosti ISO na hodnotu ne menší, než 400.

4.1.3 Samotné snímkování

Snímkování soch bylo provedeno ve třech řadách (z nadhledu, v úrovni objektu a z podhledu). Při snímkování by se mělo dohlížet na dodržení několika pravidel, jsou to:

- objekt by měl na každém snímku zabírat co největší možnou plochu
- snímky v každé řadě by měly mít co největší překryt

Problémové oblasti (hodně členitá či tmavá místa) byly zaznamenány detailním snímkováním.

Snímkování jedné sochy metodou průsekové fotogrammetrie zabralo v průměru 1 hodinu.

4.2 Snímkování metodou optických korelačních systémů

4.2.1 Příprava na snímkování

Příprava na snímkování byla obdobná jako u předchozí metody, rozdíl byl jen v doplňkovém vybavení, které ke snímkování bylo zapotřebí. Jelikož bylo potřeba snímkování provádět ve stereodvojcích, bylo potřeba zajistit pro měřiče více prostoru k snímkování. Z tohoto důvodu byl dvojitý žebřík nahrazen mobilním hliníkovým lešením s plošinou, které umožňovalo pohodlné snímkování i nad úrovní vyhodnocovaných soch.

4.2.2 Nastavení fotoaparátu

Nastavení ohniskové vzdálenosti a clonového čísla bylo pro obě metody totožné.

Expozice

Ponechání stejné délky expozice opět nebylo možné, proto se při snímkování pohybovaly hodnoty nastavení expozice v rozmezí 1/60 až 1/40 sekundy (ve výjimečném případě byla délka expozice 1/30 sekundy). Při těchto, poměrně dlouhých expozičních časech, se musela věnovat větší pozornost stabilizaci přístroje v momentě pořizování snímků.

4.2.3 Samotné snímkování

Snímkování touto metodou nevyžaduje takové množství stanovisek jako předchozí metoda. Na každém stanovisku je však nutné pořídit dvojici snímků a při volbě jejich rozmístění dbát na to, aby ze stanovisek bylo vidět do všech záhybů a otvorů na vyhodnocovaném modelu.

Jelikož manipulace se stativem s nasazenou základnovou latí by byla v daných podmínkách značně komplikovaná, bylo v rámci teoretické přípravy uvažováno o improvizovaném řešení, které spočívalo v uchycení fotoaparátu na monopod vybavený libelou a s touto sestavou se posunovat nad pásmem položeném na plošině.

Během snímkování bylo však zjištěno že využití krátké ohniskové vzdálenosti, která má přímý vliv na volbu délky základny, umožňuje tzv. snímkování z ruky bez využití dalších stabilizačních pomůcek.

Průměrná doba strávená snímkováním jedné sochy metodou stereodvojic byla necelé 2 hodiny.

5 Zpracování snímků

5.1 Využití volně dostupných programů

5.1.1 Hypr3D

Následující informace byly získány ze zdroje [17].

Program Hypr3D od firmy Viztu Technologies, Inc. sídlící ve Spojených státech amerických pracuje na systému cloud computing a jeho webové stránky, na kterých probíhá veškeré ovládání programu, jsou <http://www.hypr3d.com>.

Prostředí a obsluha programu








Program, resp. webové stránky, jsou kompletně v anglickém jazyce a změna na jiný jazyk není možná. Obsluha je však natolik jednoduchá a intuitivní, že pro jeho ovládání postačí základní znalost angličtiny.

Na domovské stránce se v horní části nachází menu, které obsahuje následující rozcestník:

- Home - tlačítko sloužící k návratu na domovskou stránku
- Gallery - toto tlačítko odkazuje na veřejnou galerii vytvořených modelů
- About - tlačítko uživatele přesměruje na menu, které dále odkazuje na informace o programu, nejčastější dotazy, instruktážní videa, kontaktní informace na výrobce, atd.
- My Models - záložka obsahující modely vytvořené uživatelem (jen v případě přihlášení)
- *oknosearch for models...* - okno sloužící k rychlému vyhledání konkrétního modelu na základě zadání klíčových slov
- Upload - tlačítko sloužící k nahrání snímků na server a jejich následnému zpracování

Po zaregistrování a následném přihlášení může uživatel okamžitě začít s tvorbou modelu. Po vybrání možnosti *Upload* ze základního menu se nahraje stránka, kde je uživatel krok po kroku veden k tvorbě modelu. Nejprve program vybíží k vybrání ze dvou variant zdrojových dat, ze kterých bude model tvořen. Uživatel si tak musí vybrat mezi možnostmi tvorby ze snímků nebo z videozáznamu a následně je mu v druhém kroku umožněn výběr zdrojových dat z jeho PC. V posledním kroku program vyžaduje zadání základních informací o vytvářeném modelu, jsou to: název modelu, jeho popis a klíčová slova sloužící k jeho snadnějšímu vyhledání.

O dokončení tvorby modelu (i v případě neúspěšného procesu) je uživatel informován prostřednictvím emailu. Výsledný model je možné prohlížet v sekci *My Models*. Model však není možné žádným způsobem upravovat, program umožňuje pouze jeho prohlížení a uložení na pevný disk. Veškeré nástroje sloužící k manipulaci s modelem se nachází v levé části pracovního okna a mají následující funkce:

-  ROTATE - otáčení modelu
-  MOVE - posun modelu
-  ZOOM - přiblížení / oddálení modelu
-  TEXTURE - mód zobrazení modelu s texturami (základní mód)
-  WIREFRAME - mód zobrazení modelu v trojúhelníkové síti
-  POINT CLOUD - mód zobrazení modelu pouze pomocí bodů
-  RESET MODEL - zobrazí model v původním módu a natočení přesně tak, jak byl načten po otevření

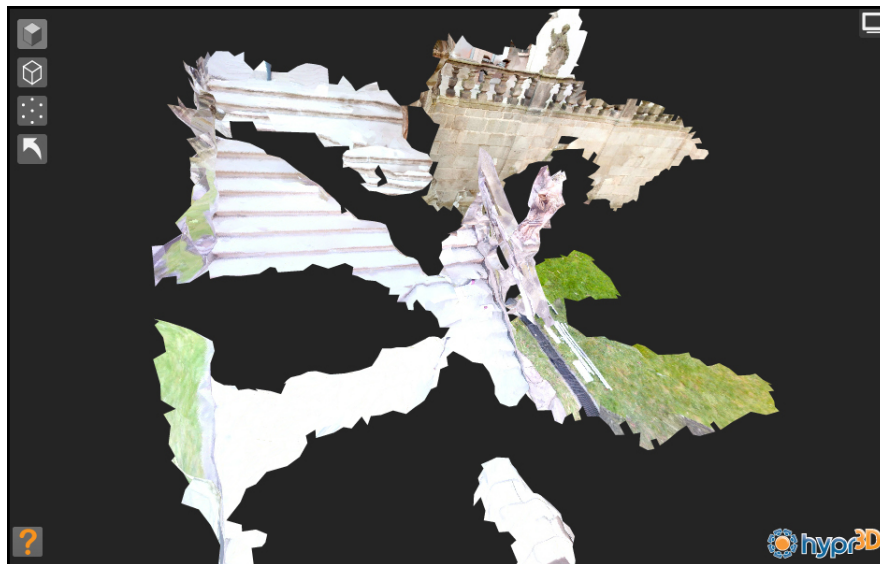
Na této stránce jsou dále náhledy použitých snímků, tlačítko umožňující stažení modelu ze serveru a informace o modelu (počet využitých snímků, počet vypočtených bodů, atd.).

Zhodnocení programu

Program je velmi jednoduchý na obsluhu a založení projektu je rychlé. Hypr3D však neumožňuje žádné nastavení výpočtu ani následnou editaci modelu. Uživatel

tak nemá žádnou kontrolu nad výpočtem a v případě neúspěšného výpočtu ani není informován o příčině závady. Tyto nedostatky považuji za velmi závažné, protože program ve všech testech vypočetl a vytvořil objekty mimo vyhodnocovaný model (příklad nevhodně vyhodnoceného modelu je zobrazený na obrázku 5.1). Výsledný model se z hlediska geometrické věrnosti zdá na první pohled ucházející, ale jde spíše jen o iluzi, která je vyvolána texturou a nikoli samotným modelem. Při bližším prozkoumání je patrné, že model nevystihuje detailní části ani díry, které se na vyhodnocovaném objektu nacházejí.

Výsledný model je možné exportovat ve formátech *ply*, *stl* nebo *dae + jpg*, přičemž u formátů *ply* a *dae + jpg* nabízí program dvě, kvalitou rozdílné varianty. Maximální velikost výsledného modelu byla cca 30 MB (model exportovaný s nízkou kvalitou nepřesáhl velikost 4 MB).



Obr. 5.1: Ukázka nevhodně vyhodnoceného modelu

5.1.2 Autodesk 123D Catch

Následující informace byly získány ze zdroje [16].

Program 123D Catch a celý koncept 123D vyvíjí americká společnost Autodesk. 123D Catch pracuje stejně jako předchozí testovaný program na principu cloud computing. Na rozdíl od programu Hypr3D umožňuje 123D Catch práci s modely nejen

prostřednictvím webového prohlížeče, ale po stažení aplikace do počítače, i bez připojení na internet (samotný výpočet však probíhá na vzdáleném serveru, takže je snímky nutné prostřednictvím internetu odeslat a v režimu "offline" je možné vytvořené modely editovat). Nově je navíc aplikace dostupná i v mobilní verzi pro přístroje iPad a iPhone od společnosti Apple. Internetové stránky, na kterých se program ve všech verzích nachází (online verze i odkaz na stažení instalačního souboru), jsou: <http://www.123dapp.com/>. Program ve všech jeho dostupných variantách vyžaduje registraci.

Prostředí a obsluha programu

Prostředí a ovládací nástroje jsou u všech verzí velmi podobné, proto bude popis programu dále zaměřen jen na variantu, která vyžaduje stažení a instalaci do počítače, ale zároveň obsahuje největší škálu nástrojů a možností.



Obr. 5.2: Úvodní obrazovka programu 123D Catch

Po zapnutí programu se zobrazí úvodní obrazovka (viz obrázek 5.2), na které má uživatel na výběr z několika možností. Ve spodní části se nacházejí ikony sdružené u nadpisu *Recent Files*, které odkazují na naposledy otevřené projekty a ikony *Videos*, odkazující na instruktážní videa. V základním menu, zobrazeném v levé části obrazovky, je možné pomocí ikony pojmenované *Create a New Capture* popř. ikony

Create an Empty Project založit nový projekt na základě nahrání nových snímků, popř. v druhém případě tzv "prázdný"projekt. Ve stejném menu se ještě nachází ikona s názvem *Open an Existing Capture*, jejímž prostřednictvím se uživatel dostane do galerie svých vytvořených nebo rozpracovaných modelů.

Po zvolení volby *Create a New Capture* je uživatel vyzván k vybrání snímků. Snímky musí být ve formátu JPEG nebo TIFF. Dalším krokem je potvrzení výběru snímků pomocí tlačítka *Create Project* a vyplnění základních informací o vytvářeném modelu, což je název, klíčová slova, popis a email, na který bude vytvořený model zaslán. Samotný výpočet se spustí tlačítkem *Wait* popř. tlačítkem *Email Me*. V případě výběru první volby může uživatel sledovat průběh odesílání snímků a výpočtu modelu, který je následně rovnou uložen na disk počítače. Při výběru druhé možnosti, tedy *Email Me*, je uživatel po vytvoření modelu vyzván ke stažení výsledku prostřednictvím emailu. Stažený model ve formátu 3DP je možné dále upravovat.



Obr. 5.3: Pracovní prostředí programu 123D Catch

Projekt se otevře v pracovním okně, které je rozvrženo tak, že ve spodní části jsou umístěné zmenšené náhledy snímků ze kterých je model tvořen a v horní části se nachází nástrojové menu, které obsahuje tyto funkce:

-  **Obdélníkový výběr** - umožňuje označení bodů pomocí obdélníku

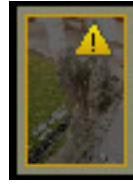
-  **Výběr lasem** - umožňuje označení bodů pomocí tzv lasa
-  **Posun** - slouží k posunování modelu po pracovní ploše
-  **Přiblížení** - slouží k přiblížení či oddálení modelu
-  **Rotace** - slouží k otáčení modelu
-  **Zámek snímku** - natočí pohled do osy záběru vybraného snímku
-  **Export videa** - vygeneruje video (ve formátu AVI)
-  **Export videa na YouTube** - vygeneruje video a uloží na uživatelský účet na serveru www.youtube.com
-  **Vyhodnocení** - rolovací menu, které obsahuje nástroje na vyhodnocení bodů a linií a definování měřítka a souřadnicového systému
-  **Výpočet sítě** - nástroj, který slouží k opětovnému výpočtu trojúhelníkové sítě s jiným nastavením kvality
-  **Možnosti zobrazení** - rolovací menu, které umožňuje zapnutí či vypnutí jednotlivých prvků zobrazených na pracovní ploše (poloha kamer, mřížka, atd)

S využitím výše zmíněných nástrojů lze opravit, či úplně odstranit chybně vyhodnocené části modelu. V případě, že u některých snímků neproběhla automatická orientace správně, se v náhledu u nich zobrazí žlutý vykřičník (viz obrázek 5.5). U těchto snímků je nutné označit identické body manuálně. Manuální určení bodů, neboli proces manuálního sešití snímků, se provádí kliknutím levého tlačítka myši na požadovaný snímek a výběrem funkce *Manually Stitch Photo*. V novém okně se následně v levé části obrazovky zobrazí vybraný snímek a v pravé části dva snímky následující, na kterých se pro úspěšné „sešití“ musí označit minimálně 4 identické body.

Výsledný model je možné uložit ve formátech *dwg*, *fbx*, *rzi*, *obj*, *ipm* a *las*.



Obr. 5.4: Orientovaný snímek



Obr. 5.5: Chybně orientovaný snímek

Zhodnocení programu

Stejně jako u programu Hypr3D je založení projektu, nahrání snímků (v závislosti na rychlosti připojení k internetu) i následný výpočet modelu poměrně rychlý. Oproti předchozímu programu však 123D Catch nabízí nástroje k editaci modelu a zároveň i automatické zpracování snímků dosahuje podstatně lepších výsledků. Obsluha programu 123D Catch je po shlédnutí krátkých instruktážních videí nenáročná a srozumitelná. Co bych však, dle mého názoru, softwaru vyčetl, je jeho nestabilita a absence chybových hlášení. Při nahrávání snímků na vzdálený server se opakovaně stávalo, že program přestal komunikovat nebo zobrazil dialogové okno upozorňující na to, že někde není něco v pořádku a že nahrávání fotek selhalo, nespécifikoval však, kde k problému došlo. Později jsem zjistil, že převážná většina problémů byla na vzdáleném serveru a při opakovaném (někdy i několikanásobném) pokusu o odeslání stejných dat se vytvoření modelu podařilo. Úspěšnost odeslání dat na server se zvýšila minimalizováním času potřebného k odeslání snímků. Toho bylo dosaženo zmenšením datového objemu snímků a připojením počítače k rychlejšímu internetu.

Výsledné modely vytvořené programem 123D Catch mají velikost do 20 MB. Pro umístění a publikaci modelů v celkovém prostorovém modelu Svaté Hory je, z hlediska geometrické věrnosti výsledných modelů, využití programu 123D Catch naprosto dostačující.

5.1.3 Postřehy ze zpracování

Během zpracování se ukázala jako lepší varianta využití fotoaparátu Canon EOS 550D v kombinaci s objektivem s ohniskovou vzdáleností nastavenou na hodnotu 11

m (po vynásobení crop faktorem¹ 17,6 mm). Nebylo to však kvůli kvalitnějšímu fotoaparátu, ale kvůli menší ohniskové vzdálenosti, která umožnila lepší snímání a následné identifikování bodů v hůře přístupných oblastech vyhodnocovaného objektu. Jelikož použitý objektiv vykazoval značné zkreslení v okrajích snímků, byl testován postup, při kterém byly v programu Adobe Photoshop Lightroom snímky transformovány a zkreslení bylo odstraněno. Ve výsledném modelu však žádné zlepšení nebylo pozorováno.

5.2 Využití komerčních programů

V této kapitole je popsán postup zpracování snímků a tvorby prostorového modelu pomocí kombinace programů PhotoModeler Scanner a Geomagic Studio. Snímky byly nejprve zpracovány pomocí prvně zmíněného programu metodou opticko korelačních systémů a ve formě mračna bodů byl model exportován do programu Geomagic Studio, kde byl prostorový model dokončen. Celý tento proces je možné uskutečnit pouze pomocí softwaru PhotoModeler Scanner, ale práce s mračny bodů není v tomto programu příliš dobře vyřešená a výsledné modely nejsou tak kvalitní, jako při exportu a následném zpracování v Geomagic Studio.

5.2.1 PhotoModeler Scanner

Informace využití v této kapitole byly získány ze zdrojů [6], [13] a [18].

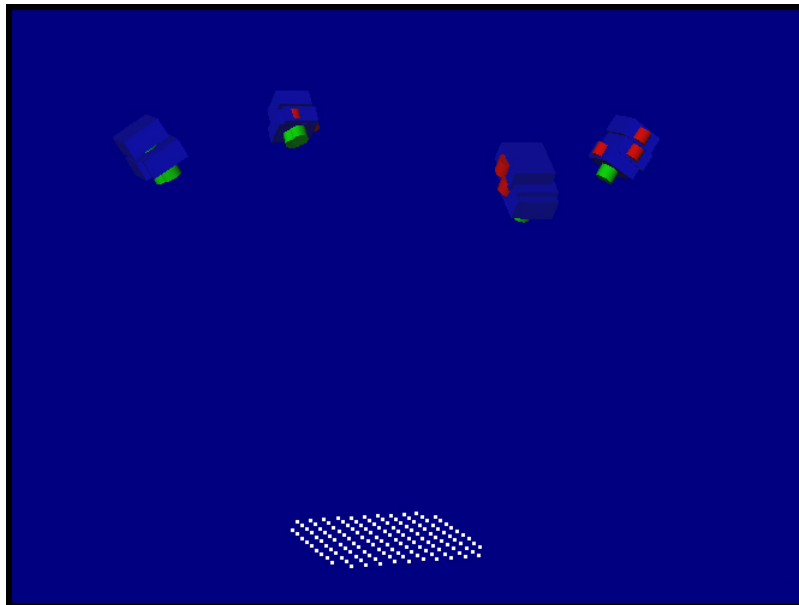
kalibrace

Prvním krokem při zpracování prostorového modelu je kalibrace neměřické komory, která se provádí z důvodu nutnosti zjištění prvků vnitřní orientace použitého fotoaparátu.

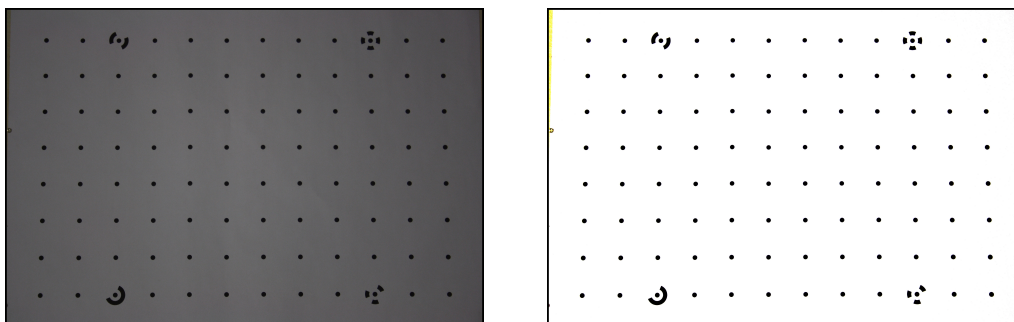
Kalibrační pole bylo potřeba nasnímat ze všech 4 stran, přičemž na každé straně byly pořízeny 3 snímky (po vyfotografování prvního snímku se přístroj otočil o 90°

¹Poměr mezi ekvivalentní ohniskovou vzdáleností a skutečnou ohniskovou vzdáleností, nebo také mezi velikostí využitého snímače a rozměru kinofilmového políčka (36 x 24 mm). U fotoaparátů se snímačem typu APS-C, který má i Canon EOS 550D, je hodnota crop faktoru 1,6 [15]

kolem osy záběru a vyfotografoval se další snímek atd.). Během snímkování nesmí být, stejně jako při snímkování v terénu, změněny prvky vnější orientace. Na obrázku 5.6 je znázorněno rozmístění stanovišek při snímkování rovinného kalibračního pole. Pro zlepšení výsledku automatické detekce bodů, byly snímky upraveny. Změnou



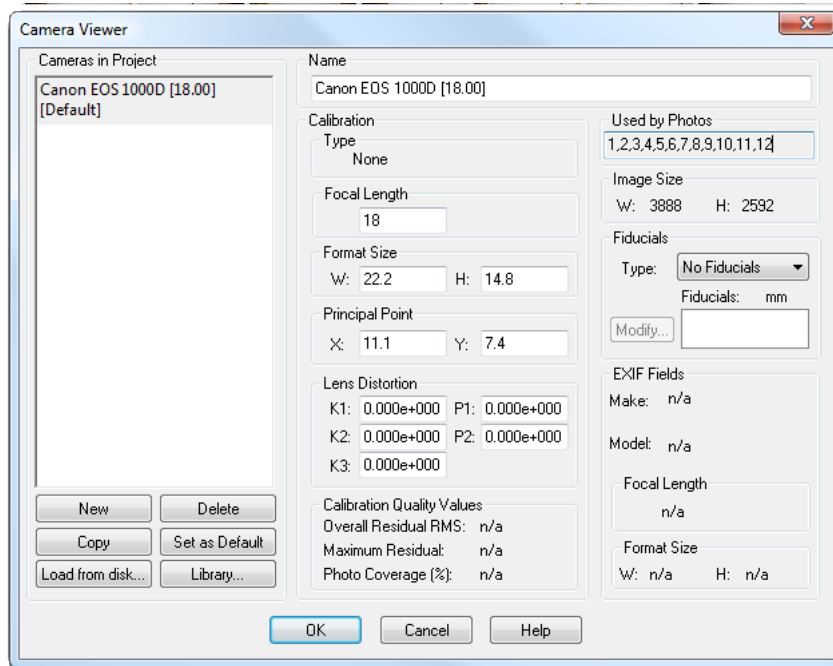
Obr. 5.6: Schéma rozložení stanovišek při snímkování rovinného kalibračního pole
 vyvážení barev a kontrastu bylo docíleno podstatného zvýraznění bodů kalibračního pole. Dopad úprav je patrný z obrázků 5.7 a 5.8.



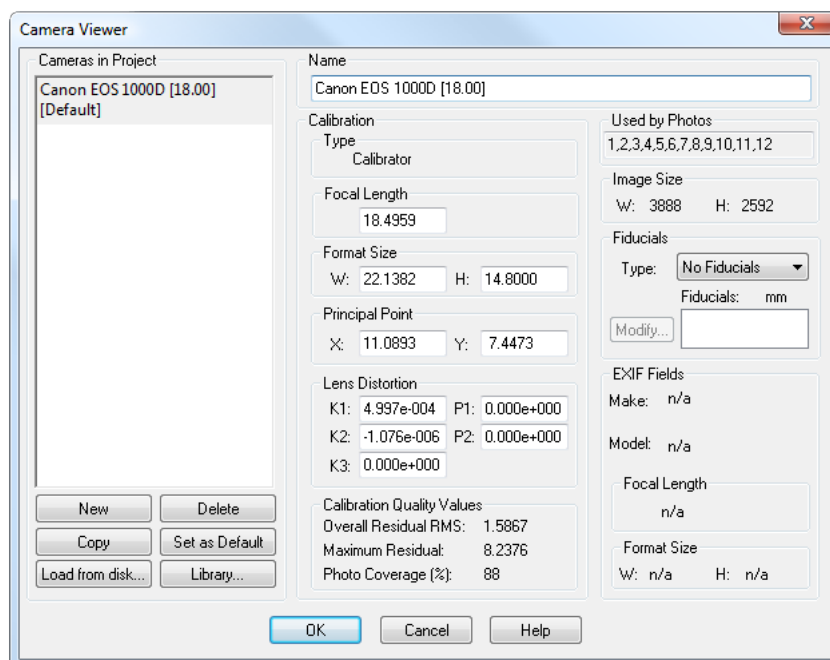
Obr. 5.7: Pořízený snímek kalibr. pole Obr. 5.8: Upravený snímek kalibr. pole

Po spuštění programu PhotoModeler Scanner byl založen nový projekt kalibrace *Getting Started.../ Camera Calibration project*. V následující nabídce byly vybrány upravené snímky kalibračního pole. Dalším krokem je zadání přibližných parametrů použitého fotografického přístroje, které se nastavují v menu *Project/Cameras/Camera*

Viewer (nastavené hodnoty pro neměřickou komoru Canon EOS 1000D jsou zobrazeny na obr. 5.9 a byly zjištěny ze zdroje [10]). Následuje spuštění samotné kalibrace, která se provede v menu *Project/Camera Calibration*. Zde se v záložce *Options* označí parametry vnitřní orientace, které se mají vypočítat a jejich odsouhlasením se kalibrace spustí. Na obrázku 5.10 je patrné, jak se výsledné hodnoty oproti vstupním datům změnilo.



Obr. 5.9: Vstupní hodnoty kalibrace neměřické komory Canon EOS 1000D [18 mm]



Obr. 5.10: Vypočtené hodnoty kalibrace neměřické komory Canon EOS 1000D [18 mm]

Založení projektu

Po spuštění programu se zobrazí úvodní obrazovka, která obsahuje rychlé odkazy na poslední otevřené projekty, založení nových projektů nebo na výuková videa a návody.

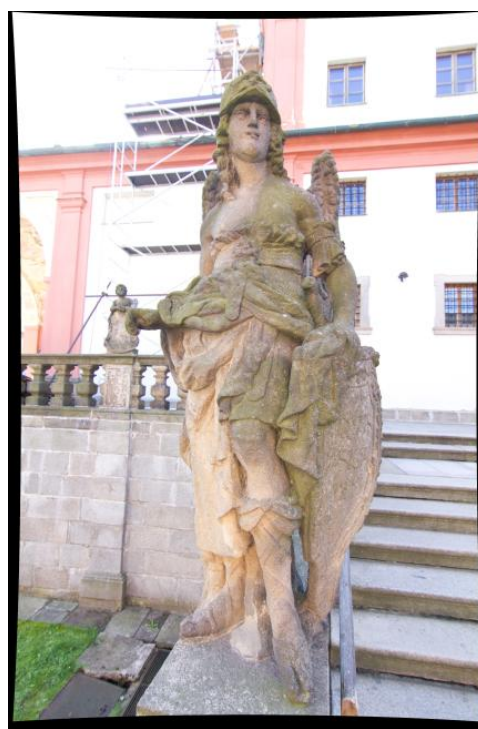
Pro tvorbu prostorového modelu za využití mračna bodů se založí projekt odkazem *Getting Started.../ Points-based project*. Následně se pomocí dialogového okna vyberou snímky, ze kterých bude model vytvořen a určí se typ fotoaparátu, kterým byly pořízeny (v nabídce se zobrazí seznam již dříve kalibrovaných fotoaparátů).

Idealizace projektu

Pro dosažení lepších výsledků při tvorbě modelu je potřeba snímky opravit o vliv distorze. To se provádí pomocí funkce *Project/Idealize Project*. Po spuštění funkce je uživatel vyzván k výběru snímků, na které se bude idealizace uplatňovat. Na základě kalibrace fotoaparátu se po spuštění procesu vybrané snímky tzv. idealizují, čímž se odstraní vliv distorze a linie, které jsou v reálu rovné, budou i na idealizovaném snímku rovné taktéž (rozdíl idealizovaného a neidealizovaného snímku je patrný z obrázků 5.11 a 5.12).



Obr. 5.11: Pořízený snímek






Obr. 5.12: Idealizovaný snímek

Idealizované snímky jsou uloženy pod novým názvem (ke stávajícímu názvu snímku je připsáno *ideal*). V projektu jsou pak zobrazeny a je pracováno pouze se snímky idealizovanými. Při případném dodatečném přidávání dalších snímků do

projektu se musí dbát na to, aby byly taktéž idealizovány a nepracovalo se současně s idealizovanými a neidealizovanými snímky.

Orientace snímků


Pro získávání prostorových souřadnic je potřebné všechny snímky naorientovat. To se provádí identifikací spojovacích bodů na všech snímcích, za využití metody průsekové fotogrammetrie. Na jednom snímku se pomocí funkce *Mark Points Mode*  označí vřícovací body, které se na dalším snímku označí pomocí *Referencing Mode*  a tím dojde k propojení snímků. Jako vřícovací body mohou být označeny jakékoliv dostatečně rozeznatelné části sochy, např. odlišně zabarvené kamínky ve struktuře objektu nebo ostré rohy. Pro zlepšení přesnosti a rychlosti určování vřícovacích bodů se však osvědčilo nalepení papírových štítků na snímkaný objekt (viz kapitola 4.1.1).

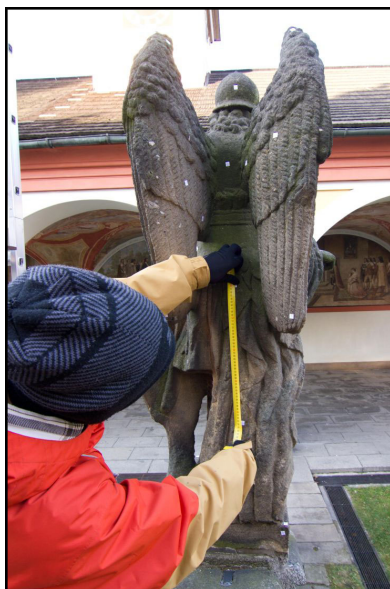
Referencovat lze najednou pouze dvojici snímků. Po propojení všech snímků se provede výpočet modelu. To se provádí funkcí *Project/Process* . Při výpočtu modelu se hlídají hodnoty, které udávají kvalitu vyhodnocení. Tyto hodnoty jsou *Largest Residual*, což je maximální chyba a *Maximum RMS*, což je tzv. zbytková chyba projektu. K výpočtu dochází během tvorby modelu několikrát a velikost těchto hodnot se musí stále kontrolovat v menu *view/Point Table - Quality*. Výpočet a orientování snímků se provádí pouze se snímky, které mají ve vlastnostech snímků u parametru *Proccesing Action* nastaveno *Use and adjust*. Další možnosti nastavení tohoto parametru jsou *Do not use in processing*, kdy body na snímku nejsou zahrnuty do výpočtu 3D modelu a parametr *Use but not adjustment*, kdy je snímek nastavený jako fixní a hodnoty se nevyrovnávají.



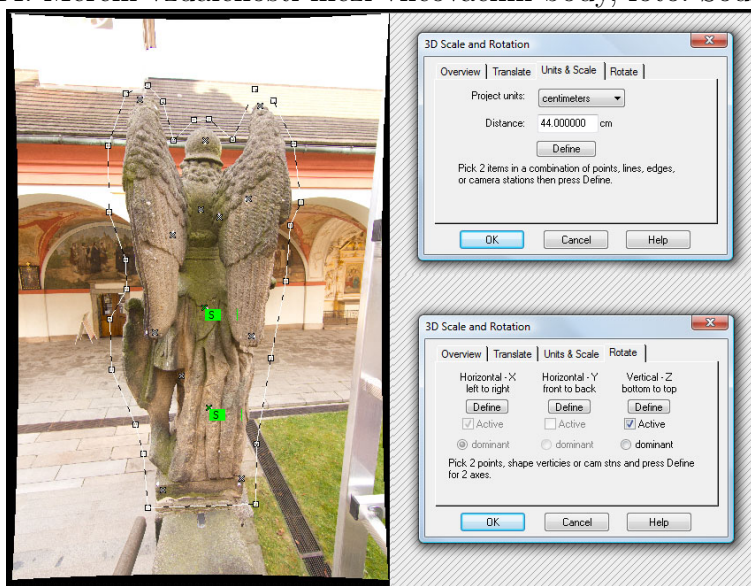
Obr. 5.13: Náhled snímků s nastavením *Use and adjust*, *Do not use in processing* a *Use but not adjustment*

Rozměr a orientace prostorového modelu

Nastavení rozměru a orientace modelu se provádí v menu *Project/Scale/Rotate* . V záložce *Units and Scale* se definuje pomocí dvou, již referencovaných bodů, vzdálenost a v záložce *Rotate* se definuje orientace projektu. Na obrázcích 5.14 a 5.15 je tento proces názorně zobrazen. Při definování orientace je důležité sledovat nápovědu a osy definovat ve správném směru (osu Z zespoda nahoru atd.)




Obr. 5.14: Měření vzdálenosti mezi vřícovacími body, foto: Soukup,2012




Obr. 5.15: Určení rozměru modelu


Tvorba mračen bodů

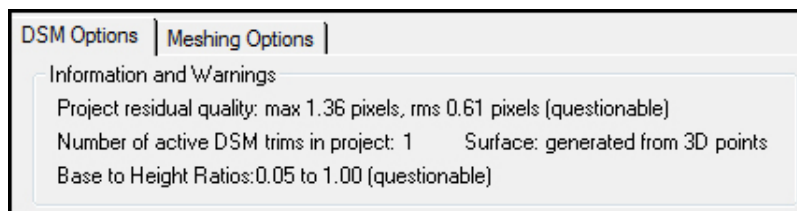
Následující kapitola je citována ze zdroje [6].

Před samotnou tvorbou mračna bodů je vhodné pomocí nástroje *Dense Surface/DSM Trim Mode*  definovat na snímku oblast, ve které se nachází vyhodnocovaný objekt.

Mračna bodů byla vytvořena metodou optických korelačních systémů. Generování mračen bodů se spouští pomocí nástroje *Dense Surface/Create Dense Surface* . Po jeho spuštění se objeví panel se dvěma záložkami, jehož prostřednictvím se nastavují kritéria pro tvorbu mračna bodů.

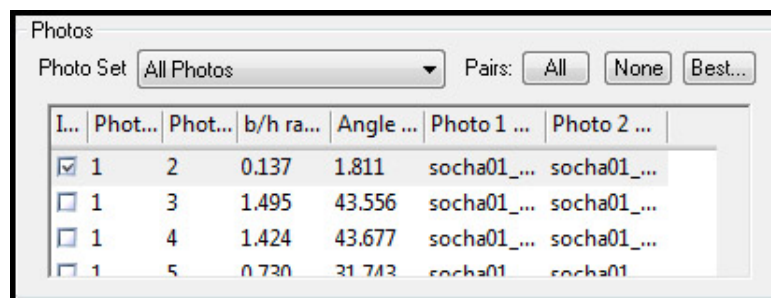
- **Create Dense Surface - záložka DSM Option**

V této záložce se definuje rozsah a citlivost „skenu“. V horní části záložky je popsána kvalita projektu (*Max Residual a RMS*), počet oblastí určených pro tvorbu mračen (*DMT Trim* ) a základnový poměr snímků stereodvojice. (viz obrázek 5.16)



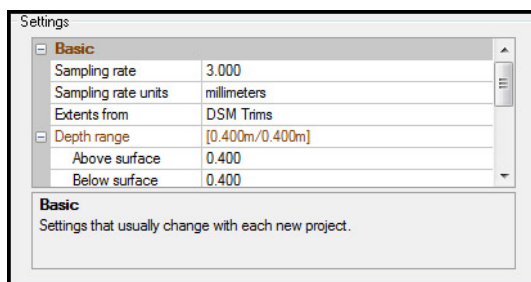
Obr. 5.16: DSM Option - horní část

V prostřední části se vybírají dvojice snímků, ze kterých se budou mračna bodů počítat. (viz obrázek 5.17)

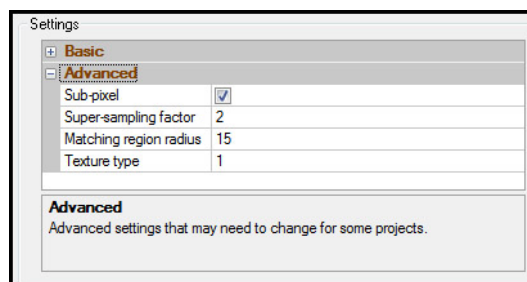


Obr. 5.17: DSM Option - prostřední část

V poslední části se definují parametry, na základě kterých je mračno generováno. Ve složce *Basic* se nastavuje rozestup bodů na povrchu objektu, oblast ze které bude mračno generováno (buď z celých snímků nebo jen z předem definovaného DSM polygonu) a vzdálenost nad a pod povrchem v rámci které bude mračno vyhodnocováno.



Obr. 5.18: DSM Option - Basic



Obr. 5.19: DSM Option - Advance

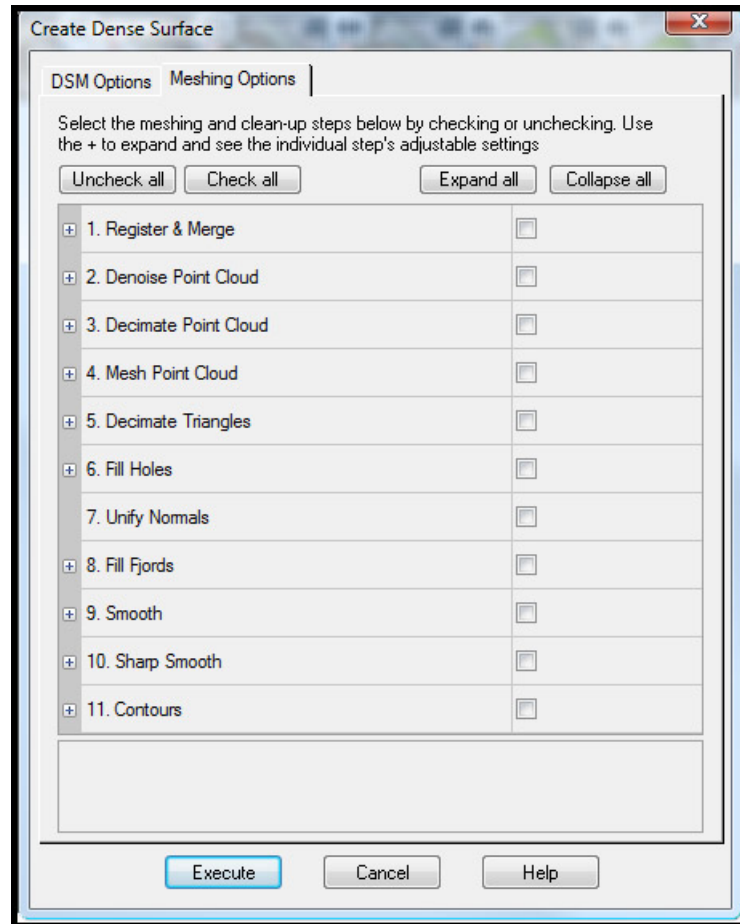
Složka *Advanced* slouží k definování povrchu vyhodnocovaného objektu (míra zvlnění, opakující se textura) a oblasti ve které dochází ke korelaci obrazu.

- **Create Dense Surface - záložka Meshing Options**

V této záložce jsou umístěny funkce sloužící k úpravě a zpracování vygenerovaného mračna bodů (vytvoření trojúhelníkové sítě, sjednocení mračen bodů, atd). Žádná funkce z této záložky však nebyla při tvorbě prostorových modelů využita. Program PhotoModeler Scanner neumožňuje okamžitý náhled dopadu použitého nástroje, proto byla mračna bodů dále zpracovávána v programu Geomagic studio, který disponuje větší škálou nástrojů a umožňuje okamžitou kontrolu nad používanou funkcí.

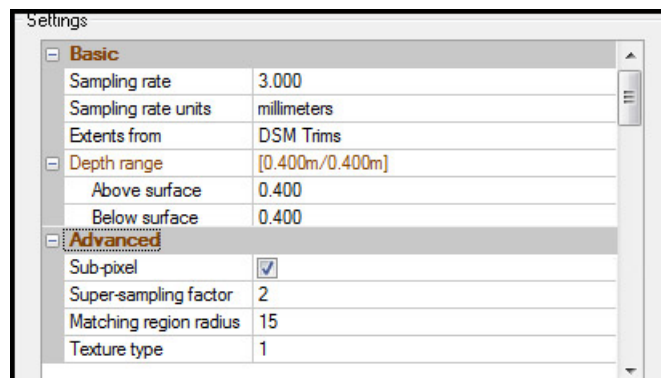
Nastavení nástroje Create Dense Surface

Při generování mračen bylo snahou docílit takového mračna, které bude obsahovat veškeré detaily povrchu vyhodnocovaného objektu a zároveň bude obsahovat minimální šum. Vygenerování takového „ideálního“ mračna bodů je však zřejmě nereálné. Pro další zpracování se osvědčilo jako nejlepší takové nastavení (viz obrázek 5.21), při kterém docházelo ke značnému výskytu šumu, ale zároveň zobrazení povrchu vyhodnocovaného objektu bylo dostatečně zahuštěné a obsahovalo veškeré detaily.



Obr. 5.20: DSM - záložka Meshing Options

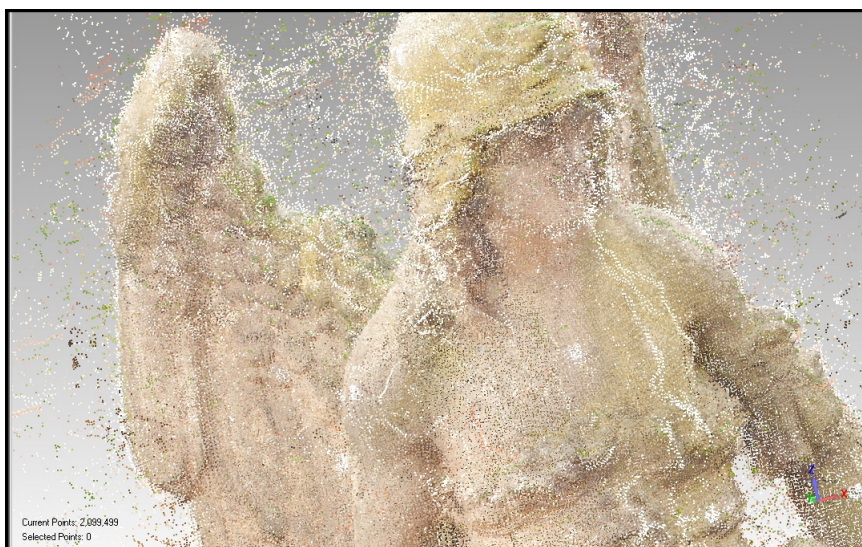
Mračno s takto velkým šumem se zdálo zprvu jako nevhodné pro další zpracování, ale po bližším prozkoumání se dal, od hustě znázorněného povrchu objektu, šum rozeznat a při následné editaci odstranit. Množství vygenerovaného šumu kolem vyhodnocovaného objektu je vidět na obrázku č. 5.22.



Obr. 5.21: Používané nastavení parametrů generování mračna bodů

Export prostorových souřadnic bodů

Jak již bylo v textu zmíněno, vygenerovaná mračna bodů byla dále zpracovávána v programu Geomagic Studio. Převod do softwaru Geomagic Studio byl zajištěn uložením prostorových souřadnic bodů (včetně informace o barvě) ve formátu TXT a následným otevřením v programu Geomagic Studio. V tabulce *View/PointMesh Table* se jednotlivě označí mračna bodů určená k exportu a nástrojem *Dense Surface/Save PointMesh...* se označená položka uloží.



Obr. 5.22: Vygenerovaná mračna bodů včetně šumu kolem vyhodnocovaného objektu

5.2.2 Geomagic Studio



V programu Geomagic Studio byl z mračen bodů vytvořen prostorový model.

Informace využitě v této kapitole byly získány ze zdrojů [6], [14] a [19].


Načtení vstupních dat


Po spuštění programu a založení nového projektu v menu *File/Open* se nahrála mračna bodů ve formátu TXT. Při načítání prostorových souřadnic bodů se prostřednictvím dialogového okna program zeptá kolik procent bodů má nahrát (z ohledem na výkon počítače nabídne doporučenou hodnotu) a v jakých jednotkách jsou prostorové souřadnice bodů.

Očištění vstupních dat


Prvním krokem při zpracování mračen bodů bylo manuální odstranění odlehlých bodů. K vybrání a odstranění bodů jsem použil nástroj *Laso*  nebo *Štětec* .

Registrace a spojení mračen bodů


Pomocí nástroje *Alignment/Global Registration*  se odstraní polohová odchylka mračen bodů. Po spuštění nástroje se objeví menu umožňující nastavení funkce. V tomto menu byla změněna pouze položka *Sample size*, která určuje velikost použitého vzorku z každého mračna. Tuto hodnotu jsem nastavil na maximální možnou, tj. 10 000. Po spuštění procesu se ve spodní části menu zobrazí průměrná a maximální hodnota posunu mračen. V mém případě byla mračna posunována cca o 3 mm.

Po globální registraci byla mračna bodů spojena v jeden celek. Spojení mračen se provádí nástrojem *Points/Combine/Combine Point Objects* . Tento nástroj nemá žádné nastavení, umožňuje pouze pojmenovat složené mračno bodů.


Očištění mračna bodů

Nástrojem *Points/Select/Disconnected Components*  se označí a následně odstraní skupiny odlehlých bodů. Tato funkce má dva parametry nastavení. Jsou to *Separation* a *Size*.

- Položka *Separation* určuje citlivost výběru bodů v závislosti na vzdálenosti od objektu. Parametr *Low* má za následek označení i méně odlehlých skupin bodů. Parametr *High* naopak označí jen velmi vzdálené skupiny bodů. Hodnota *Medium*, jak již název napovídá, je střední cestou mezi výše uvedenými parametry označení bodů.
- Parametr *Size* udává, jak musí být skupina bodů velká, aby byla označena. Hodnota je uváděna v procentech a je počítána z celého mračna bodů.

Dalším krokem je označení a smazání odlehlých bodů. K tomuto účelu je určen nástroj *Points/Select/Outliers* . Tato funkce má jedinou možnost nastavení a tou je citlivost výběru. Nastavení nižší hodnoty má za následek označení pouze více odlehlých bodů. Naopak vyšší hodnota zapříčiní označení i velmi málo odlehlých bodů. Při zpracování byl tento nástroj použit několikrát a postupně tak byly označovány a odstraňovány body, které nebyly součástí vyhodnocovaného modelu.

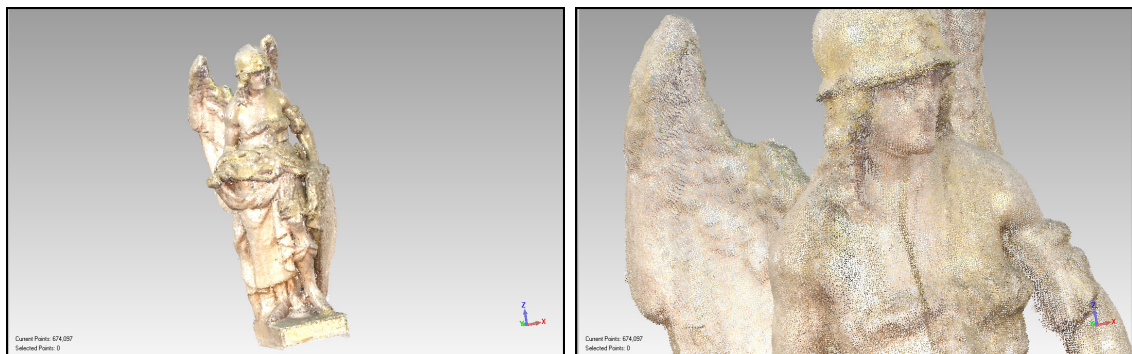
Snížení šumu

Redukování šumu má za následek, že je výsledný zasíťovaný model bez ostrých výstupků a jeho povrch je hladší. Pro snížení šumu se používá nástroj *Points/Reduce Noise* . S tímto nástrojem je potřeba pracovat obezřetně, jelikož jeho dopad může být v členitých oblastech nepříznivý. Je nutné nástroj nastavit tak, aby model vyhladil, ale zároveň zachoval všechny jeho detaily. Možnosti nastavení jsou:

- *Free-form Shapes* - Vhodný pro nepravidelné objekty bez ostrých hran.
- *Prismatic Shapes* - Zachovává ostré hrany.
- *Smoothness level* - Stanovuje míru vyhlazení.
- *Iterations* - Udává počet opakování procesu.
- *Deviation Limit* - Stanovuje maximální vzdálenost, ve které bude s bodem pohybováno.




Obr. 5.23: Neupravené mračno bodů




Obr. 5.24: Očištěné mračno bodů připravené na zasítování



Zasítování mračna


K zasítování mračna bodů se používá funkce *Points/Wrap/Wrap* . Nástroj nabízí dva režimy generování trojúhelníkové sítě s ohledem na to, zda vyhodnocovaný objekt obsahuje vnitřní části nebo ne. K tvorbě modelů soch byl využit režim *Surface*, tedy režim, který nepočítá s body uvnitř modelu.

Nástroj *Wrap* disponuje mnohem více možnostmi nastavení, ty však nebyly využity. Všechny tyto funkce je totiž možné později provádět postupně, pomocí dalších nástrojů (např. *Relax* nebo *Remove Spikes*).



Odstranění chyb

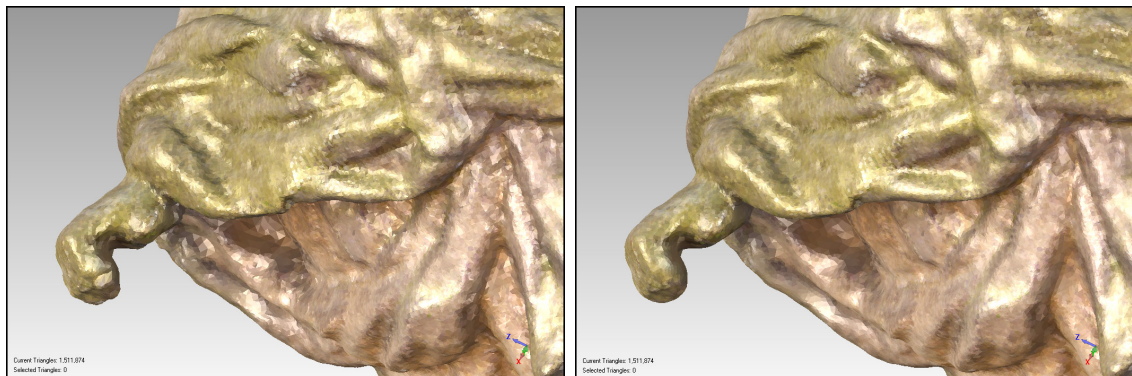
Všechny modely po zasítování obsahovaly mnoho drobných chyb. Jednalo se o díry, ostré vrcholy, volné konce nebo průsečíky trojúhelníků. K odstranění těchto chyb je v programu Geomagic Studio několik nástrojů. Jako první byl využit nástroj *Polygons/Mesh Doctor* , který automaticky opraví velké množství chyb.

Chyby, které nebyly odstraněny nástrojem *Warp*, byly odstraněny manuálně. Volné konce byly nástrojem *Laso*  nebo *Štětec*  označeny a následně odstraněny.

Dalším krokem bylo vyplnění děr, které se provádí funkcí *Polygons/Fill Holes/Fill Single* . Tento nástroj disponuje třemi režimy vyplnění děr. První režim umožňuje zaplnění celé díry, druhý vyplní díru jen částečně a třetí vytváří přes danou díru most.

Vyhlazení modelu

Dalším krokem bylo vyhlazení modelu, na které byly použity dva nástroje. Prvním z nich byl nástroj *Polygons/Smooth/Remove Spikes* , který z modelu odstranil ostré vrcholky. Druhou funkcí využitou při vyhlazení byla funkce *Polygons/Smooth/Relax* , která odstranila poslední zbytky šumu. Jak se povrch modelu použitím těchto nástrojů změnil je patrné z obrázku 5.25.



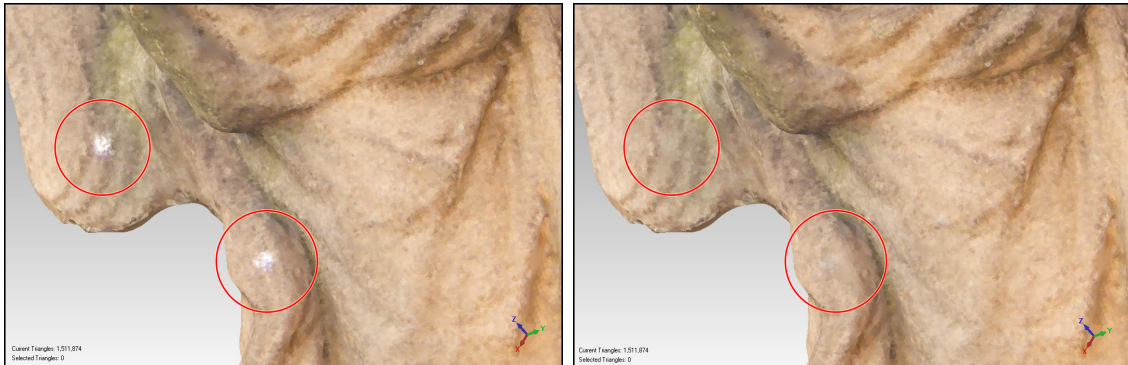
Obr. 5.25: Povrch modelu před a po aplikování nástrojů *Relax* a *Remove Spikes*

Úprava textury

Posledním krokem při tvorbě prostorového modelu bylo zamaskování bílých signaliizačních značek, které byly na sochy umístěné z důvodu lepší identifikace vřícovacích bodů.

Úprava barev textury se provádí nástrojem *Tools/Colors/Edit Colors*. Funkce pracuje v několika režimech. Pro zamaskování značek byl nejprve použit režim *Pick Color*, který funguje jako kapátko, kterým se identifikuje barva v blízkosti značky,

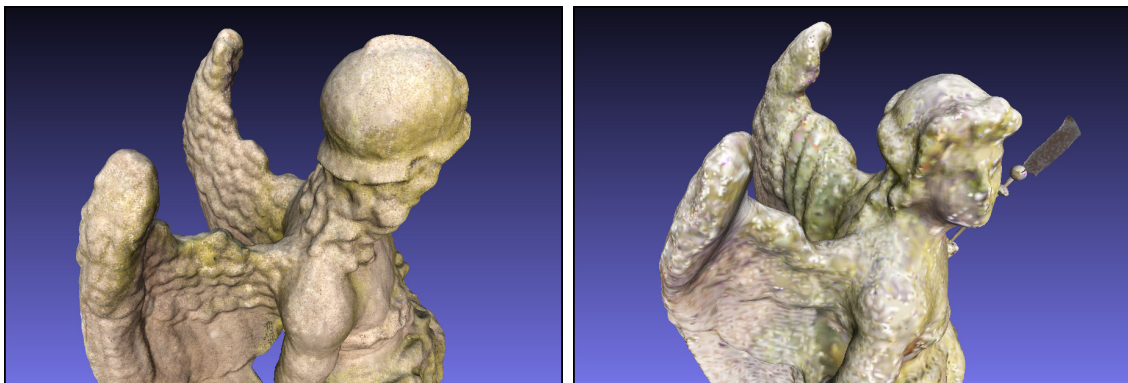
nastaví se jako aktivní a následně se v režimu *Blend* touto barvou překryje bílá značka. Výsledek maskování je patrný z obrázku 5.26.



Obr. 5.26: Vyznačení textury se signalizační značkou před a po zamaskování

5.2.3 Postřehy ze zpracování

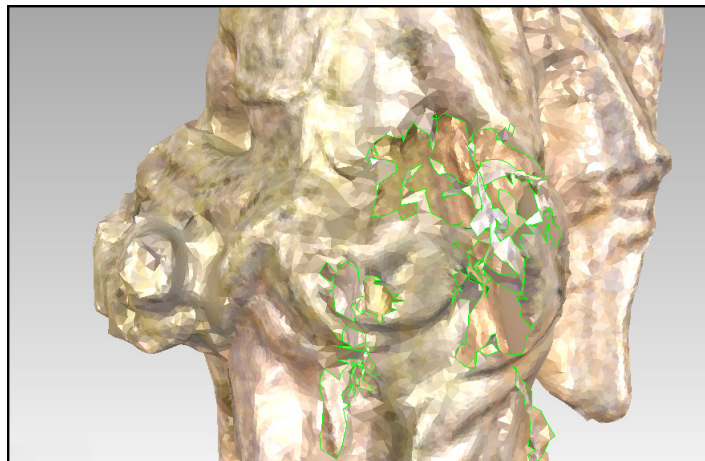
V rámci testování využití metody optických korelačních systémů byla každá socha snímkována trochu odlišným způsobem. Při snímkování první sochy bylo dbáno na dodržení ideální délky základny, zatímco u snímkování druhé sochy bylo toto pravidlo zanedbáno a maximální povolená délka byla překročena (v některých případech i dvojnásobně). Experiment ukázal, že je možné zpracovat i takto nevhodně pořízené snímky, ale kvalita výsledného modelu je značně snížena (viz obrázek 5.27).



Obr. 5.27: Rozdíl ve výsledném modelu při dodržení pravidel pro snímkování metodou OKS a při porušení předpisu pro maximální délku základny

V rámci dalšího experimentu jsem se pokusil pomocí programů PhotoModeler Scanner a Geomagic Studio vytvořit prostorový model ze snímků určených pro zpracování volně dostupnými programy (Hypr3D a 123D Catch). Stereodvojice byly

tvořeny pomocí všech kombinací sousedních snímků (v horizontálním i vertikálním směru). Prostorový model se však vůbec nepodařilo vytvořit. Rozpracovaný model je zobrazen na obrázku 5.28. Výrazné zkvalitnění výsledků a urychlení orientace



Obr. 5.28: Náhled modelu vytvořeného ze snímků určených pro zpracování volně dostupnými programy

snímků přineslo nalepení signalizačních terčů na vyhodnocované sochy. Pro dosažení kvalitních výsledků je jasně zřetelná signalizace vlíčovacích bodů nezbytná.

Zpracování prostorového modelu pomocí kombinace programů PhotoModeler Scanner a Geomagic Studio je poměrně časově náročné, ale při dodržení výše zmíněných postupů také kvalitní a geometrická věrnost výsledného modelu umožňuje získání reálné představy o podobě vyhodnocovaného objektu.

Při identifikaci vlíčovacích bodů a následně i vyhodnocování podrobných bodů se projevil rozdíl mezi využitými fotoaparáty. Snímky z neměřické komory Canon EOS 550D s objektivem Tokina AT-X 116 PRO umožňovaly díky většímu rozlišení přesnější určení bodů.

Závěr

V rámci této diplomové práce byly vytvořeny prostorové modely vybraných soch z areálu Svaté Hory u Příbrami. K tvorbě modelů bylo využito odlišného vybavení a metod. Hlavním cílem diplomové práce je porovnání těchto postupů i výsledných prostorových modelů. Poznatky a popsané postupy v této práci by měly v budoucnu sloužit jako užitečné informace při tvorbě prostorových modelů ostatních soch v areálu Svaté Hory.

Snímkování soch v tomto areálu je poměrně komplikované. Postup snímkování je podrobně popsán v kapitole 4. U vybraných soch se jako časově méně náročná varianta ukázala metoda snímkování pomocí průsekové fotogrammetrie. Tento fakt je však ovlivněn využitím rozdílného vybavení. Při pořizování snímků metodou průsekové fotogrammetrie byl využíván dvojitý žebřík, zatímco snímkování stereodvojice bylo prováděno z mobilního lešení, se kterým byla manipulace časově náročnější.

Při následném vytváření modelů pomocí volně dostupných programů byly testovány dva softwary. Prvním z nich je Hypr3D, který však na základě testování pro tvorbu prostorových modelů nedoporučuji. Práce s ním je sice velmi jednoduchá a vytvoření modelu rychlé, ale výsledky jsou nekvalitní a program neumožňuje žádné nastavení ani úpravu modelu. Druhým testovaným programem z této kategorie je 123D Catch od společnosti Autodesk. S rychlým připojením k internetu zabere vytvoření prostorového modelu řádově jen několik minut. Program následně umožňuje další úpravy prostorového modelu. Jedinou nevýhodou programu 123D Catch je jeho nestabilita. Během testování program několikrát přestal komunikovat. Vytvořené modely jsou geometricky dostatečně věrné a program umožňuje export do několika rozšířených formátů (např. *dwg* nebo *obj*), přičemž jejich velikost nepřesáhla 20 MB. Jsou tak vhodné k doplnění prostorového modelu celého areálu Svaté Hory, který byl již v rámci dřívějších diplomových prací vytvořen v programu Google SketchUp.

Další modely byly vytvořeny komerčními programy PhotoModeler Scanner a Geomagic Studio, které disponují velkým množstvím nástrojů a možnostmi nastavení (celý postup zpracování včetně popisu jednotlivých nástrojů je uveden v kapitole

5.2). Vytvoření prostorového modelu pomocí kombinace výše zmíněných programů je časově podstatně náročnější než u programů volně dostupných. Tvorba modelu zabrala řádově desítky hodin. Výsledný model je však geometricky velmi věrný a umožňuje získání reálné představy o vyhodnocovaném modelu včetně všech detailů, děr a záhybů, které se na sochách vyskytují. Jediným negativem takto vytvořeném modelu je jeho velikost, která se pohybuje okolo 80 MB.

Ideální konfigurace vybavení a metody nelze jednoznačně určit. V případě, že má model sloužit pro doplnění celkového prostorového modelu Svaté Hory a jeho úlohou je poskytnutí informací o velikosti, vizuální podobě a geometrickém členění znázorněné sochy, je zbytečné používat drahé komerční programy. Pro splnění těchto požadavků je ideálním řešením kombinace jakékoliv digitální zrcadlovky s širokoúhlým objektivem (např. mnou využitý objektiv Tokina AT-X 116 PRO) a programu 123D Catch, který je volně ke stažení. Testovaná kombinace fotoaparátu Canon EOS 550D, objektivu Tokina AT-X 116 PRO a programů PhotoModeler Scanner a Geomagic Studio má uplatnění v případě, že by výsledné modely měly sloužit například pro restaurátorské práce.

Použité zdroje

- [1] KRATINHOVÁ, Zuzana. *Tvorba a prezentace prostorových modelů soch* Praha, 2012. Diplomová práce. FSV ČVUT v Praze Dostupné z URL: <<http://geo3.fsv.cvut.cz/~soukup/dip/kratinohova/kratinohova.pdf>>.
- [2] mapový server: *WWW stránky, Mapy.cz* [online]. 2011 [cit. 2012-12-17]. Dostupné z URL: <<http://www.mapy.cz>>.
- [3] webové fotoalbum Rajče: *Rajce.net*[online]. 2011 [cit. 2012-12-17]. Dostupné z URL: <http://lba.rajce.idnes.cz/Hrazany_a_Svata_Hora_2.-3.4.2011/#005-Svata_Hora.jpg>.
- [4] Historie - Svatá Hora: *Svatá Hora*[online]. 2011 [cit. 2012-12-17]. Dostupné z URL: <<http://http://svata-hora.cz/cz/2/historie>>.
- [5] Svatá Hora: *Wikipedia: the free encyclopedia* San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2012, 2012-12-01 [cit. 2012-12-13]. Dostupné z URL: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Svat%C3%A1_hora>.
- [6] PETŘÍK, Jan. *Měřická dokumentace kaple sv. Šimona Stylity - Čihadla (okres Nymburk)* Praha, 2011. Bakalářská práce. FSV ČVUT v Praze Dostupné z URL: <<http://gama.fsv.cvut.cz/~cepek/proj/bp/2011/jan-petrik-bp-2011.pdf>>.
- [7] Kolektiv. *Fotogrammetrie 1, 2: Praktická cvičení*. Dotisk prvního vydání. Praha: ČVUT, 2007. 163 s.
- [8] PAVELKA, Karel. *FOTOGRAMMETRIE 10*. druhé přepracované vydání. Praha: ČVUT, 2003. 191 s. ISBN 80-01-02649-3.
- [9] Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí *Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí*[online]. 2005- 2012 [cit. 2012-12-17]. Dostupné z URL: <<http://www.vugtk.cz/slovník>>.
- [10] Canon Czech Republic *Canon Czech Republic- Produkty a řešení* [online]. 2012. [cit. 2012-12-17]. Dostupné z URL: <<http://www.canon.cz>>.

- [11] Tokina | Digital Eyes *Tokina Lens* [online]. 2012. [cit. 2012-12-17]. Dostupné z URL: <<http://www.tokinalens.com/tokina/products/atxpro/atx116prodx/>>.
- [12] Aputure *Aputure Limited - Gigtube Wireless Digital Viewfinder* [online]. 2012. [cit. 2012-12-17]. Dostupné z URL: <http://www.aputure.com/en/product/gigtube_wireless_digital_viewfinder.php>.
- [13] PhotoModeler *PhotoModeler Scanner - 3D Scanner for dense surface 3d scanning* [online]. 2011 [cit. 2011-05-02]. Dostupné z URL: <<http://www.photomodeler.com/products/pm-scanner.htm>>.
- [14] Geomagic Studio *Geomagic Studio: Rapidly Create 3D CAD Surface Models from 3D Point Cloud and Scanner Data* [online]. 2011 [cit. 2011-05-20]. Dostupné z URL: <<http://www.geomagic.com/en>>.
- [15] Ekvivalentní ohnisková vzdálenost: *Wikipedia: the free encyclopedia* San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2012, 2006-09-10 [cit. 2012-12-13]. Dostupné z URL: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ekvivalentn%C3%AD_ohniskov%C3%A1_vzd%C3%A1lenost>.
- [16] Learn 123D Catch *How to Catch*[online]. 2012 [cit. 2012-12-15]. Dostupné z URL: <<http://www.123dapp.com/howto/catch>>.
- [17] Tutorials Hypr3D *Hypr3D - Help*[online]. 2012 [cit. 2012-12-15]. Dostupné z URL: <<http://www.hypr3d.com/tutorials>>.
- [18] *Nápověda programu PhotoModeler Scanner*
- [19] *Nápověda programu Geomagic Studio 11*

Seznam obrázků

1.1	Poloha Svaté Hory, zdroj [2]	10
1.2	Pohled na areál Svaté Hory, foto [3]	11
1.3	Pohled na pravou část severní terasy	12
2.1	Schéma průsekové fotogrammetrie	15
2.2	Normální případ stereofotogrammetrie, zdroj [8]	16
3.1	Canon EOS 1000D, zdroj [10]	18
3.2	Canon EF-S 18-55mm f/3,5-5,6 II, zdroj [10]	19
3.3	Canon EOS 550D, zdroj [10]	20
3.4	Tokina AT-X 116 PRO, zdroj [11]	21
3.5	Pracovní prostředí PhotoModeler Scanner	22
3.6	Pracovní prostředí Geomagic Studio	23
3.7	Prostředí Autodesk 123D Catch	24
3.8	Prostředí Hypr 3D	25
3.9	rádiová spoušť s displejem Gigtube Wireless GWII-C3 [12]	26
3.10	Snímkování z mobilního hliníkového lešení, foto: Soukup, 2012	26
4.1	Snímkování metodou průsekové fotogrammetrie, foto Soukup, 2012	28
5.1	Ukázka nevhodně vyhodnoceného modelu	34
5.2	Úvodní obrazovka programu 123D Catch	35
5.3	Pracovní prostředí programu 123D Catch	36
5.4	Orientovaný snímek	38
5.5	Chybně orientovaný snímek	38
5.6	Schéma rozložení stanovisek při snímkování rovinného kalibračního pole	40
5.7	Pořízený snímek kalibr. pole	40
5.8	Upravený snímek kalibr. pole	40
5.9	Vstupní hodnoty kalibrace neměřické komory Canon EOS 1000D [18 mm]	42
5.10	Vypočtené hodnoty kalibrace neměřické komory Canon EOS 1000D [18 mm]	42
5.11	Pořízený snímek	43

5.12	Idealizovaný snímek	43
5.13	Náhled snímků s nastavením <i>Use and adjust, Do not use in processing</i> a <i>Use but not adjustment</i>	44
5.14	Měření vzdálenosti mezi vlíčovacími body, foto: Soukup,2012	45
5.15	Určení rozměru modelu	45
5.16	DSM Option - horní část	46
5.17	DSM Option - prostřední část	46
5.18	DSM Option - Basic	47
5.19	DSM Option - Advance	47
5.20	DSM - záložka Meshing Options	48
5.21	Používané nastavení parametrů generování mračna bodů	48
5.22	Vygenerovaná mračna bodů včetně šumu kolem vyhodnocovaného ob- jektu	49
5.23	Neupravené mračno bodů	52
5.24	Očištěné mračno bodů připravené na zasíťování	52
5.25	Povrch modelu před a po aplikování nástrojů <i>Relax</i> a <i>Remove Spikes</i>	53
5.26	Vyznačení textury se signalizační značkou před a po zamaskování	54
5.27	Rozdíl ve výsledném modelu při dodržení pravidel pro snímkování metodou OKS a při porušení předpisu pro maximální délku základny	54
5.28	Náhled modelu vytvořeného ze snímků určených pro zpracování volně dostupnými programy	55

Seznam příloh

A	Obsah DVD	63
B	Náhledy prostorových modelů	64
B.1	Prostorové modely vytvořené komerčními programy	64
B.2	Prostorové modely vytvořené volně dostupnými programy	68

A Obsah DVD

- **Kalibrace**

- **Canon EOS 1000D [18 mm]** - projekt kalibrace ve formátech TXT a PMR
- **Canon EOS 550D [11 mm]** - projekt kalibrace ve formátech TXT a PMR

- **MeshLab_v132**

- MeshLabv_132.EXE - instalační soubor programu MeshLab

- **Prostorove modely**

- **Prusekova ftg**

- **123D Catch** - modely ve formátech MTL, OBJ, DWG a 3DP vytvořené v programu 123D Catch
- **Hypr3D** - modely ve formátech DAE a STL vytvořené v programu Hypr3D
- **Komerční programy** - modely ve formátech WRP, PMR, OBJ, PDF a mračna bodů ve formátu TXT

- **Stereofotogrammetrie**

- **OBJ** - modely ve formátu OBJ
- **PDF** - modely ve formátu PDF
- **PMR** - modely ve formátu PMR
- **TXT** - mračna bodů ve formátu TXT
- **WRP** - modely ve formátu WRP

DP_Petrik.PDF - text diplomové práce ve formátu PDF

B Náhledy prostorových modelů

B.1 Prostorové modely vytvořené komerčními programy

- Přístrojové vybavení: Canon EOS 550D + Tokina AT-X 116 PRO
- Byla dodržena pravidla pro snímkování metodou OKS



- Přístrojové vybavení: Canon EOS 1000D + Canon EF-S 18-55mm f/3,5-5,6 II
- Byla dodržena pravidla pro snímkování metodou OKS



- Přístrojové vybavení: Canon EOS 550D + Tokina AT-X 116 PRO
- Nebylo dodrženo pravidlo stanovující minimální a maximální délku základny pro snímkování metodou OKS



- Přístrojové vybavení: Canon EOS 1000D + Canon EF-S 18-55mm f/3,5-5,6 II
- Nebylo dodrženo pravidlo stanovující minimální a maximální délku základny pro snímkování metodou OKS



B.2 Prostorové modely vytvořené volně dostupnými programy

- Využitý program: Autodesk 123D Catch
- Přístrojové vybavení: Canon EOS 1000D + Canon EF-S 18-55mm f/3,5-5,6 II



- Využitý program: Hypr3D
- Přístrojové vybavení: Canon EOS 1000D + Canon EF-S 18-55mm f/3,5-5,6 II

