

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

3D MODELOVÁNÍ V PROSTŘEDÍ PHOTOMODELER
SCANNER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

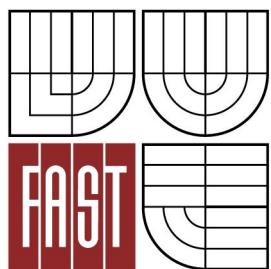
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

GABRIELA RÁCZOVÁ

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

3D MODELOVÁNÍ V PROSTŘEDÍ PHOTOMODELER SCANNER

3D MODELING IN PHOTOMEDELER SCANNER ENVIRONMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RÁCZOVÁ GABRIELA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. VLASTIMIL HANZL, CSc.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie a kartografie
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Gabriela Ráčzová
Název	3D modelování v prostředí Photomodeler scanner
Vedoucí bakalářské práce	doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce	24. 5. 2013
V Brně dne 30. 11. 2012	

.....
doc. Ing. Josef Weigel, CSc.

Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.

Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Manuál PhotoModeler Scanner

Hanzl V.: Fotogrammetrie, Modul 01, Teoretické základy fotogrammetrie, Fakulta stavební VUT v Brně, 2006, 101 str.

Zásady pro vypracování

Pro tvorbu 3D modelu přemostění a částí objektů stavební fakulty na ulici Rybkova použijte obecně orientované snímky. Zpracujte je v prostředí PhotoModeler Scanner. Při určování vlíčovacích bodů zaměřte dostatečné množství kontrolních bodů pro analýzu přesnosti 3D modelu.

Předepsané přílohy

.....

doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.

Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Náplní této bakalářské práce je tvorba 3D modelu přemostění částí objektů stavební fakulty na ulici Rybkova. K vytvoření 3D modelu byla použita metoda blízké fotogrammetrie. Vlícovací body byly určeny protínáním z úhlů a souřadnice vypočteny v geodetickém programu. Objekt byl nasnímkován pomocí neměřické kamery Nikon COOLPIX L810. Pro zpracování snímků byl použit program PhotoModeler Scanner.

Abstract

Purpose of this thesis is to create a 3D model of the bridge between buildings of Faculty of Civil Engineering on the street Rybkova. The 3D model was created by method close range photogrammetry. Ground control points were determined intersection and the coordinates were calculated. Photos of building were taken by camera Nikon COOLPIX 810. For processing of the photos were use a program PhotoModeler Scanner.

Klíčová slova

Blízká fotogrammetrie, 3D model, vlícovací bod, PhotoModeler Scanner, přemostění, FAST

Keywords

Close range photogrammetry, 3D model, control point, PhotoModeler Scanner, bridge, FAST

Bibliografická citace VŠKP

RÁCZOVÁ, Gabriela. *3D modelování v prostředí PhotoModeler Scanner*. Brno, 2013. 43 s., 45 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24.května 2013

.....
podpis autora
Gabriela Rácová

Poděkování:

Děkuji doc. Ing. Vlastimilu Hanzlovi, CSc. za pomoc, ochotu a cenné rady při zpracovávání bakalářské práce. Zároveň děkuji mojí rodině, která mě podporovala během celého studia.

V Brně, dne 24. května 2013

OBSAH:

1	ÚVOD.....	11
1.1	Fotogrammetrie.....	11
1.2	Cíle práce	11
2	BLÍZKÁ FOTOGRAMMETRIE	13
2.1	Průseková fotogrammetrie.....	13
2.1.1	Matematický základ.....	14
2.2	Přesnost určení souřadnic bodů	14
2.2.1	Geometrické faktory	14
2.2.2	Negeometrické faktory	15
2.3	Zásady snímkování	15
2.3.1	Geometrická pravidla.....	15
2.3.1.1	<i>Definování souřadnicového systému</i>	<i>15</i>
2.3.1.2	<i>Konfigurace snímků při fotografování.....</i>	<i>16</i>
2.3.1.3	<i>Pořízení stereodvojic snímků.....</i>	<i>16</i>
2.3.2	Fotografická pravidla.....	16
2.3.2.1	<i>Geometrické parametry snímkování</i>	<i>16</i>
2.3.2.2	<i>Podmínky při pořizování snímků</i>	<i>17</i>
2.3.2.3	<i>Výběr fotografické kamery.....</i>	<i>17</i>
2.3.3	Organizační pravidla.....	17
2.3.3.1	<i>Vyhotovení kvalitních náčrtů</i>	<i>17</i>
2.3.3.2	<i>Zpracování protokolů</i>	<i>17</i>
2.3.3.3	<i>Závěrečná kontrola</i>	<i>18</i>
3	OBJEKT	19
4	PŘÍPRAVNÉ PRÁCE	20
4.1	Rekognoskace lokality	20
4.2	Návrh snímkování.....	20
4.3	Volba vlíčovacích bodů	20
5	PRÁCE V TERÉNU.....	21
5.1	Přístroje a pomůcky	21

5.1.1	Totální stanice.....	21
5.1.2	Neměřická kamera	22
5.2	Měřická síť	23
5.3	Zaměření vřicovacích bodů.....	23
5.4	Snímkování objektu	24
6	VÝPOČETNÍ PRÁCE.....	25
6.1	Výpočet souřadnic měřické sítě.....	25
6.2	Výpočet souřadnic vřicovacích bodů.....	25
7	TVORBA 3D MODELU.....	27
7.1	Program PhotoModeler Scanner	27
7.1.1	Pracovní prostředí PhotoModeleru	27
7.2	Postup při tvorbě 3D modelu	28
7.2.1	Založení projektu	29
7.2.2	Definování parametrů kamery	29
7.2.3	Import.....	30
7.2.3.1	<i>Import snímků</i>	30
7.2.3.2	<i>Import vřicovacích bodů</i>	31
7.2.4	Měření, referencování a tvorba drátového modelu	32
7.2.4.1	<i>Měření vřicovacích, navazovacích a podrobných bodů</i>	32
7.2.4.2	<i>Referencování</i>	33
7.2.4.3	<i>Tvorba drátového modelu</i>	33
7.2.5	Výpočet.....	34
7.2.6	Tvorba ploch	35
7.2.7	Export výsledného modelu	37
7.3	Analýza dosažené přesnosti	37
8	ZÁVĚR.....	40
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	41
10	SEZNAM OBRÁZKŮ TABULEK A GRAFŮ	42
11	SEZNAM PŘÍLOH.....	43
12	PŘÍLOHY.....	44

1 ÚVOD

1.1 Fotogrammetrie

Fotogrammetrie je metoda pro získání geometrických, radiometrických a sémantických informací o objektu z dvourozměrných většinou digitálních snímků. Výsledkem zpracování dat jsou tzv. primární produkty, do kterých řadíme parametry orientace snímků, prostorové souřadnice bodů, vektorové informace, ortofotosnímky. Z těchto primárních produktů mohou být dalším zpracováním získány sekundární produkty, jako například ortofotomapy, digitální model terénu, digitální vektorové mapy, 3D modely nebo data pro GIS.

Základní dělení fotogrammetrie je podle polohy stanoviště. Podle tohoto hlediska ji lze dělit na leteckou a pozemní.

Při letecké fotogrammetrii je zpravidla snímkovací zařízení umístěno na letadle nebo jiném pohyblivém se zařízení. Nespornou výhodou je, že zobrazovaná plocha zájmového území je opravdu velká. Letecká fotogrammetrie se nejvíce využívá při mapování ve středním měřítku nebo tematickém mapování ve velkém měřítku. Je nenahraditelná v těžko přístupných nebo zcela nepřístupných oblastech, kde jiná měřická metoda nelze použít.

U blízké fotogrammetrie se snímání provádí zpravidla z nepohyblivého stanoviště, které se nachází na povrchu Země. Snímávaný objekt se většinou nachází ve vzdálenosti 0,1 – 300m. Tato metoda má v dnešní době hojně využití. Uplatňuje se například ve stavebnictví, zejména pro vyhotovení výkresů fasád, měření sesuvů, vyhotovování digitálních modelů terénu a povrchu nebo pro rekonstrukci výkresové dokumentace poškozeného objektu z archivních snímků. Další uplatnění nachází v archeologii při mapování nálezů, v medicíně či v kriminalistice.[1]

1.2 Cíle práce

Předmětem této bakalářské práce je tvorba 3D modelu přemostění mezi budovami fakulty stavební na ulici Rybkova. První etapa prací probíhala v terénu. Bylo potřeba daný

objekt nasnímkovat a provést geodetické zaměření vlíčovacích bodů. V další etapě proběhlo kancelářské zpracování získaných dat v softwaru PhotoModeler Scanner.

Samotná bakalářská práce je členěna do několika kapitol, kde se postupně věnuji přípravným pracím, pracím v terénu, popisu modelovaného objektu a následnému kancelářskému zpracování, které zahrnuje výpočetní práce a vyhotovení prostorového modelu. Na závěr je provedena analýza dosažené přesnosti výsledného modelu.

Cílem této práce je vytvoření 3D modelu zadaného objektu s reálnými i umělými texturami a rozbor dosažené přesnosti.

2 BLÍZKÁ FOTOGRAMMETRIE

Blízká (pozemní, terestrická) fotogrammetrie je na rozdíl od té letecké mnohem méně náročná na technické i fotografické vybavení. Je možno exponovat delšími expozičními časy a není tolik náročná na stav počasí. Zpracování snímků probíhá v příznivých kancelářských podmínkách. [2]

Nedostatkem blízké fotogrammetrie je, že jednotlivé předměty měření jsou vzájemně překrývány a snímek obsahuje často značnou část nevyhodnotitelných oblastí (zakrytých prostor). Další podstatnou vadou je přesnost měření v prostorové složce (vzdálenost k objektu), která ubývá se čtvercem vzdálenosti. Zejména z tohoto důvodu se pozemní fotogrammetrie hodí pro objekty, které jsou přibližně ve stejné vzdálenosti, jako jsou například fasády domů, strmé břehy říčních koryt, stěny lomů, skály apod.

Dosah pozemní fotogrammetrie závisí na snímkovacím zařízení. Běžně se udává dosah desítky metrů, v extrémních případech to může být až 500m. V poslední době nacházejí speciální aplikace blízké fotogrammetrie uplatnění v mnoha oborech, jako jsou například lékařství, strojírenství, design, kriminalistika, archeologie nebo stavitelství.[3]

2.1 Průseková fotogrammetrie

Je to část blízké fotogrammetrie, která se zabývá zjišťováním geometrických vlastností zkoumaných objektů, na základě fotografických nebo digitálních snímků, jejichž osy záběru jsou pořízeny pod konvergentním úhlem.

Pro vyhodnocení snímků je důležité pořídit dostatečný počet těchto snímků v závislosti na velikosti a složitosti objektu. Na snímky je kladen požadavek dostatečného překrytu a možnosti identifikace spojovacích bodů. Dále je nutné na objektu zaměřit geodetickými nebo jinými metodami, například oměrnými, dostatečný počet vlíčovacích bodů.

V současnosti probíhá vyhodnocení snímků pouze analytickou cestou. Nejrozšířenější software v tomto odvětví blízké fotogrammetrie je program Photomodeler.[3]

2.1.1 Matematický základ

Současné metody vyhodnocování snímků průsekové fotogrammetrie jsou založeny na starých principech průsekové fotogrammetrie. V podstatě se jedná o úlohu protínání vpřed z úhlů, která je řešena prostřednictvím měřických snímků.

Jak už bylo řečeno, veškeré fotogrammetrické práce spočívají v pořízení dostatečného počtu překrývajících se konvergentních snímků, které obepínají celý objekt. Je vhodné si před samotným snímkováním vyhotovit náčrt se stanovisky, ze kterých bude objekt snímkován. Dále je nutné zaměřit vhodný počet vlíčovacích bodů. Běžně se na menších a jednoduchých objektech zaměřuje šest až deset plných vlíčovacích bodů (body o všech třech souřadnicích).

Nutnou podmínkou je změřit na snímcích spojovací body, které slouží pro vzájemné propojení snímků. Výpočet využívá blokové vyrovnání ve tvaru:

$$\begin{pmatrix} x' & -x'_0 & -dx \\ z' & -z'_0 & -dz \\ & -f & \end{pmatrix} = mR^T \begin{pmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{pmatrix}$$

Pro vyrovnání je potřeba tento vztah linearizovat a převést na rovnice oprav a dále na systém normálních rovnic, případně zavést váhy jednotlivých měření.[3]

2.2 Přesnost určení souřadnic bodů

Přesnost určení souřadnic bodů v blízké fotogrammetrii závisí na geometrických a negeometrických faktorech.

2.2.1 Geometrické faktory

- 1) Měřítka snímku – je dáno konstantou kamery (ohniskovou vzdáleností) a vzdáleností projekčního centra od objektu. Čím větší měřítko snímku, tím větší přesnost.
- 2) Velikost úhlu, pod kterým se paprsky protnou - optimální úhel protnutí paprsků je 50° - 60°, pro dobrou identifikaci a měření bodů je žádoucí, aby osa terče (bodu) svírala s paprskem úhel ne větší jak 30°.

- 3) Rozmístění vlíčovacích bodů – vlíčovací body musí obklopovat rovnoměrně celý prostor s objektovými body, v opačném případě přesnost klesá.
- 4) Geometrie snímkování – největší přesnost dosáhneme, pokud v blízké fotogrammetrii použijeme konvergentní snímkování z více stanovisek.[1]

2.2.2 Negeometrické faktory

- 1) Matematický model pro odstranění systematických chyb, zejména zkreslení objektivu.
- 2) Přesnost měření snímkových souřadnic.
- 3) Počet snímků z jednoho stanoviska
- 4) Tvar a osvětlení bodů – u signalizovaných bodů se doporučuje symetrický terč, jehož velikost je u digitálních kamer alespoň 5-10 pixelů.
- 5) Způsob vyrovnání v souvislosti s metodou eliminace odlehlých měření.[1]

2.3 Zásady snímkování

Aby snímkování objektu bylo co nejkvalitnější, je vhodné se řídit určitými pravidly. Tyto pravidla se dají rozdělit do tří skupin, a to na geometrická pravidla, fotografická pravidla a organizační pravidla.

2.3.1 Geometrická pravidla

Geometrická pravidla nám stanovují, co se při snímkování bude měřit, jak budeme objekt fotografovat a jak pořídit co nejlépe snímky pro stereovyhodnocení. Dodržením těchto pravidel můžeme velmi kladně ovlivnit přesnost vyhodnocování snímků.[4]

2.3.1.1 Definování souřadnicového systému

Jako kontrolní hodnoty se měří délky na objektu mezi dvěma body. Změřené délky slouží k udání rozměru a orientace při vyhodnocování objektu.[4]

2.3.1.2 Konfigurace snímků při fotografování

Volba stanovisek a směr os záběru by měla řídit určitými pravidly. Je-li to možné, měli bychom ideálně:

- fotografovat objekt kolem dokola, překryt jednotlivých snímků by měl být minimálně 50%
- fotografovat snímky z úrovně poloviční výšky objektu
- fotografovat snímky s vodorovnou osou záběru
- pořídit diagonální snímky, které zachycují dvě stěny objektu
- pořídit šikmé snímky, které spojují dva sousední snímky
- zkontrolovat mnohonásobné zobrazení jednoho místa objektu na více snímcích
- do snímků zahrnout také střechu objektu, pokud je součástí dokumentace [4]

2.3.1.3 Pořízení stereodvojic snímků

Pro fotografickou dokumentaci nepravidelných prostorových tvarů, jako jsou například plastické části fasád, sochy, výklenky nebo polokruhové části staveb, je výhodné použít stereodvojice snímků. Při pořizování snímků se obvykle využívá normální případ, kdy jsou osy záměr rovnoběžné, nebo konvergentní případ, kdy jsou osy záměr sbíhavé. Měli bychom si dávat pozor, aby osy záběru nebyly divergentní nebo-li rozbíhavé.[4]

2.3.2 Fotografická pravidla

Fotografická pravidla nám definují, za jakých podmínek by snímky měli být pořizovány, jaká kamera je pro snímkování důležitá a jak co nejefektivněji zajistit geometrickou kvalitu snímků. Pořizování snímků podle těchto pravidel můžeme ovlivnit hlavně výslednou kvalitu budoucího vyhodnocení.[4]

2.3.2.1 Geometrické parametry snímkování

Dodržování těchto pravidel slouží k usnadnění fotogrammetrických výpočtů. Během snímkování musí vnitřní geometrie kamery zůstat nezměněná, tzn. nepoužíváme zoom, neposunujeme optiku a neměníme zaostření.[4]

2.3.2.2 Podmínky při pořizování snímků

Velmi důležitou podmínkou během pořizování fotodokumentace jsou světelné podmínky. Je potřeba zajistit, aby na snímcích nebyly ostré kontrasty (osvícené a zastíněné části objektu). Z tohoto důvodu je nejvhodnější snímky pořizovat, když je zataženo. U digitálních snímků nastavujeme co možná nejvyšší rozlišení snímků.[4]

2.3.2.3 Výběr fotografické kamery

Pro fotografování obecně můžeme použít libovolnou kameru, tzn. klasickou, digitální, profesionální, amatérskou, zrcadlovku i kompaktní fotoaparát. Kvalita snímků odpovídá kvalitě fotografické kamery, čím kvalitnější fotoaparát, tím kvalitnější jsou pořizované snímky.[4]

2.3.3 Organizační pravidla

Organizační pravidla stanovují, jaké náležitosti by jednotlivé projekty dokumentace měly mít. Nedílnou součástí práce je kvalitní vyhotovení náčrtů a odpovídajících protokolů. Na závěr je vhodné provést kontrolu celého projektu dokumentace.[4]

2.3.3.1 Vyhotovení kvalitních náčrtů

Kvalitní náčrty usnadňují vyhotovení a jsou zdrojem informací o objektu. Základními vyhotovovanými náčrty jsou situace okolí objektu (zachycuje umístění objektu v terénu, vztahy k okolním objektům), situace při fotografování (obsahuje zakreslané stanovisko při fotografování, zakres směru os záběru), náčrt kontrolních hodnot, náčrt pokrytí snímku objektu.[4]

2.3.3.2 Zpracování protokolů

Základní údaje, které by měl každý protokol obsahovat, jsou údaje o objektu, údaje o vlastníkovi objektu, podrobné údaje o objektu, bibliografie a další údaje, jako například

zvláštnosti, umělci, stavitelé apod. Déle jsou to údaje o datu provedení dokumentačních prací, údaje o kameře a snímkování.[4]

2.3.3.3 Závěrečná kontrola

Před dokončení prací by měla následovat kontrola všech zaznamenaných údajů.[4]

3 OBJEKT

Objekt se nachází v městské části Brno-střed na ulici Rybkova. Usnadňuje studentům a zaměstnancům fakulty přesun mezi budovou B a budovou R, kde se nově nachází menza a restaurace. Výstavba přemostění probíhala v rámci projektu „Dostavba a rekonstrukce areálu Fakulty stavební VUT v Brně při ulici Veveří a Žižkova“. Stavební práce začaly v březnu roku 2011. Most byl dokončen a zpřístupněn v říjnu 2012.



Obr. 3.1 Přemostění mezi budovou B a budovou R FAST na ulici Rybkova

4 PŘÍPRAVNÉ PRÁCE

4.1 Rekognoskace lokality

Před zahájením samotných prací v terénu byla provedena rekognoskace zadaného objektu a jeho okolí. Během rekognoskace lokality byly vyhledány body polohového bodového pole, které slouží pro potřeby VUT a tyto body byly ověřeny podle geodetických údajů. Dále byly pořízeny fotografie zadaného objektu pro návrh volby vlíčovacích bodů.

4.2 Návrh snímkování

Jak už bylo výše zmíněno, je nutné se při návrhu snímkování řídit několika zásadami, aby snímky a výsledné zpracování co nejkvalitnější. Proto byl během rekognoskace vyhotoven náčrt, do kterého byly přibližně zakresleny stanoviška, ze kterých bude snímkování probíhat.

4.3 Volba vlíčovacích bodů

Výzkumný ústav geodetický topografický a kartografický, uvádí ve svém výkladovém slovníku 2 definice vlíčovacího bodu:

1. Bod sloužící pro geometrickou transformaci obrazových dat do jiného souřadnicového systému.
2. Bod stanovené přesnosti, vhodně umístěný v terénu, případně fotogrammetricky signalizovaný a na měřickém snímku identifikovatelný; skupina vlíčovacích bodů slouží k určení měřítka výsledného fotogrammetrického vyhodnocení nebo k překreslení měřických snímků a zpravidla i k určení polohy a výšky předmětů měření v daném souřadnicovém a výškovém systému.[5]

Volba vlíčovacích bodů probíhala na základě fotografií pořízených během rekognoskace terénu. Na obou budovách i přemostění se nachází dostatek přirozeně signalizovaných vlíčovacích bodů. Z tohoto důvodu nebylo potřeba vlíčovací body uměle signalizovat pomocí signalizačních značek. Jako vlíčovací body byly převážně vybrány rohy oken nebo jiné dobře rozeznatelné ostré hrany nacházející se na objektech, které jsou předmětem vyhodnocení.

5 PRÁCE V TERÉNU

5.1 Přístroje a pomůcky

5.1.1 Totální stanice

Pro zaměření vřícovacích bodů bylo použito totální stanice TOPCON GPT 3003N (výrobní číslo 4D0508). Základní technické parametry totální stanice jsou uvedeny v tabulce 5.1. Dále byl pro měření použit stativ, odrazný hranol a svinovací metr.

Parametry totální stanice TOPCON 3003N	
Délka dalekohledu	150 mm
Průměr objektivu	45 mm
Zvětšení objektivu	30 x
Rozlišovací schopnost objektivu	2,8''
Přesnost měřených délek	3 mm + 2 ppm
Přesnost měřených úhlů	3'' (1,0 mgon)
Rozsah kompenzátoru	± 3'
Citlivost krabicové libely	10'/2 mm
Citlivost trubickové libely	30''/2 mm

Tab. 5.1 Parametry totální stanice TOPCON 3003N [6]



Obr. 5.1 Totální stanice TOPCON 3003N [7]

5.1.2 Neměřická kamera

V současnosti se pro snímkování v blízké fotogrammetrii nejčastěji požívají neměřické digitální kamery. Pro snímkování objektu, který je předmětem této bakalářské práce byl použit digitální fotoaparát Nikon COOLPIX L810. Je to kompaktní fotoaparát se širokoúhlým objektivem a rozlišením 16,1 MPix. Technické parametry fotoaparátu jsou uvedeny v tabulce 5.2.



Obr. 5.2 Nikon COOLPIX L810 [8]

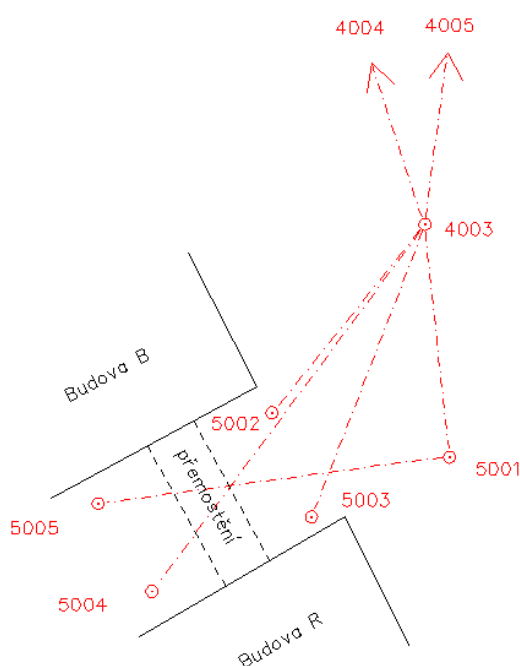
Technické parametry neměřické kamery Nikon COOLPIX L810	
Typ	kompakt - automat
Typ snímače	CCD
Rozlišení snímače	16,1 Mpix
Velikost snímače	1/2,3''
Objektiv	Nikkor
Světelnost objektivu	3,1 - 5,5
Optický zoom	26 x
Ohnisková vzdálenost	22,5 - 585 mm
Paměťové médium	Secure digital, SDHC, SDXC, Eye-fi
Formát obrázku	jpg
Maximální velikost snímku (v pixelech)	4608 x 3456
Rozsah expozičních časů	1/1500 - 4 sec

Tab. 5.2 Parametry neměřické kamery Nikon COOLPIX L810 [8]

5.2 Měřická síť

Během zadávání práce nebyl vznesen požadavek na připojení měření na body státního polohového bodového pole, proto bylo k vybudování měřické sítě využito cvičného bodového pole, které slouží pro potřeby FAST VUT v Brně.

Měření bylo zahájeno na bodě 4003, odkud bylo orientováno na body 4004 a 4005. Následně byly jednonásobným nebo dvojnásobným rajonem zaměřeny body 5001 – 5005 pomocné měřické sítě. Body byly dočasně stabilizovány měřickou značkou během měření. Rozložení bodů měřické sítě je znázorněno na obrázku 5.3.



Obr. 5.3 Měřická síť

Před zahájením měření byla na každém stanovišti provedena pečlivá horizontace a centrace přístroje pomocí libely a optického centrovače. Výška přístroje byla měřena pomocí svinovacího metru a zaznamenána do přístroje.

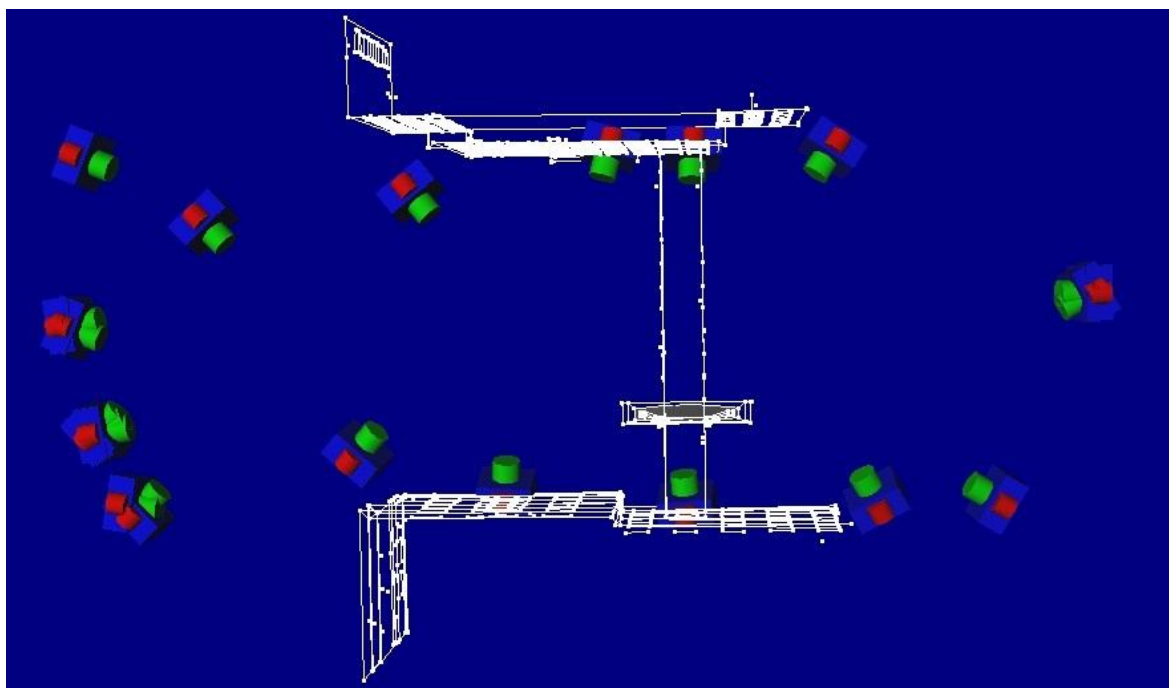
5.3 Zaměření vlíčovacích bodů

Podrobné měření vycházelo z bodů měřické sítě a bylo provedeno výše popsanou totální stanicí. Vlíčovací body byly měřeny metodou protínání z úhlů z minimálně dvou stanovišek. Do měřicího zařízení byly přímo registrovány horizontální a zenitové úhly.

Šikmé délky byly měřeny pouze na body měřické sítě, které sloužily jako orientační body. Zápisník měření je součástí bakalářské práce jako příloha č. 1.

5.4 Snímkování objektu

Snímkování objektu bylo provedeno 26. 10. 2012, kdy bylo pro snímkování vhodné počasí, tedy zataženo. U neměřické kamery, kterou byl objekt snímkován, bylo potřeba vypnout optický zoom a během měření neměnit ohniskovou vzdálenost přístroje. Tím je zajištěno, že prvky vnitřní orientace jsou u všech snímků konstantní. Snímky byly pořízeny s maximálním rozlišením 4608 x 3456 pixelů. Celkem bylo pořízeno asi 80 snímků objektu. Pro tvorbu 3D modelu z nich bylo vybráno 20 nejvhodnějších.



Obr. 5.4 Kamery

6 VÝPOČETNÍ PRÁCE

Veškeré výpočetní práce probíhaly v programu GROMA v. 8.0. Program GROMA je geodetický systém určený ke komplexnímu zpracování geodetických dat počínaje zpracováním surových údajů přenesených z totální stanice až po výsledné seznamy souřadnic, výpočetní protokoly a kontrolní kresbu.[9]

6.1 Výpočet souřadnic měřické sítě

Před samotným výpočtem je nutné stáhnout elektronický zápisník z přístroje. V dalším kroku bylo potřeba v programu GROMA nastavit měřítkový koeficient pro redukci délek. Souřadnice bodů pomocné měřické sítě byly vypočteny metodou rajonů. Výsledné souřadnice, včetně nadmořských výšek, jsou uvedeny v tabulce 6.1.

Seznam souřadnic měřické sítě			
Číslo bodu	Y	X	Z
4003	599066,05	1159396,24	249,428
4004	599091,75	1159317,90	247,478
4005	599053,04	1159301,99	245,756
5001	599061,14	1159442,48	249,886
5002	599096,44	1159433,67	250,182
5003	599088,49	1159454,29	250,264
5004	599120,29	1159469,11	250,924
5005	599130,97	1159451,72	250,892

Tab. 6.1 Seznam souřadnic měřické sítě

6.2 Výpočet souřadnic vřícovacích bodů

Vřícovací body byly v programu GROMA spočítány pomocí funkce *Protínání ze směrů*. Seznam souřadnic vřícovacích bodů je uveden v tabulce 6.2. Výpočetní protokoly jsou uvedeny jako příloha bakalářské práce č. 5.

Seznam souřadnic vřicovacích bodů			
Číslo bodu	Y	X	Z
1	599099,98	1159426,30	268,61
2	599099,33	1159427,37	261,01
3	599097,63	1159430,45	252,91
4	599082,58	1159455,82	250,31
5	599081,66	1159457,24	260,56
9	599107,57	1159450,06	261,61
12	599105,54	1159437,25	268,60
13	599102,09	1159435,29	255,71
14	599120,12	1159444,45	260,94
18	599112,80	1159446,29	261,60
20	599108,32	1159453,94	263,43
25	599096,22	1159458,77	270,22

Tab. 6.2 Seznam souřadnic vřicovacích bodů

7 TVORBA 3D MODELU

Pro tvorbu 3D modelu byl použit software PhotoModeler Scanner. Tento program v současnosti při zpracování snímků a tvorbě 3D modelu převládá, a to hlavně díky cenové dostupnosti a množstvím instalací.

7.1 Program PhotoModeler Scanner

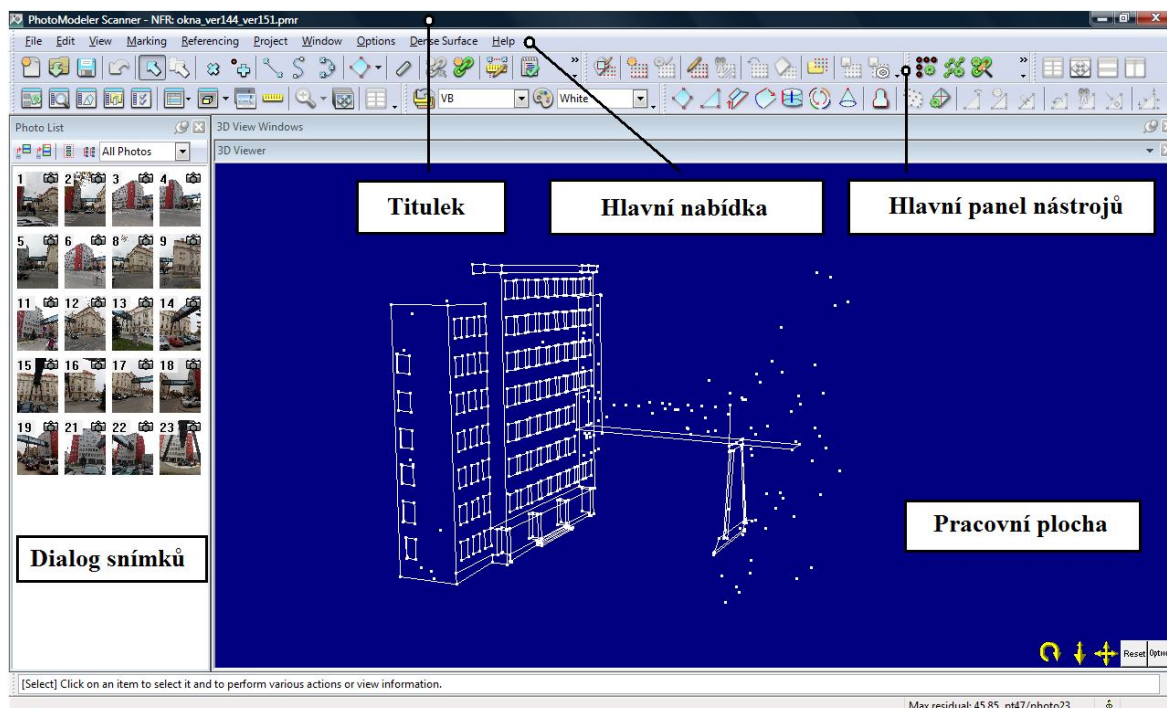
Program PhotoModeler je fotogrammetrický program určený k bezdotykovému 2D a 3D měření. Umožňuje tvořit body, linie, hrany, plochy a to včetně fototextury. Je založen na principech průsekové fotogrammetrie. Umožňuje získat mnoho údajů ze snímků daného objektu během krátké doby. Kombinuje snímky a umístění bodů ve třírozměrném prostoru. Výsledkem je 3D model, který může být exportován do jiných grafických programů. PhotoModeler pracuje na běžném počítači v prostředí Windows.[10]

7.1.1 Pracovní prostředí PhotoModeleru

Pracovní prostředí se skládá z několika částí:

- Titulek (*Caption Area*) – obsahuje název programu a název aktivního projektu, dále obsahuje tlačítka pro minimalizaci, maximalizaci a uzavření projektu
- Hlavní nabídka (*Main Menu*) – je umístěna v horním okraji aplikačního okna. Jednotlivé nabídky jsou uspořádány do řádku a umožňují přístup k funkcím a nástrojům programu.
- Hlavní panel nástrojů (*Main Toolbar*) – obsahuje ikony pro ovládání PhotoModeleru
- Pracovní plocha (*Work Space*) – zde se zobrazují snímky a provádí se zde samotné měření
- Dialog snímků (*Docked Projekt Photographs Dialog*) – zobrazuje všechny snímky v projektu[10]

Ukázka pracovního prostředí s popisem základních částí pracovního okna je na obrázku 7.1.



Obr. 7.1 Pracovní prostředí programu PhotoModeler Scanner

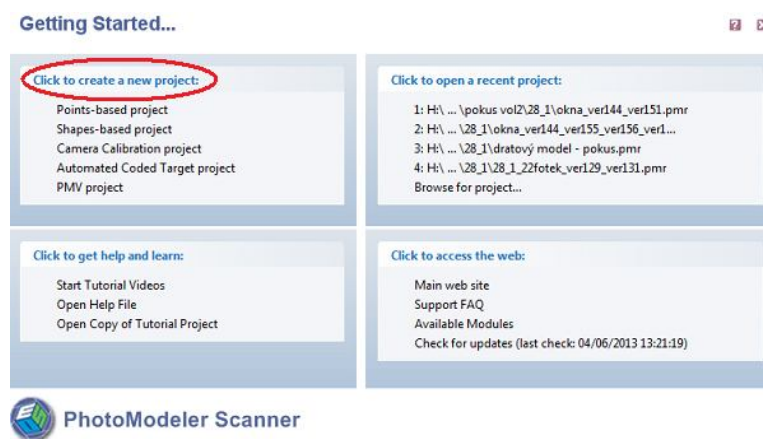
7.2 Postup při tvorbě 3D modelu

3D model je množina bodů, hran a křivek, které znázorňují daný objekt. Jednotlivé body a hrany lze spojit liniemi případně plochami, které umožňují snadnější znázornění 3D modelu na rovinný povrch, jako je například monitor počítače nebo list papíru. Vytvoření modelu obsahuje několik kroků nezbytných k vytvoření 3D modelu:

- založení projektu
- definování parametrů kamery
- import snímků
- měření, referencování a tvorba drátového modelu
- výpočet
- tvorba ploch
- export výsledného modelu [10]

7.2.1 Založení projektu

Po spuštění PhotoModeleru se automaticky objeví tabulka, která mimo jiné obsahuje průvodce pro vytvoření nového projektu. Projekt se uloží příkazem *File / Save Projekt As*. Při každém dalším ukládání se vytváří samostatný soubor.

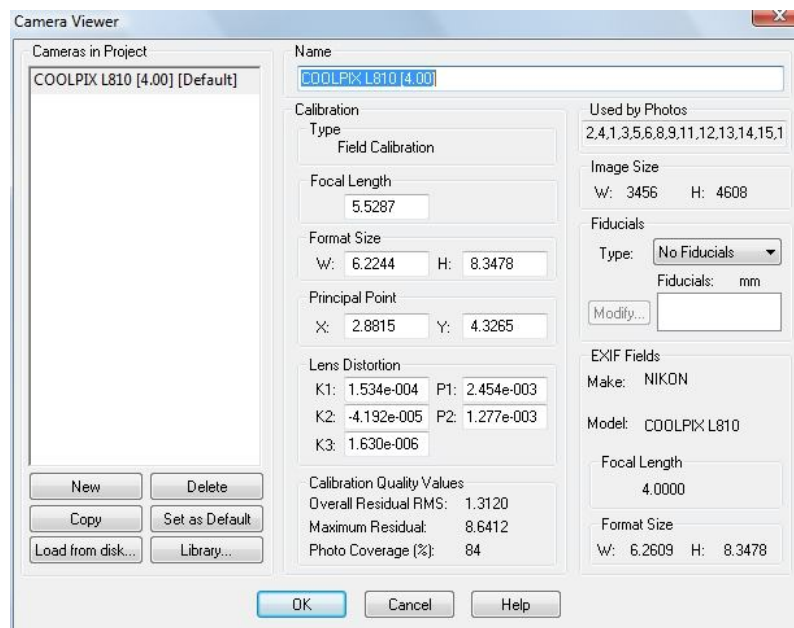


Obr. 7.2 Založení nového projektu

7.2.2 Definování parametrů kamery

Průvodce nastavením kamery lze spustit z nabídky *Project / Cameras*. V záložce *Camera Viewr Dialog*, která je zobrazena na Obr. 7.3, je možné vytvořit novou kameru nebo již existující kameru odstranit. Toto dialogové okno také umožňuje manipulovat s aktivní kamerou a měnit její parametry.

Pro tento projekt byla založena a definována nová kamera *COOLPIX L810 [4.00]*. Při zadávání parametrů kamery je potřeba správně nastavit údaje o ohniskové vzdálenosti, zkrácení objektivu, typu kamery, o rozměrech snímků v pixelech. Všechny snímky v projektu musí mít stejný rozměr.



Obr. 7.3 Definování parametrů kamery

7.2.3 Import

Abychom mohli v projektu začít vytvářet 3D model, je potřeba importovat nejen jednotlivé snímky, ale i seznam souřadnic vřícovacích bodů.

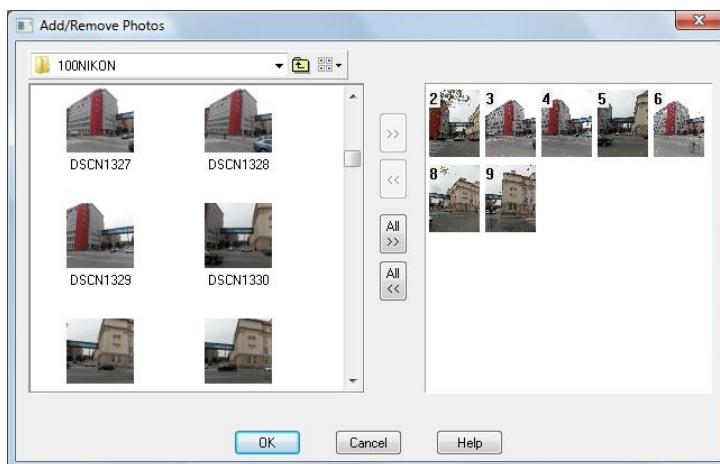
7.2.3.1 Import snímků

Importované snímky musí být v digitální podobě a musí být uloženy na disku počítače. Program PhotoModeler pracuje s fotografiemi v mnoha formátech: tif, bmp, pcx, tga, jpg, png, pct, psd, ppm, mac, cal, pcd, sgi a rgb. [10]

Import snímků do projektu se provádí přes *File / Add / Remove Photos*. V tomto dialogovém okně (Obr. 7.4) lze snímky kdykoliv do projektu přidávat nebo je z projektu odstranit. Jestliže předpokládáme, že projekt bude obsahovat větší množství snímků, je vhodné na začátku pracovat jen několika snímky a postupně vkládat další. Všechny importované snímky jsou orientovány na výšku.

Všechny snímky jsou zobrazeny v levé části pracovního v dialogovém okně *Photo List*. Panel nástrojů obsahuje pět ovládacích prvků, které slouží k otevírání a označování fotografií, k vytváření a editování foto setů, které umožňují snadnější manipulaci s projekty obsahující velké množství fotografií. Snímky lze libovolně zvětšovat, zmenšovat a posouvat.

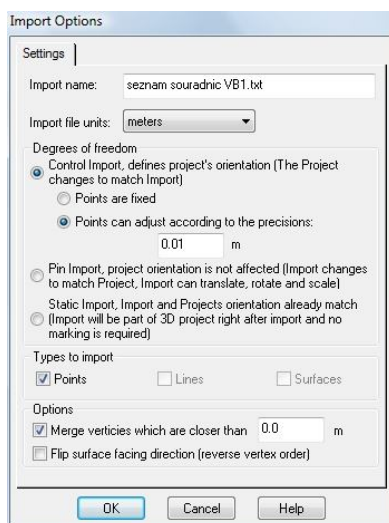
Kliknutím pravého tlačítka na snímek a vybráním položky *Properties of selected photo(s)* se zobrazí vlastnosti a nastavení vybraného snímku, popřípadě snímků. V tomto okně lze změnit přiřazená kamera, rotace snímku nebo je zde možnost snímek vyloučit z výpočtu.



Obr. 7.4 Vožení/vypuštění snímků do/z projektu

7.2.3.2 Import vlčovacíh bodů

Seznam souřadnic vlčovacíh bodů, který je ve formátu *.txt se importuje pomocí *File / Imports*. Po vybrání souboru se objeví dialog s možností definování jednotek a počet stupňů volnosti. Také je zde potřeba z nabídky vybrat, zda jde o body, linie nebo povrchy.



Obr. 7.5 Import vlčovacíh bodů

Importovaný seznam souřadnic lze zobrazit pomocí *View / Imports Explorer*. Dialog obsahuje názvy importovaných seznamů souřadnic, 3D pohled importovaných bodů a seznam souřadnic bodů včetně jejich přesnosti. Program také umožňuje dále tento seznam souřadnic editovat.

7.2.4 Měření, referencování a tvorba drátového modelu

Pro tvorbu 3D modelu je možné využít:

- body (*Object Points*), které jsou nejdůležitějším prvkem. PhotoModeler rozlišuje tři druhy bodů:
 - body vytvořené během měření – *Object Points*
 - body v ploše – *Surface Draw Points*
 - vřícovací body – *Control Points*
- hrany (*Edges*), to jsou linie mezi dvěma 3D body. Referencují se koncové body i spojnice
- křivky (*Curves*)
- válec (*Cylinders*), každý válec má stejný poloměr po celé délce
- linie (*Lines*) je spojnice mezi dvěma body, vytváří se automaticky, nereferencuje se
- plochy (*Surfaces*), pro vytvoření plochy musí být nejméně tři body. Plochy se využívají pro lepší plasticitu objektu. Lze jim libovolně přiřadit materiály nebo využít snímky jako tapety.[10]

7.2.4.1 Měření vřícovacích, navazovacích a podrobných bodů

Jako první je potřeba na všech snímcích zaměřit vřícovací body. Měření vřícovacích bodů se provádí pomocí *Marking / Mark / Pin Imports Mode*, vybereme požadovaný bod z importovaného seznamu souřadnic, a co nejpřesněji ho změříme na všech fotografiích, na kterých je zobrazen.

Pro orientaci snímků nestačí zaměřit pouze vřícovací body. Dále je potřeba změřit dostatečný počet navazovacích bodů. Jako navazovací body byly voleny výrazné hrany na objektech, které byly dobře viditelné na co nejvíce snímcích.

Poté co byly zaměřeny všechny vřícovací body a dostatek navazovacích bodů byly měřeny podrobné body na objektech. Měření bylo prováděno pomocí nástroje *Mark Points*

Mode, který slouží k označování jednotlivých bodů. Dalším nástrojem použitý pro měření bodů a hran byl *Mark Lines Mode*.

7.2.4.2 Referencování

Referencování je proces, při kterém se určují vzájemně si odpovídající body na různých snímcích. Aby bylo možné bod zobrazit ve 3D modelu, musí být referencován nejméně na dvou snímcích. Jestliže je bod zaměřen na více snímcích, je určen kvalitněji.

Referencování se provádí pomocí *Referencing / Referencing Mode*. Bod, který má být referencován, se nejprve označí na jednom snímku a poté se jeho poloha změří na druhém snímku. Program PhotoModeler při referencování již zorientovaných snímků vytváří tzv. epipolární linie, které určují přibližnou polohu referencovaného bodu. Odpovídající si body mají na různých snímcích stejná čísla.

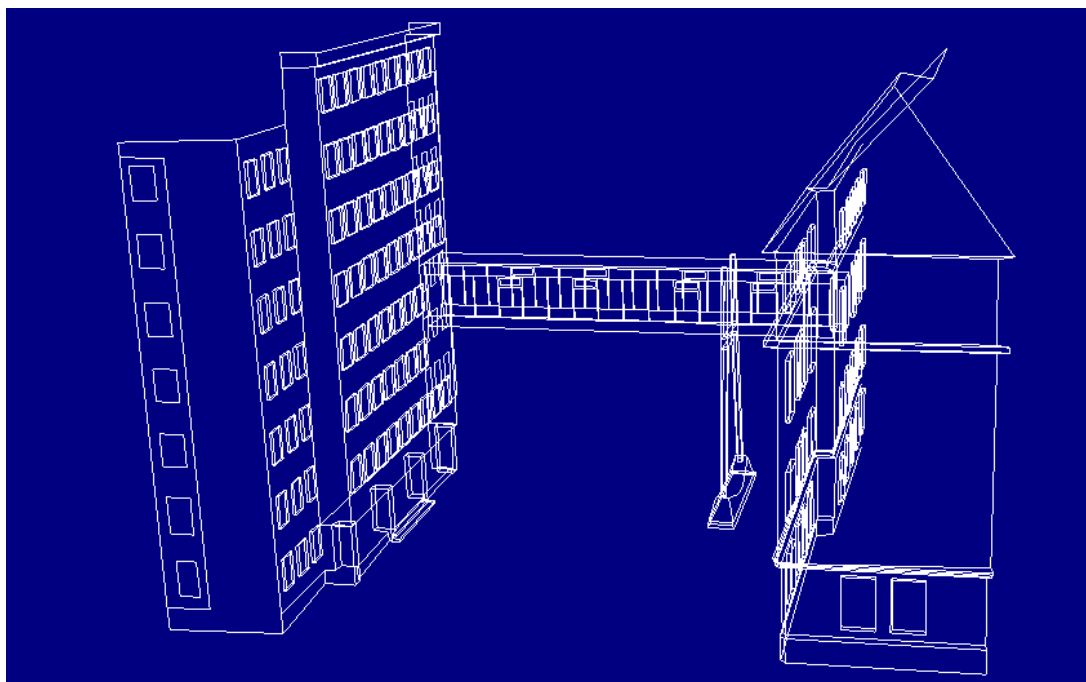
Referencování je možné provést třemi způsoby:

- Postupným výběrem jednotlivých změřených prvků, to znamená, že se označí jeden prvek a ten se referencuje na dalších snímcích.
- Výběrem libovolného počtu změřených prvků. Prvky lze vybrat pomocí myši označením části snímku nebo výběrem jednotlivých prvků pomocí klávesy *Shift*. Postupně se referencují všechny vyznačené prvky. Pro lepší orientaci je referencovaný prvek označen jinou barvou.
- Body je možné referencovat již během měření. Bod se změří na jednom snímku a hned je referencován na snímku druhém.[10]

7.2.4.3 Tvorba drátového modelu

Při tvorbě drátového modelu byly měřeny všechny důležité tvary a hrany objektu. Celkem bylo na objektu zaměřeno 1273 bodů. Některé důležité body však nebylo možné na pořízených snímcích změřit, především vnitřní rohy parapetů oken (objekt byl snímkován pouze ze země). Nevýhodou tohoto programu je, že neumožňuje dopočítat tyto „neviditelné“ body. Proto byly některé body spočítány v jiném programu a následně byl do projektu importován seznam souřadnic s těmito body. Postup importu byl obdobný jako import vlčovacích bodů.

Naproti tomu program umožňuje využívat funkce tzv. *Constraints*, které mohou zvýšit přesnost modelu. V této práci byly využity dvě takové funkce. První je *3 or more points to be colinear*, která během výpočtu vyrovná 3 a více definované body do přímky. Této funkce bylo využito při tvorbě oken na budově R. Druhou použitou funkcí je *2 lines to be a given angle*, která vyrovnává 2 přímky podle zadaného úhlu. Toho bylo využito při tvorbě modelu tam, kde bylo zřejmé, že dvě přímky by měly svírat pravý úhel.

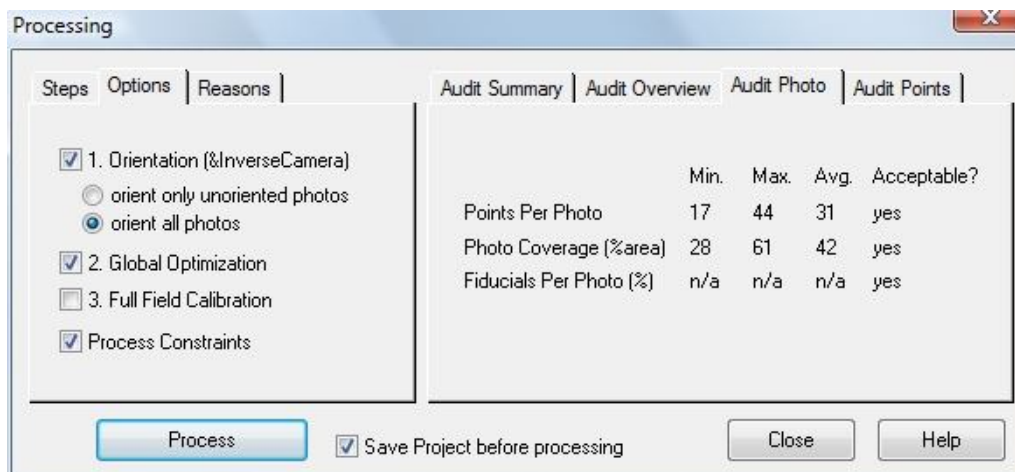


Obr. 7.6 Tvorba drátového modelu

7.2.5 Výpočet

Program pro tvorbu 3D modelu z proměnných snímků a parametrů kamery využívá speciální numerický algoritmus. Tento algoritmus využívá pokročilých matematických výpočtů a upravuje vstupní data tak, aby se při vytváření prostorové polohy bodů a hran minimalizovaly chyby a tím se maximalizovala přesnost. Výpočet je prováděn pomocí iterací, tzn., že výpočet probíhá tak dlouho, až jsou výsledné chyby co nejmenší.

Výpočet se spustí pomocí *Project / Process...*, výpočet probíhá ve dvou částech. První etapa výpočtu spočívá v kontrole všech dat (Audit), a ve druhé etapě (Adjustment) se vytváří prostorový model objektu.



Obr. 7.7 Processing dialog

Pravá část je tzv. *Audit Dialog* a obsahuje čtyři záložky. *Audit Summary* vyjadřuje čísla 1-5, jak přesně bude model vypočten, kde číslo 5 je nejvyšší možná přesnost. Záložka *Audit Overview* obsahuje informace o počtu snímků a bodů v objektu a jejich kvalitě. Může nás upozornit na hrubé chyby vzniklé během měření. Třetí záložka *Audit Photo* obsahuje informace o maximálním a minimálním počtu změřených bodů na snímcích, a to vyjádřeno číselně i procenty. Poslední záložka *Audit Points* zobrazuje podrobné údaje o změřených bodech a také je zde celkové hodnocení kvality bodů.

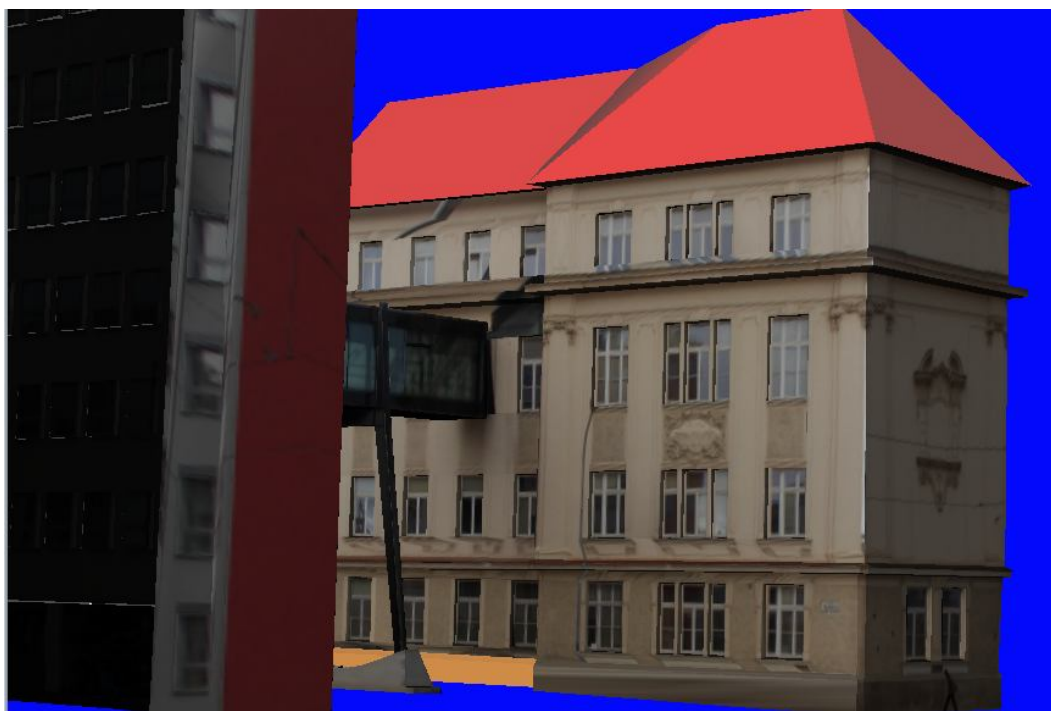
Ve druhé etapě výpočtu se vytvoří prostorový model objektu. Tato etapa je rozdělena na tři části. První je *Orientation*, kde se vypočte relativní poloha bodů v prostoru a relativní poloha kamery. Druhá část je *Global Optimization*, zde se optimalizují a minimalizují chyby na bodech, v pozici a úhlu kamery. Třetí část je *Self – Calibration*, která provádí další optimalizace a vyrovnaní parametrů kamery pro každý snímek.

Cílem výpočtu je co nejvíce minimalizovat chyby. Po dokončení výpočtu software zobrazí dialog, který ukazuje, zda byl nebo nebyl projekt úspěšně vypočten.[10]

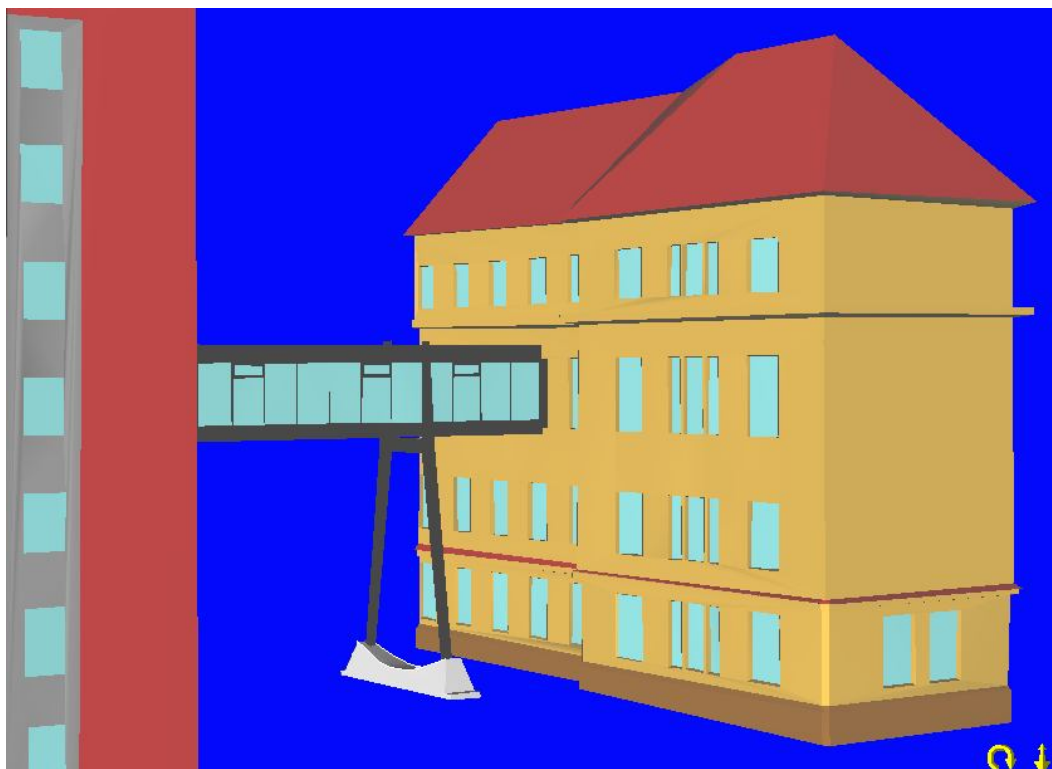
7.2.6 Tvorba ploch

Jednou z posledních fází tvorby 3D modelu byla tvorba ploch. Program PhotoModeler umožňuje přiřazování umělých textur nebo reálných fototextur. Nejprve bylo potřeba nadefinovat jednotlivé parametry materiálů pomocí příkazu *Edit / Materials*. Poté se v drátovém modelu vytvořily plochy pomocí příkazu *Path Mode*. Parametry těchto ploch je možné editovat v nabídce *Properties*. V tomto dialogovém okně můžeme ručně

přiřadit plochám jejich materiál, vrstvu, ve které se budou vykreslovat, zda se budou vykreslovat oboustranně atd. Při volbě materiálů máme tři možnosti. Plochám můžeme ponechat jejich defaultní nastavení (budou se vykreslovat bílou barvou). Další možností je přiřadit jim námi definovaný materiál (barvu) nebo se použije fototextura. V posledním případě se pak k jednotlivým plochám manuálně přiřazuje snímek, ze kterého se požadovaná textura použije, nebo se celému projektu přiřadí textury automaticky. Výsledný model objektu je součástí příloh bakalářské práce (příloha č. 9).



Obr. 7.8 Výsledný 3D model s reálnými texturami



Obr. 7.9 Výsledný 3D model s umělými texturami

7.2.7 Export výsledného modelu

Pro další zpracování se často výsledný model exportuje do jiných formátů. Program Photomodeler Scanner umožňuje export do formátů *.dxf – 3D, *.dxf – 2D, *.3ds, *.wrl, *.obj, *.raw, *.igs, *.3dm, *.stl, *.ma, *.kml, *.kmz, *.ms, *.fbx.

Model je možné exportovat pomocí funkce *File / Export / Export Model*, v dialogovém okně je pak na výběr, co má být exportováno (3D body, čísla bodů, linie, hrany, plochy, křivky...). [10]

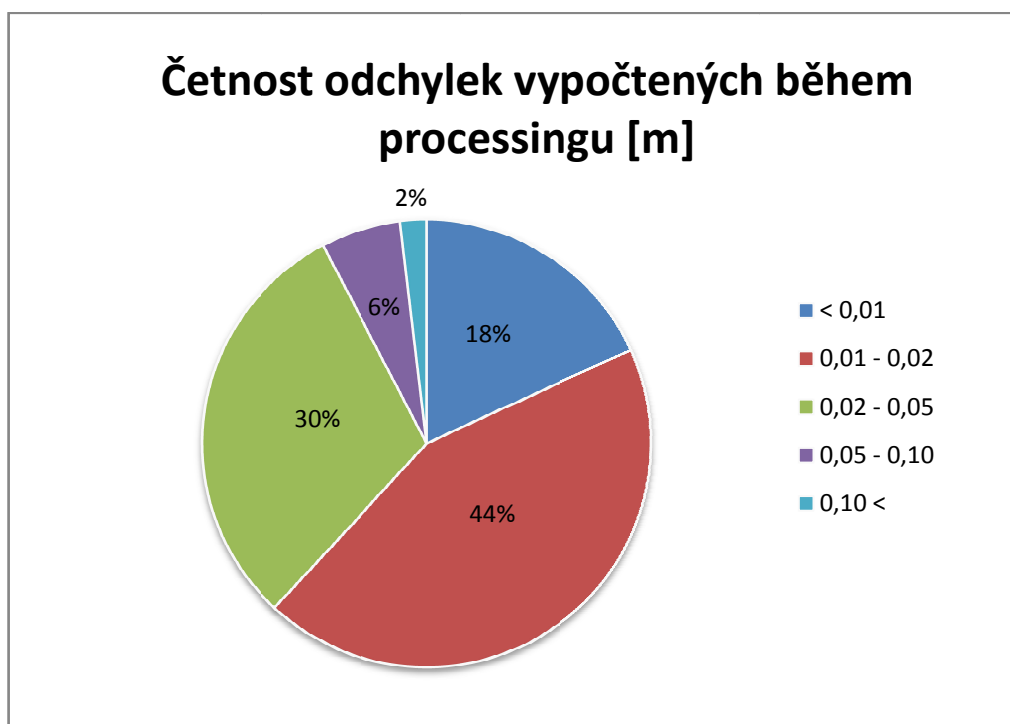
7.3 Analýza dosažené přesnosti

Součástí práce je vyhodnocení dosažené přesnosti modelu. Přesnost modelu byla posuzována podle standardních odchylek jednotlivých souřadnic, které vypočítal software během processingu. Standardní odchylky v souřadnici X, Y a H jsou uvedeny v tabulce 7.1. Graf znázorňující četnosti odchylek jednotlivých souřadnic je uveden v příloze bakalářské práce č. 7. To, že na některých bodech odchylka přesáhla 0,10 m, může být způsobeno špatnou viditelností bodů na snímcích, například bod zobrazen pouze na dvou

snímcích s nevhodným úhlem os záběru. Dalším faktorem snižující přesnost modelu může být použitá neměřická kamera NIKON COOLPIX L810, které není přímo určena pro fotogrammetrické účely.

	Standardní odchylka
X [m]	0,025
Y [m]	0,028
H [m]	0,019

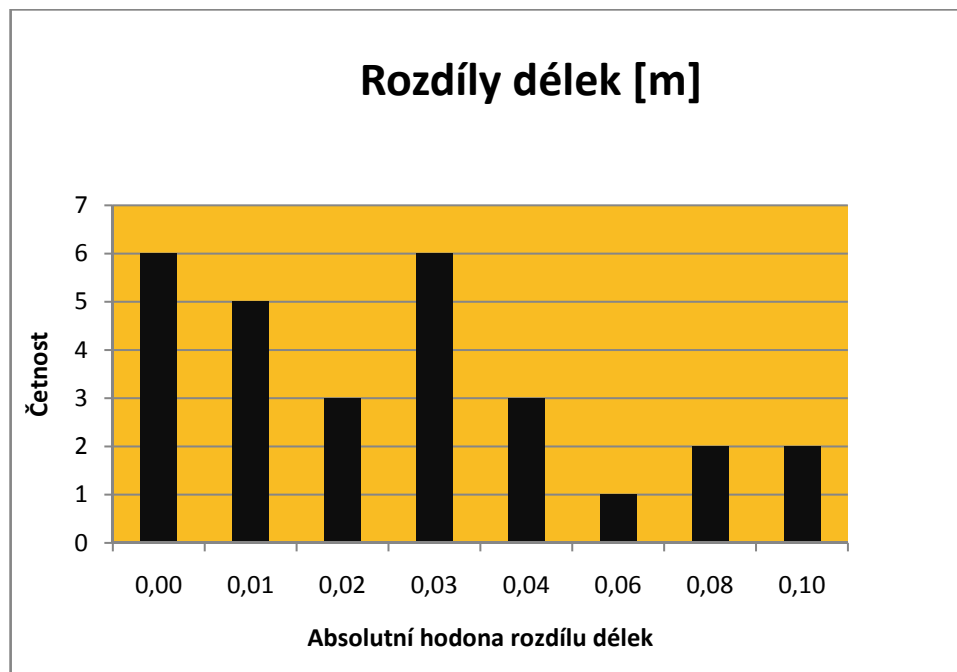
Tab. 7.1 Standardní odchylky v jednotlivých směrech



Graf 7.1 Četnost odchylek vypočtených během processingu [m]

Druhá kontrola modelu spočívala v porovnání skutečných délek a délek změřených ve výsledném modelu. Část délek byla vypočtena ze souřadnic kontrolně zaměřených bodů, další body byly změřeny pomocí laserového dálkoměru DISTO. Pro vyhodnocení přesnosti byly měřeny jak kratší vzdálenosti (např. okna), tak i větší vzdálenosti, například vzdálenost mezi oběma budovami, délka mostního pilíře atd. Četnosti v rozdílu

zaměřených délek a délek z vytvořeného modelu jsou uvedeny v grafu č. 7.2. Jednotlivé body, mezi kterými bylo testování provedeno, a rozdíly délek jsou uvedeny v příloze bakalářské práce č. 8. Z rozdílů délek byla vypočtena střední chyba délky $m_s = 0,035 \text{ m}$. Žádný z rozdílů délek nepřekročil mezní chybu délky δ_s , která byla určena jako dvou a půl násobek střední chyby délky.



Graf 7.2 Rozdíly délek [m]

Porovnání přesnosti modelu pomocí souřadnic nebylo možné, neboť došlo k posunu souřadnicového systému. Důvod posunu se nepodařilo identifikovat.

8 ZÁVĚR

K vytvoření trojrozměrného modelu zadaného objektu bylo použito metod blízké fotogrammetrie. Tato metoda nachází v současnosti čím dál širší uplatnění, a to hlavně díky minimálním pracím v terénu a následnému pohodlnému kancelářskému zpracování.

Nejprve byla provedena rekognoskace zadaného objektu, kdyby byly pořízeny prvotní snímky lokality. Na základě těchto snímků byly navrženy stanoviště pro snímkování a dále byla navržena hustota a rozmístění vlíčovacích bodů.

Za příznivých povětrnostních podmínek byl objekt kompletně nasnímčován a geodetickými metodami byly zaměřeny a následně vypočteny souřadnice vlíčovacích bodů.

Časově nejnáročnější část práce byla samotná tvorba 3D modelu v programu PhotoModeler Scanner 6. V této etapě vznikl postupným měřením podrobných bodů objektu a tvorbou linií výsledný drátový model, který byl exportován do formátu *.dxf pro případné další zpracování. Pro lepší vizualizaci a plasticitu byly v drátovém modelu vytvořeny plochy a těmto plochám přiřazeny umělé a reálné textury.

Po vytvoření 3D modelu byla provedena analýza dosažených přesností. První část testování byla provedena na základě standardních odchylek souřadnic, vypočtených softwarem během processingu. Druhá část testování spočívala v porovnání délek zaměřených v terénu a délek odměřených ve výsledném 3D modelu. Výsledky testování byly uspořádány do přehledných tabulek a grafů.

Výsledkem této bakalářské práce je drátový 3D model a model s reálnými a uměle definovanými texturami přemostění a části objektů fakulty stavební na ulici Rybkova. Součástí práce je analýza dosažené výsledného modelu.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. HANZL, V. – SOUKUP, K. *Fotogrammetrie I*. Brno: CERM, s.r.o., 2002. 94 s. ISBN 80-214-2049-9.
2. BÖHM, J. *Fotogrammetrie* [online] Ostrava: VŠB – technická univerzita Ostrava, 2002. 16 s.
3. PAVELKA, K. *Fotogrammetrie I*. Praha: ČVUT, 2009. 200 s. ISBN 978-80-01-04249-6
4. HODAČ, J. *3x3 pravidla pro jednoduchou fotogrammetrickou dokumentaci architektury*. [online] Praha, 2004. 14 s.
5. VÝZKUMNÝ ÚSTAV GEODETICKÝ, TOPOGRAFICKÝ A KARTOGRAFICKÝ. *Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí*. [online] Vugtk.cz 2005 [cit. 2011-03-18]. Web: http://www.vugtk.cz/slovník/1299_vlicovaci-bod
6. TOPCON. *Návod na použití*. [online] geoserver.cz 2011 [cit. 2011-04-22]. Web: http://www.geoserver.cz/zbozi_files/313/totalni-stanice-topcon-GPT-3000LN.pdf
7. GEOOBCHOD. *Topcon*. [online] geoobchod.cz 2013 [cit. 2013-03-20]. Web: <http://geoobchod.cz/topcon-FC-C-320.html>
8. NIKON. Nikon, At the heart of the image. [online] nikon.cz 2013 [cit. 2013-03-22] Web: http://www.nikon.cz/cs_CZ/product/digital-cameras/coolpix/life/coolpix-l810
9. GROMA. [online] groma.cz 2013 [cit. 2013-03-22] Web: <http://groma.cz/cz/>
10. PAVELKA, K. a kol. *Fotogrammetrie 1,2: Praktická cvičení*. Praha: ČVUT, 2007. 163 s. ISBN 978-80-01-02655-7
11. EOS SYSTEMS INC. *Photomodeler Pro User Manual Version 4.0*. Vancouver, 2000. 428 s.
12. PHOTOMODELER. *PhotoModeler Tutorials*. [online] photomodeler.com 2013. Web: <http://www.photomodeler.com/tutorial-vids/online-tutorials.htm>

10 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obr. 3.1 Přemostění mezi budovou B a budovou R FAST na ulici Rybkova	19
Obr. 5.1 Totální stanice TOPCON 3003N [7]	21
Obr. 5.2 Nikon COOLPIX L810 [8]	22
Obr. 5.3 Měřická síť	23
Obr. 5.4 Kamery	24
Obr. 7.1 Pracovní prostředí programu PhotoModeler Scanner	28
Obr. 7.2 Založení nového projektu	29
Obr. 7.3 Definování parametrů kamery	30
Obr. 7.4 Vožení/vypuštění snímků do/z projektu	31
Obr. 7.5 Import vřicovacích bodů	31
Obr. 7.6 Tvorba drátového modelu	34
Obr. 7.7 Processing dialog	35
Obr. 7.8 Výsledný 3D model s reálnými texturami	36
Obr. 7.9 Výsledný 3D model s umělými texturami	37
Tab. 5.1 Parametry totální stanice TOPCON 3003N [6]	21
Tab. 5.2 Parametry neměřické kamery Nikon COOLPIX L810 [8]	22
Tab. 6.1 Seznam souřadnic měřické sítě	25
Tab. 6.2 Seznam souřadnic vřicovacích bodů	26
Tab. 7.1 Standradní odchylky v jednotlivých směrech	38
Graf 7.1 Četnost odchylek vypočtených během processingu [m]	38
Graf 7.2 Rozdíly délek [m]	39

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Zápisník měření vřícovacích bodů (elektronicky na CD)

Priloha_01

/zapisnik_VB.pdf

Příloha č. 2: Zápisník kontrolního měření (elektronicky na CD)

Priloha_02

/zapisnik_kontrol_mer.pdf

Příloha č. 3: Zápis kontrolního měření (elektronicky na CD)

Priloha_03

/zapis_kontrol_mer.pdf

Příloha č. 4: Protokol o výpočtu měřické sítě (elektronicky na CD)

Priloha_04

/protokol_mer_sit.pdf

Příloha č. 5: Protokol o výpočtu souřadnic vřícovacích bodů (elektronicky na CD)

Priloha_05

/protokol_VB.pdf

Příloha č. 6: Protokol o výpočtu – kontrolní zaměření (elektronicky na CD)

Priloha_06

/protokol_kontrol_mer.pdf

Příloha č. 7: Graf znázorňující přesnost bodů

Priloha_07

/graf_presnost_bodu.pdf

Příloha č. 8: Porovnání délek

Priloha_08

/porovani_delek.pdf

Příloha č. 9: 3D model zadaného objektu (elektronicky na CD)

Priloha_09

/dratovy_model.pmr

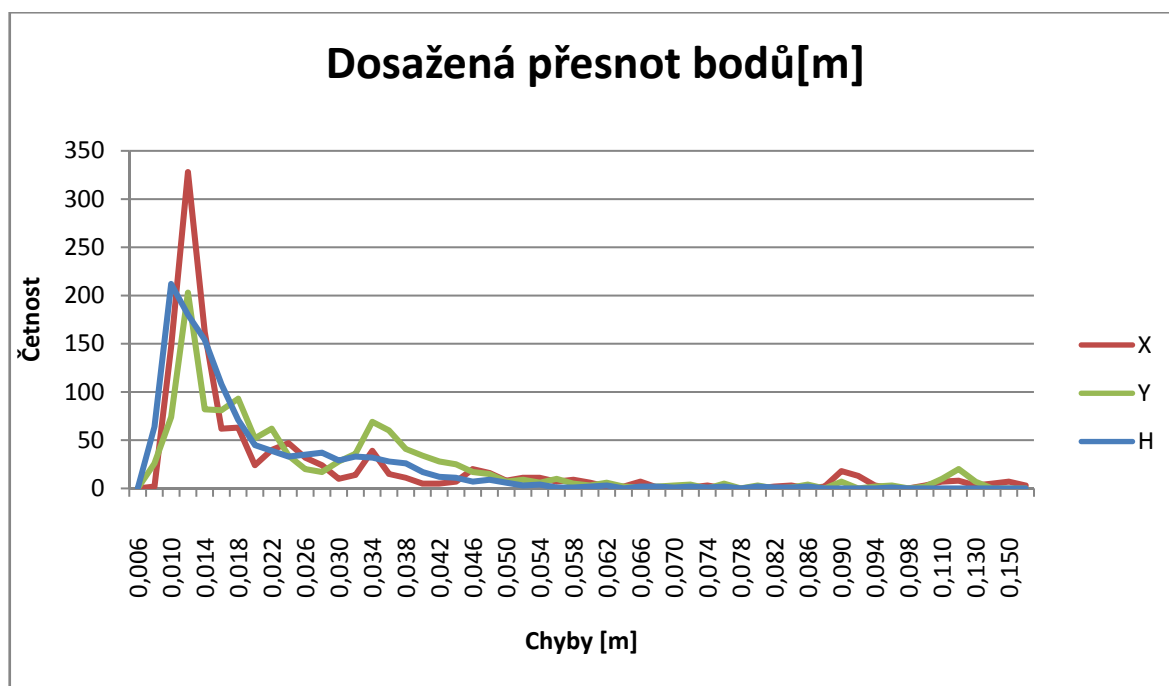
/model_umele_textury.pmr

/model_realne_textury.pmr

/model.dxf

12 PŘÍLOHY

Příloha č. 7: Graf znázorňující přesnost bodů



Příloha č. 8: Porovnání délek

bod A	bod B	skutečná délka [m]	délka z modelu [m]	rozdíl [m]
1374	1371	1,69	1,69	0,00
2117	2118	1,70	1,70	0,00
2297	2296	2,58	2,59	-0,01
358	2765	3,03	3,01	0,02
2764	2765	1,80	1,78	0,02
361	3109	1,61	1,59	0,02
2813	2814	2,64	2,65	-0,01
2804	2807	2,63	2,65	-0,02
2812	2813	0,78	0,78	0,00
2808	2809	1,20	1,19	0,01
2804	2805	0,78	0,77	0,01
2302	2304	2,83	2,84	-0,01
358	2763	1,80	1,77	0,03
2764	2763	3,03	3,00	0,03
767	2188	3,36	3,35	0,01
2302	2306	8,54	8,54	0,00
2417	3623	8,54	8,54	0,00
1887	3069	25,04	25,00	0,04
3070	3094	9,23	9,31	-0,08
3069	3311	14,81	14,91	-0,10
1887	768	5,47	5,50	-0,03
1904	1905	5,99	6,00	-0,01
1908	1909	5,40	5,40	0,00
2193	2231	4,76	4,78	-0,02
2245	2188	16,81	16,79	0,02
2444	2494	8,91	8,85	0,06
2348	2349	8,92	8,87	0,05
2208	3309	3,49	3,42	0,07