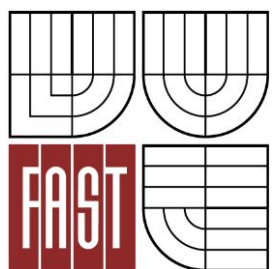




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

POROVNÁNÍ METOD GENERACE NAVAZOVACÍCH BODŮ V AEROTRIANGULACI

COMPARISON OF THE METHODS GENERATION OF TIE POINTS IN AEROTRIANGULATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Zuzana Hromková

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 Zuzana Hromková

Název Porovnání metod generace navazovacích bodů v aerotriangulaci

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 systému Photomod.

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

Digitální letecké snímky z oblasti Brno-Líšeň.

Zásady pro vypracování

Vykonejte aerotriangulaci metodou vyrovnání bloku svazků pomocí systému Photomod na zadaných snímcích při různě nastavených parametrech generace navazovacích bodů. Porovnejte vypočtené prvky vnější orientace a souřadnice určovaných bodů. Výsledky zpracujte do přehledných tabulek a grafů.

Předepsané přílohy

.....
doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je porovnání metod generace navazovacích bodů v aerotriangulaci v programu Photomod 4.3 od ruské společnosti Racurs. Součástí práce je detailní popis inicializace projektu, následné provedení aerotriangulace a vyrovnání bloku svazků v systému Photomod na zadaných snímcích. Výsledkem je porovnání prvků vnější orientace a souřadnic určených bodů zpracované do tabulek a grafů.

Klíčová slova

fotogrammetrie, aerotriangulace, letecký snímek, vřícovací bod, navazovací bod, korelace

Abstrakt

The subject of this bachelor's thesis is to compare the methods of generation of tie points in aerotriangulation using the program Photomod 4.3 made by Russian company Racurs. Part of this thesis is a detailed description of the project initialization, subsequent implementation of aerotriangulation and bundle block adjustment in Photomod on those images. The result is a comparison of elements of exterior orientation and coordinate determined points processed in tables and graphs.

Keywords

photogrammetry, aerotriangulation, aerial image, ground control point, tie point, correlation

Bibliografická citace VŠKP

HROMKOVÁ, Zuzana. *Porovnání metod generace navazovacích bodů v aerotriangulaci*. Brno, 2012. 44 s., 2 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 14.11.2012

.....
podpis autora
Zuzana Hromková

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Vlastimilu Hanzlovi, CSc. za cenné rady, připomínky a odborné vedení při řešení dané problematiky. Dále chci poděkovat rodině a také spolužákům Miroslavu Sládkovi a Michalu Budayovi za podporu a pomoc při práci.

Obsah

ÚVOD	9
1. FOTOGRAMMETRIE	10
1.1. LETECKÁ FOTOGRAMMETRIE	11
1.1.1. <i>PLÁNOVÁNÍ LETU A SNÍMKOVÁNÍ</i>	11
1.1.2. <i>VLÍCOVACÍ BODY V LETECKÉ FOTOGRAMMETRII</i>	12
2. AEROTRIANGULACE	13
2.1. VYROVNÁNÍ BLOKU SVAZKŮ.....	13
2.2. AUTOMATIZACE V AEROTRIANGULACI.....	14
3. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O PROJEKTU	15
3.1. POPIS LOKALITY.....	15
3.2. INFORMACE O POUŽITÉ KAMERĚ.....	16
4. ZPRACOVÁNÍ LETECKÝCH SNÍMKŮ	17
4.1. PROGRAM PHOTOMOD 4.3	17
4.2. INICIALIZACE PROJEKTU	18
4.3. FORMOVÁNÍ BLOKU.....	20
4.3.1. <i>IMPORT SNÍMKŮ</i>	20
4.3.2. <i>EDITACE KAMERY</i>	22
4.4. AEROTRAINGULACE	23
4.5. VYROVNÁNÍ BLOKU SNÍMKŮ.....	28
5. ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ	33
5.1. GENERACE NAVAZOVACÍCH BODŮ	33
5.2. POROVNÁNÍ PRVKŮ VNĚJŠÍ ORIENTACE.....	36
5.3. POROVNÁNÍ SOUŘADNIC URČOVANÝCH BODŮ	39
ZÁVĚR	41
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	42
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	43
SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK	44
SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ	44
SEZNAM PŘÍLOH	44

ÚVOD

Letecká fotogrammetrie nachází v dnešní době nejširší uplatnění zejména při zhotovování map středního měřítka. Výsledkem zpracování pořízených snímků mohou být např. prostorové souřadnice bodů, ortofotomapy, digitální model terénu nebo digitální vektorové mapy. [4]

Předmětem této bakalářské práce bylo provedení aerotriangulace metodou vyrovnání bloku svazků na snímcích lokality Brno-Líšeň při různě nastavených parametrech generace navazovacích bodů. Zadané snímky byly pořízeny brněnskou firmou Geodis Brno, s.r.o. Jako zpracovatelský program byl zvolen software Photomod 4.3 od ruské firmy Racurs.

Po inicializaci projektu následovalo formování bloku snímků a aerotriangulace, jejímž cílem je určit prvky vnější orientace snímků, popřípadě prvky absolutní orientace modelů a souřadnice určovaných bodů. Poté bylo provedeno vyrovnání bloku svazků a získán protokol o přesnosti vyrovnání.

Dalším krokem práce bylo obměňování parametrů generace navazovacích bodů podle jednotlivých testovaných kombinací. Na základě získaných protokolů o vyrovnání bylo provedeno porovnávání vypočtených prvků vnější orientace a souřadnic určovaných bodů. Následovalo zpracování těchto výsledků do tabulek a grafů.

1. FOTOGRAMMETRIE

Fotogrammetrie je slovo řeckého původu (Fotos – světlo, Graphos – kresba, záznam). Je to obor, který se věnuje získávání map, digitálního modelu terénu a dalších produktů, které lze získat z obrazového, nejčastěji fotografického záznamu. Tento záznam lze realizovat formou analogové světlocitlivé vrstvy nebo digitálně. Je to metoda finančně a časově méně náročná, než klasické geodetické metody, zejména pak při mapování ve středních měřítkách. Fotogrammetrie má dnes velice široké uplatnění, a to nejen v oboru geodézie a kartografie. Využívá se i v oblastech jako je např. stavebnictví, památková péče, zemědělství, lesnictví, strojírenství, medicína, kriminalistika, atd. [1]

Fotogrammetrie se s postupem času dělila na různé typy. V současné době se dělí podle polohy stanoviska, počtu a konfigurace vyhodnocovaných snímků, technologického způsobu zpracování a typu výstupu. [1]

Podle stanoviska, ze kterého byl snímek pořízený, dělíme fotogrammetrii na pozemní, leteckou a družicovou. Podle počtu snímků se fotogrammetrie dělí na jednosnímkovou a vícesnímkovou. Jednosnímková fotogrammetrie pracuje pouze s jednotlivými snímky a lze jí tedy určit pouze rovinné souřadnice měřeného objektu. Vícesnímková fotogrammetrie pracuje naopak s nejméně dvěma snímky a slouží tak pro 3D zpracování. [1]

Podle způsobu zpracování snímků můžeme využít metody analogové, která se v dnešní době téměř nevyužívá, i když by bylo v mnoha případech rychlejší a levnější. Dále metodu analytickou, která je založena na analytickém vyhodnocení obsahu snímku, které pro převod snímkových souřadnic do objektového systému využívá prostorovou transformaci. Dále je to metoda digitální, která pracuje s digitálním obrazem. [1]

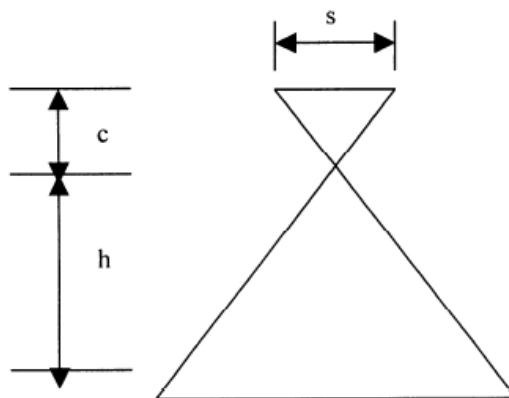
1.1. LETECKÁ FOTOGRAMMETRIE

Letecká fotogrammetrie je v současné době stále častěji využívanou metodou. V poslední době se její význam výrazně zvýšil především kvůli digitalizaci, která v uplynulých letech proběhla. Je to metoda hojně využívaná při mapovacích pracích, při tvorbě digitálních modelů terénu, popřípadě sběru dat pro GIS, kde je využití letecké fotogrammetrie hospodárné. [2]

1.1.1. PLÁNOVÁNÍ LETU A SNÍMKOVÁNÍ

Pro letecké snímkování je vhodných jen pár dní v roce. Nejčastěji snímkování probíhá na jaře a na podzim kvůli minimálnímu vlivu vegetačního pokrytu. V tomto období není sice zcela příznivé počasí, ale v dnešní době je snímkování operativní a může probíhat i za méně příznivého počasí. [2]

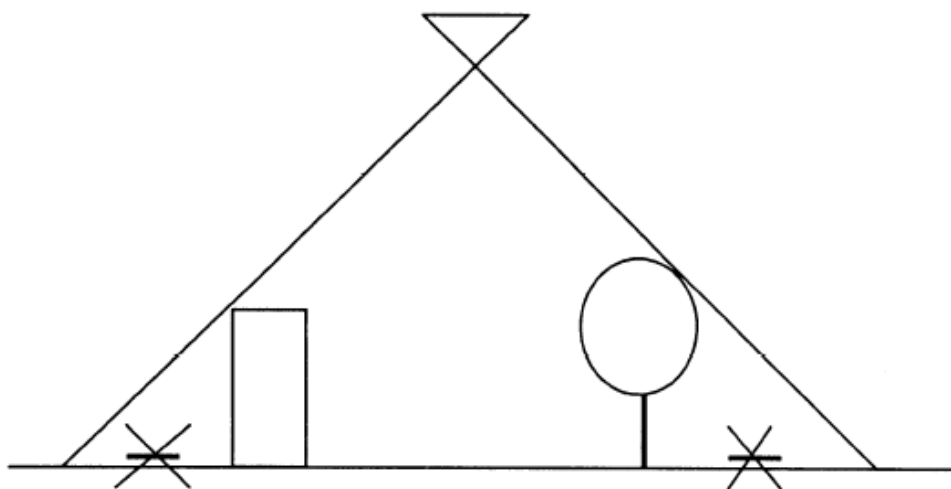
Pro plánování letu potřebujeme znát následující data: měřítko snímku, podélný a příčný překryt, mapu území (v digitální formě) a hranice zájmového území. [3] Plánování letu se provádí na základě lokality, která má být snímkována. V případě, že se jedná o lokalitu plošnou, provádí se snímkování ve směru východ-západ z důvodu osvětlení a dodržení kladu mapových listů. Jedná-li se o snímkování liniových staveb (dálnice, železnice, říční koryta), snímkování probíhá v ose liniové stavby. Důležitým prvkem je také účel snímkování spojený s požadovanou přesností, z níž se odvíjí údaje týkající se výšky letu a konstanty kamery (ohniskové vzdálenosti) a z nich přibližné měřítko snímku. [1]



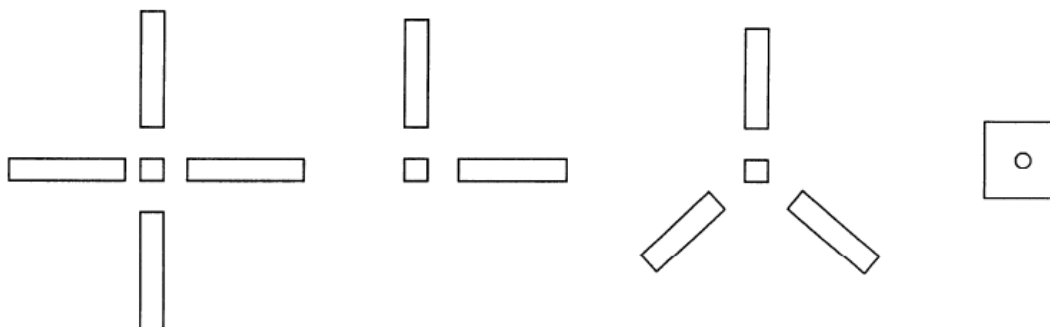
Obrázek č. 1 Plánování snímkování [4]

1.1.2. VLÍCOVACÍ BODY V LETECKÉ FOTOGRAMMETRII

Vlícovací body jsou body vhodně umístěné v terénu a zřetelně viditelné na snímku mající známé snímkové i geodetické souřadnice. Před samotným snímkováním je třeba provést signalizaci těchto bodů v terénu a určit jejich objektové souřadnice. Vlícovací body mohou být signalizovány přirozeně i uměle. Umělá signalizace bodů se realizuje pomocí tenkých, bílých a umělohmotných desek tak, aby byl co největší kontrast mezi deskou a pozadím, a body tak byly dobře identifikovatelné. Další možností je také signál natřít např. na vozovku nebo střechu. Body musíme umístit vhodně, aby bylo malé riziko jejich poškození nebo zakrytí budovou, stromem, atd. [3]



Obrázek č. 2 Zastínění vlícovacích bodů [4]



Obrázek č. 3 Tvary signálů vlícovacích bodů [4]

Délka ramene signálu v cm $d_{rs} = m_s/500$ a šířka $š_{rs} = m_s/80$. Délka strany čtvercového signálu $d_{sč} = m_s/300$. Ramena by měla být ve stejné výšce a musí se protínat nad stabilizovaným bodem. Náhradní přirozeně signalizované vlícovací body vybíráme s ohledem na měřítko snímkování. U takových bodů jsou velice důležité místopisy. Bod musí být zakreslen v širším okolí, kvůli správné identifikaci. [3]

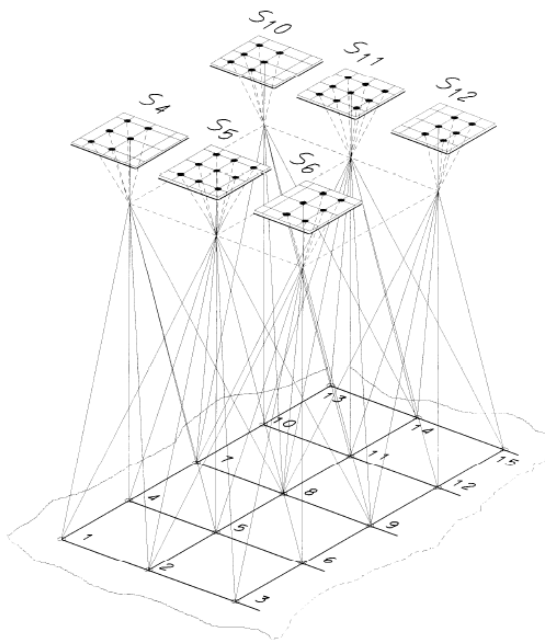
2. AEROTRIANGULACE

Aerotriangulace je metoda, jejímž cílem je určit prvky vnější orientace snímků nebo prvky absolutní orientace modelů. Dále také souřadnice určovaných bodů v objektovém systému. Při této metodě je možné překlenout rozsáhlá území bez vlíčovacích bodů, a to pomocí tzv. navazovacích bodů. Přesnost aerotriangulace závisí na mnoha faktorech. Je to měřítko snímku, přesnost měření snímkových souřadnic, počet navazovacích bodů, použitý matematický model a počet, poloha a přesnost vlíčovacích bodů. [3]

2.1. VYROVNÁNÍ BLOKU SVAZKŮ

Aerotriangulaci je možné řešit dvěma způsoby. Jedním z nich je právě vyrovnání bloku svazků, který je přesnější, protože se zde neuplatňuje vliv zbytkových systematických chyb z relativní orientace, jako je tomu u druhé metody nazývané vyrovnání nezávislých modelů. [3] Výhodou této metody je, že k paprskovým svazkům vyrovnávaným v blocích, lze při vyrovnání přidávat doplňkové parametry a další měření. [1]

Vstupními daty pro tento typ vyrovnání jsou snímkové souřadnice navazovacích a vlíčovacích bodů, geodetické souřadnice vlíčovacích bodů a přibližné hodnoty prvků vnější orientace. Základní jednotkou je snímek. Snímkové souřadnice s odpovídajícím projekčním centrem určují prostorový svazek paprsků. Princip spočívá v tom, že jsou svazky paprsků umístěny (X_0, Y_0, Z_0) a pootočený $(\omega, \varphi, \kappa)$, takže se svazky paprsků protínají, jak nejlépe je možné, v navazovacích bodech a procházejí vlíčovacími body jak nejlépe je možné. Provedením tohoto vyrovnání zjistíme vztahy mezi snímkovými a objektovými souřadnicemi a vypočítáme prvky vnější orientace všech snímků bloku. [3]



Obrázek č. 4 Blok svazků paprsků [4]

Vztah mezi snímkovými a objektovými souřadnicemi je popsán těmito rovnicemi dle [3]:

$$x = x_0 - c \frac{r_{11}(X - X_0) + r_{21}(Y - Y_0) + r_{31}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} = F(x)$$

$$y = y_0 - c \frac{r_{12}(X - X_0) + r_{22}(Y - Y_0) + r_{32}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} = G(y)$$

Linearizací těchto rovnic získáme rovnice oprav pro bod i a snímek j :

$$v_{xij} = a_1 dX_{0j} + a_2 dY_{0j} + a_3 dZ_{0j} + a_4 d\omega_j + a_5 d\phi_j + a_6 d\kappa_j + a_7 dX_i + a_8 dY_i + a_9 dZ_i - (x_{ij}^m - x_{ij}^0)$$

$$v_{yij} = b_1 dX_{0j} + b_2 dY_{0j} + b_3 dZ_{0j} + b_4 d\omega_j + b_5 d\phi_j + b_6 d\kappa_j + b_7 dX_i + b_8 dY_i + b_9 dZ_i - (y_{ij}^m - y_{ij}^0)$$

x_{ij}^m, y_{ij}^m jsou měřené snímkové souřadnice

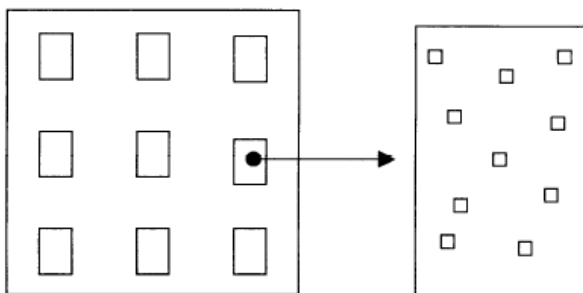
x_{ij}^0, y_{ij}^0 jsou snímkové souřadnice vypočtené z přibližných hodnot

a_i, b_i jsou parciální derivace funkcí $F(x)$ a $G(y)$:

$$a_i = \frac{\partial F}{\partial X_0}, b_i = \frac{\partial G}{\partial X_0}$$

2.2. AUTOMATIZACE V AEROTRIANGULACI

Tento způsob aerotriangulace generuje automaticky navazovací body. Body jsou vyhledány pomocí interest operátoru, následně je na základě korelačního algoritmu zjištěno, které body si odpovídají a dále jsou ověřeny pomocí geometrické podmínky. Tímto způsobem je nahrazeno zdlouhavé manuální měření navazovacích bodů. Body jsou vybírány buď v celé překrytové ploše snímkové dvojice, nebo v devíti standardních pozicích [4]– viz obrázek č. 5



Obrázek č. 5 Pozice pro výběr navazovacích bodů [4]

3. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O PROJEKTU

V této kapitole jsou popsány základní informace o projektu, kterými jsou údaje o použité kameře a lokalita pořízených snímků.

3.1. POPIS LOKALITY

Pro zpracování bakalářské práce bylo využito digitálních leteckých snímků lokality Brno- Líšeň. Je to městská část na východě statutárního města Brna. Zájmová oblast je vyznačena na obrázku č. 6 a obrázku č. 7



Obrázek č. 6 Městská část Brno – Líšeň [5]



Obrázek č. 7 Zájmová lokalita [6]

3.2. INFORMACE O POUŽITÉ KAMERĚ

Letecké snímky byly pořízeny v měřítku 1: 10 000. K jejich pořízení byla použita digitální kamera GbCam3, kterou vyvíjí firma Geodis Brno, s.r.o. Je to systém umístěný ve speciálním držáku, který se skládá z 5 kamer. Jedna kamera míří svislým směrem a další 4 kamery do 4 různých směrů. [7] Tato kamera tak umožňuje pořizovat svislé nebo šikmé digitální letecké snímky pro speciální oblasti obrazových aplikací, ve kterých využití velkoformátové měřické filmové kamery není možné nebo není ekonomicky proveditelné. [8] V následující tabulce jsou uvedeny její parametry udávané v kalibračním protokolu kamery.

Tabulka č. 1 Parametry kamery

Ohnisková vzdálenost	49,752 mm							
Rozměr pixelu	6,8 μm x 6,8 μm							
Rozměr snímku	osa X: 49,1504 mm				osa Y: 36,9104 mm			
	osa X: 7228 pix				osa Y: 5428 pix			
Počátek souřadnicového systému	osa X = 3613,5 pix				osa Y = 2713,5 pix			
Souřadnice hlavního bodu snímku	osa X = 0,026 mm				osa Y = 0,358 mm			
Zkreslení	vzdálenost	0	5,1	10,2	15,3	20,4	25,5	30,6
	velikost	0	44	66	51	0	-63	-76

4. ZPRACOVÁNÍ LETECKÝCH SNÍMKŮ

4.1. PROGRAM PHOTOMOD 4.3

Program Photomod 4.3 je produktem ruské firmy Racurs. Tato společnost byla založena v roce 1993 a již v roce 1994 byla první dostupná verze systému Photomod. Photomod 4.3 byl jedním z prvních digitálních fotogrammetrických systémů na trhu a dnes je dobře známý po celém světě, kam ho distribuují dealeri firmy Racurs. Distributorem pro Českou a Slovenskou republiku je firma Geodis Brno, s.r.o. Výhodou tohoto programu je široká škála datových výstupů jako jsou 3D modely, digitální mapy, ortofotomapy, digitální modely terénu. [9]

Je to modulární systém. Každý modul má své nezastupitelné místo v celkovém postupu zpracování projektu. Systém Photomod zahrnuje 10 modulů. [10]

PHOTOMOD AT - modul pro aerotriangulaci

PHOTOMOD Solver - zahrnuje modul SolverA a SolverS, které slouží pro blokové vyrovnání snímků.

PHOTOMOD DTM - zde je zahrnuta řada nástrojů pro tvorbu a editaci digitálních modelů terénu

PHOTOMOD StereoDraw - tento model slouží pro tvorbu a editaci 3D objektů v režimu stereo

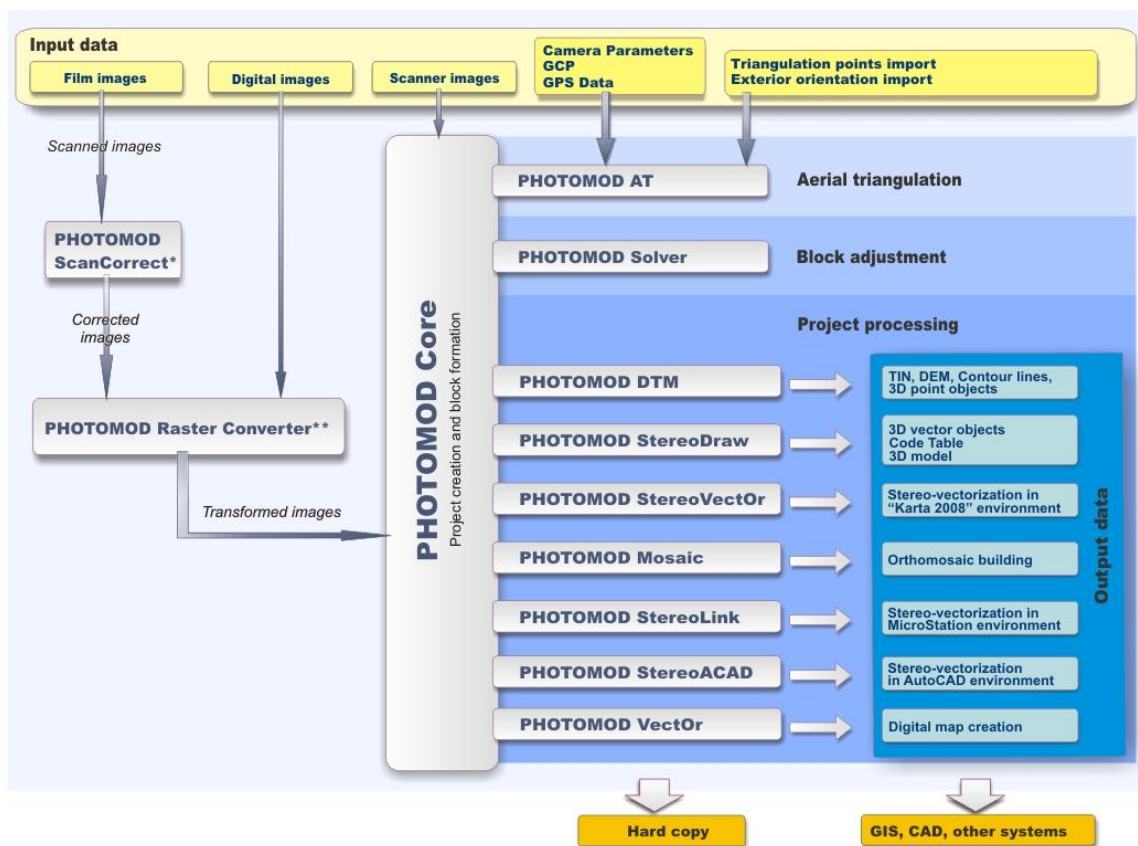
PHOTOMOD Mosaic - Photomod Mosaic modul se užívá pro ortorektifikaci a mozaikování leteckých a satelitních snímků

GIS Panorama 2011 Mini - modul pro tvorbu digitálních map

PHOTOMOD StereoVectOr - je to modul pro úpravy digitálních map ve formátu GIS Panorama 2011 Mini


PHOTOMOD StereoLink - modul určený pro vektorizace užitím systému MicroStation v režimu stereo

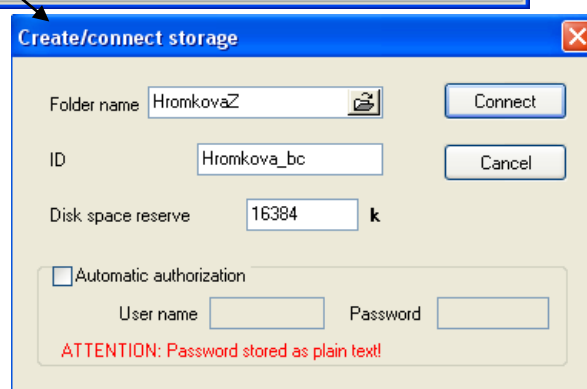
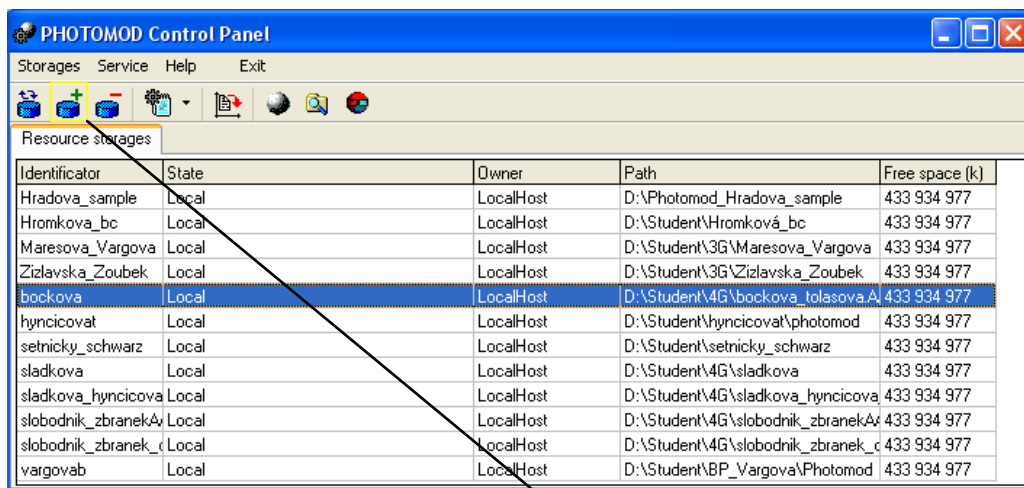
PHOTOMOD ScanCorrect - modul pro geometrické kalibrace scannerů



Obrázek č. 8 Schéma zpracování projektu v programu Photomod [10]

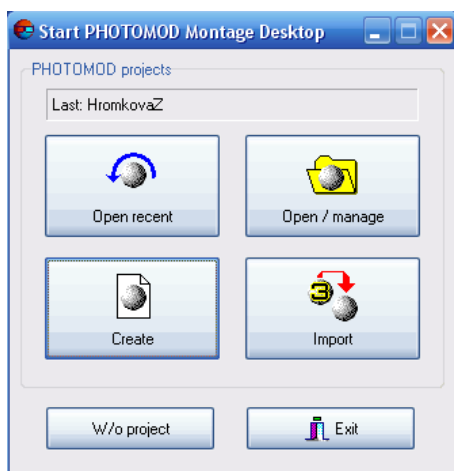
4.2. INICIALIZACE PROJEKTU

Při zakládání nového projektu je nejdříve nutné pomocí *PHOTOMOD Control panel* určit tzv. skladiště, kam jsou ukládány datové zdroje. Pomocí tlačítka  vyvoláme okno *Create/Connect Storage*, kam uvedeme složku, kde bude skladiště uloženo a název v poli ID.

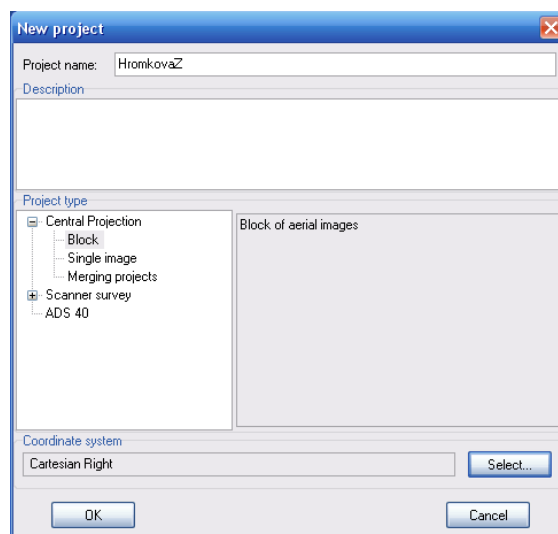


Obrázek č. 9 Vytvoření skladiště

Po připojení se spustí dialogové okno *Montage Desktop*. Zde je možné otevřít nový projekt nebo poslední užívaný projekt, vytvořit nový projekt a nainportovat externí data. Zvolíme ikonu pro vytvoření nového projektu, tedy tlačítko *Create*. V následujícím okně uvedeme název projektu a zvolíme souřadnicový systém (Cartesian right).

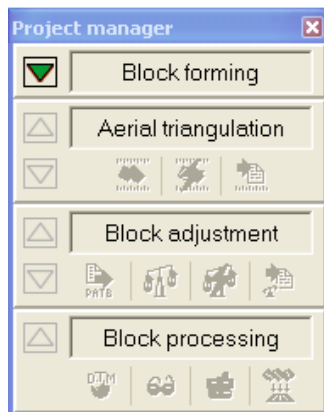


Obrázek č. 10 Montage Desktop



Obrázek č. 11 New project

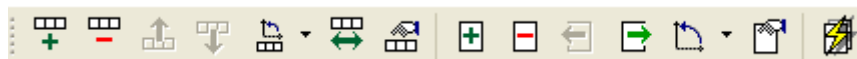
Dále je nutné vybrat námi vytvořené datové skladiště, kam budou data ukládána. Po založení nového projektu se při dalším zpracování snímků využívá průvodce *Project manager*, kde je projekt rozdělen do čtyř fází, a to *Block forming*, *Aerial triangulation*, *Block adjustment*, *Block processing*.



Obrázek č. 12 Project manager


4.3. FORMOVÁNÍ BLOKU

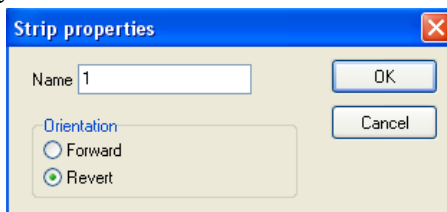
Formování bloku (*block forming*) je první fází při práci s projektem. S využitím panelu nástrojů *block forming*, popřípadě *block editor* je možné vymezit název letových řad, počet letových řad, počet snímků v jednotlivých řadách a zároveň jejich pořadí a orientace.




Obrázek č. 13 Block forming

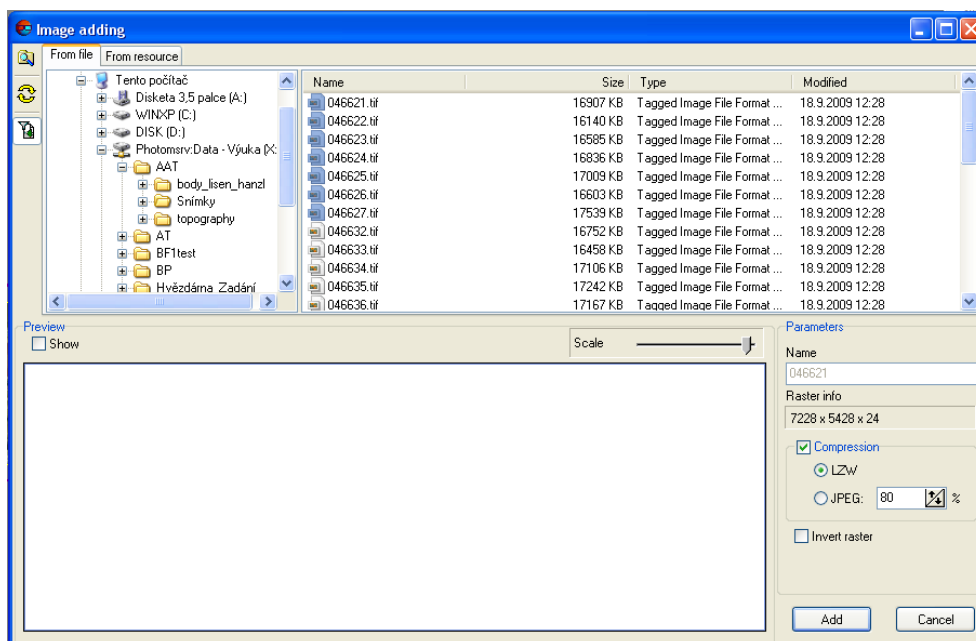
4.3.1. IMPORT SNÍMKŮ

Prvním krokem této etapy je vytvoření řady, kam budou snímky importovány. Po stisknutí tlačítka *add strip*  se otevře dialogové okno *Strip properties*, kam uvedeme název a orientaci letové řady.




Obrázek č. 14 Název letové řady

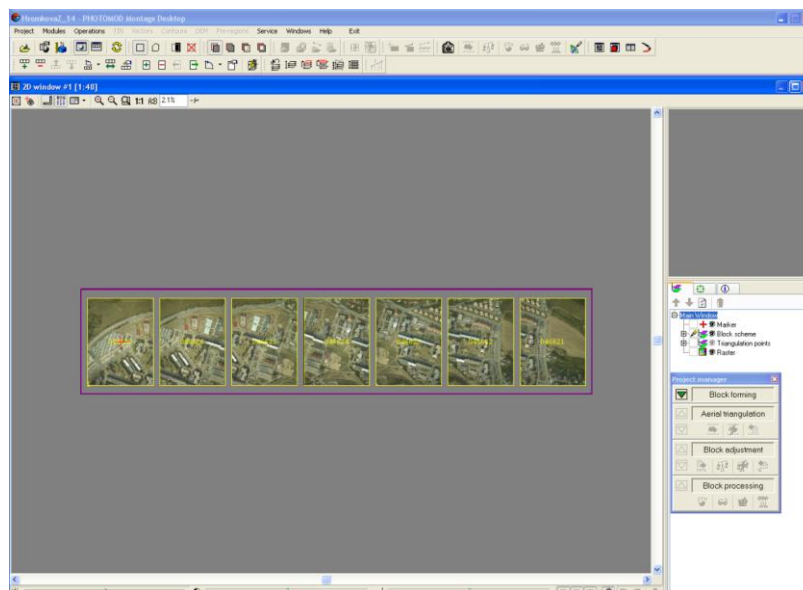
Poté je možné přidávat do řady jednotlivé snímky. Nejdříve je nutné označit řadu, kam mají být snímky importovány a poté stisknout tlačítko *add images* . Tímto krokem je vyvoláno okno *Image adding*, kde vybereme ze souboru všechny snímky, které do příslušné letové řady patří.



Obrázek č. 15 Import snímků


Po přidání snímků je možné pomocí dalších ikon panelu *block forming*, popřípadě *block editor* (viz obr.č. 13) dále upravovat vzájemné pořadí snímků, jejich orientaci, případně snímky nebo celou letovou řadu odstranit. Poté je nutný převod snímků do interního formátu Photomodu. Tento proces vyvoláme stisknutím ikony *Perform pending raster adding* .

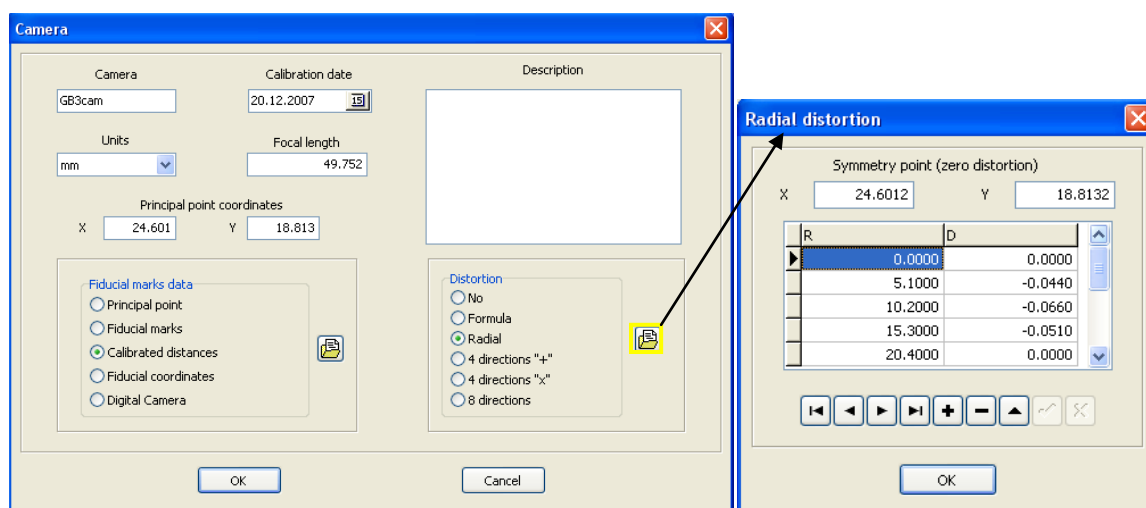
Z obrázku č. 16 je patrné, že v této práci byla použita jedna letová řada, obsahující 7 snímků, které jsou označeny čísly 046621-046627.



Obrázek č. 16 Letová řada

4.3.2. EDITACE KAMERY

Pro nastavení použité kamery je nutné znát prvky vnitřní orientace této kamery, které uvádí výrobce. Je to konstanta kamery (ohnisková vzdálenost), poloha hlavního bodu a radiální zkreslení. Jejich nastavení se provádí v okně pro editaci kamery vyvolané stisknutím ikony *start camera editor*  .




Obrázek č. 17 Editace kamery

Jelikož neexistují společná pravidla pro znaménka zkreslení, je v případě špatných výsledků vyrovnání (jako tomu bylo v našem případě) potřeba použít opačná znaménka oproti udávaným v kalibračním protokolu. [11]


Po dokončení a potvrzení těchto nastavení můžeme přejít k další fázi zpracování projektu.

4.4. AEROTRAINGULACE

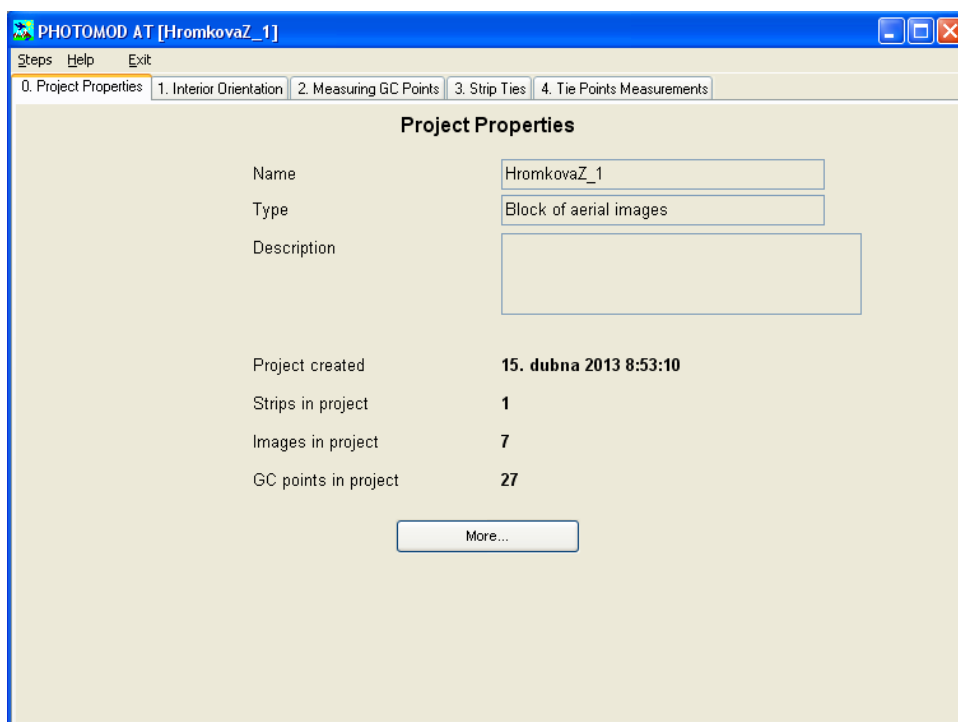
Po importu snímků a editaci kamery přejdeme k druhé etapě, kterou je aerotriangulace. Do tohoto režimu se dostaneme v okně *Project manager* pomocí ikony . Zde máme možnost využít manuální a automatické měření navazovacích bodů. Tento modul umožňuje také import vnějších prvků orientace



Obrázek č. 18 Aerotriangulace


V bakalářské práci bylo nejdříve aplikováno měření manuální. Proces spustíme ikonou .

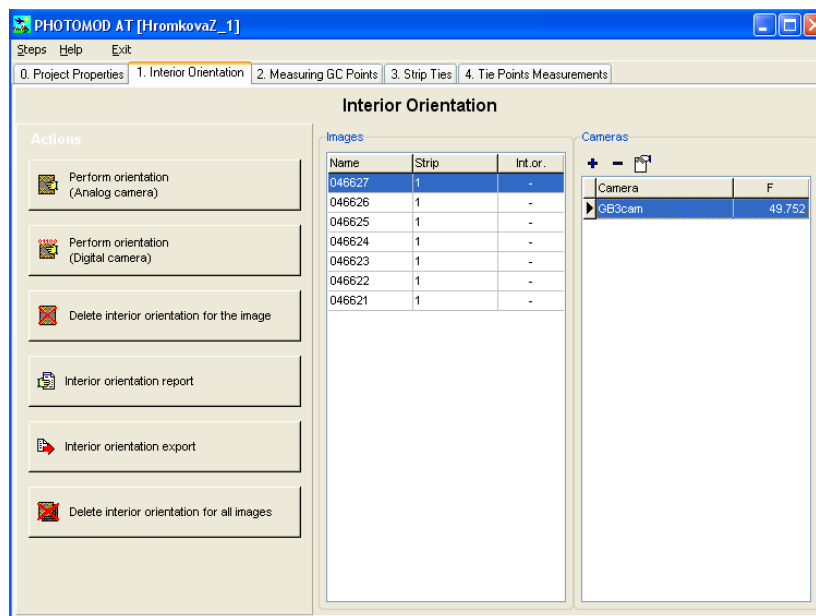
V modulu aerotriangulace dochází k vnitřní orientaci snímků, importu a měření vlíčovacích bodů a poté k měření navazovacích bodů. V kroku 0 – *Project properties* jsou popsány základní údaje o projektu.




Obrázek č. 19 Vlastnosti projektu

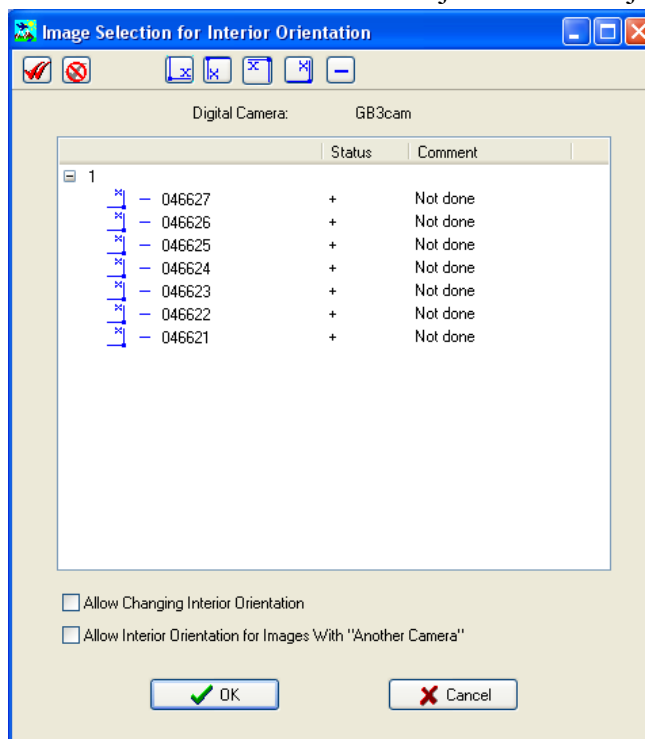
Interior Orientation

Prvním krokem je tedy vnitřní orientace bloku snímků. Spočívá v načtení námi dříve editované kamery pomocí ikony  Viz obrázek č. 20


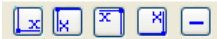


Obrázek č. 20 Vnitřní orientace

Jakmile kameru vybereme, je třeba provést samotnou orientaci. Tento krok provedeme stisknutím tlačítka . Objeví se následující okno:



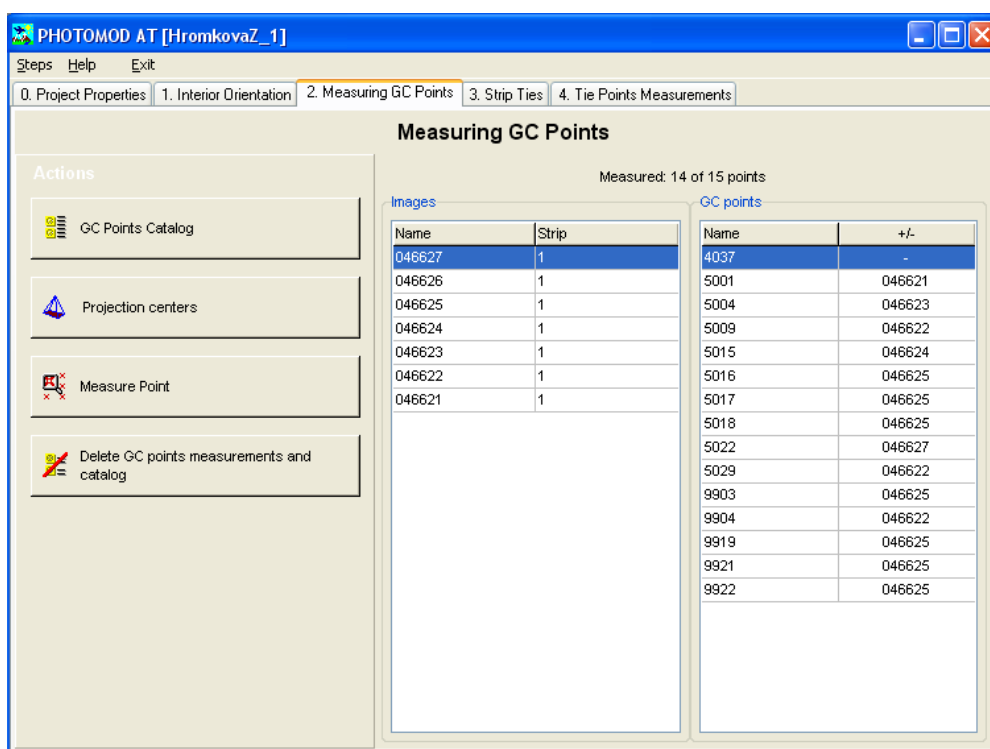
Obrázek č. 21 Vnitřní orientace bloku snímků

Jestliže zvolíme možnost *Auto* , systém snímkům automaticky přiřadí směr souřadnicových os. Ten je možné upravovat také ručně pomocí následujících ikon . Tímto je provedena vnitřní orientace snímků a můžeme přejít k další fázi zpracování snímků.

Measuring GC Points

V kroku *Measuring GC Points* se provádí import souřadnic projekčních center a vřícovacích bodů a dále samotné měření vřícovacích bodů.

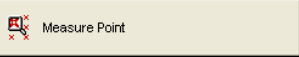
Import souřadnic vřícovacích bodů a projekčních center je možný po stisknutí ikon *GC Points Catalog* a *Projection centers* v levé části okna.

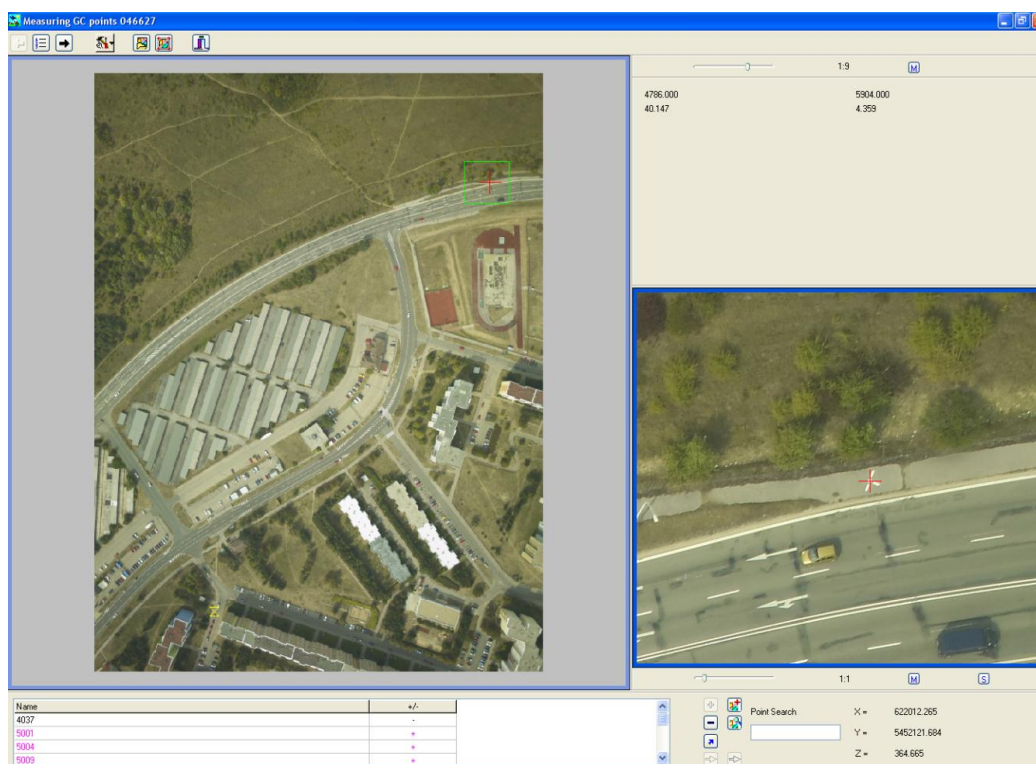


Obrázek č. 22 Vřícovací body


Name	Type	X	Y	Z	Weight X	Weight Y	Weight Z	Comment
9901	Gr. control	620321.807	5452082.552	297.570	1.00	1.00	1.00	
9902	Gr. control	621140.304	5452230.423	336.090	1.00	1.00	1.00	
9903	Gr. control	622123.577	5452556.748	384.790	1.00	1.00	1.00	
9904	Gr. control	622845.050	5452559.651	392.830	1.00	1.00	1.00	
9905	Gr. control	620594.260	5450670.586	284.950	1.00	1.00	1.00	
9906	Gr. control	621336.347	5450762.258	303.760	1.00	1.00	1.00	
9907	Gr. control	622296.426	5450855.204	312.040	1.00	1.00	1.00	
9908	Gr. control	623125.226	5450926.795	351.620	1.00	1.00	1.00	
9909	Gr. control	620669.335	5449212.719	286.240	1.00	1.00	1.00	
9910	Gr. control	621601.716	5449182.508	289.350	1.00	1.00	1.00	
9911	Gr. control	622422.901	5449348.683	322.250	1.00	1.00	1.00	
9912	Gr. control	623295.613	5449377.399	334.980	1.00	1.00	1.00	
9913	Gr. control	620817.234	5451496.431	339.770	1.00	1.00	1.00	
9914	Gr. control	621075.041	5449916.752	292.740	1.00	1.00	1.00	
9915	Gr. control	622909.095	5450176.450	308.230	1.00	1.00	1.00	
9916	Gr. control	622624.941	5451743.967	377.090	1.00	1.00	1.00	
9917	Gr. control	621713.534	5451667.364	337.810	1.00	1.00	1.00	
9918	Gr. control	621939.061	5450107.238	295.960	1.00	1.00	1.00	

Obrázek č. 23 Import souřadnic vřícovacích bodů

Po načtení seznamu souřadnic vybraných bodů, přejdeme k samotnému měření vřícovacích bodů, a to stisknutím tlačítka . Otevře se okno s vybraným snímkem.



Obrázek č. 24 Měření vřícovacích bodů

Každý vlíčovací bod je změřen na jednom snímku. Nejdříve v tabulce vybereme bod, který chceme změřit a vyhledáme ho na snímku pomocí kurzoru. V pravém, detailním okně upravíme polohu kurzoru a stiskneme ikonu . Tímto způsobem pokračujeme, dokud nezměříme všechny vlíčovací body.

Pro nalezení vlíčovacích bodů ve zpracovávané oblasti, bylo použito jejich místopisů a přehledného náčrtu vlíčovacích bodů.

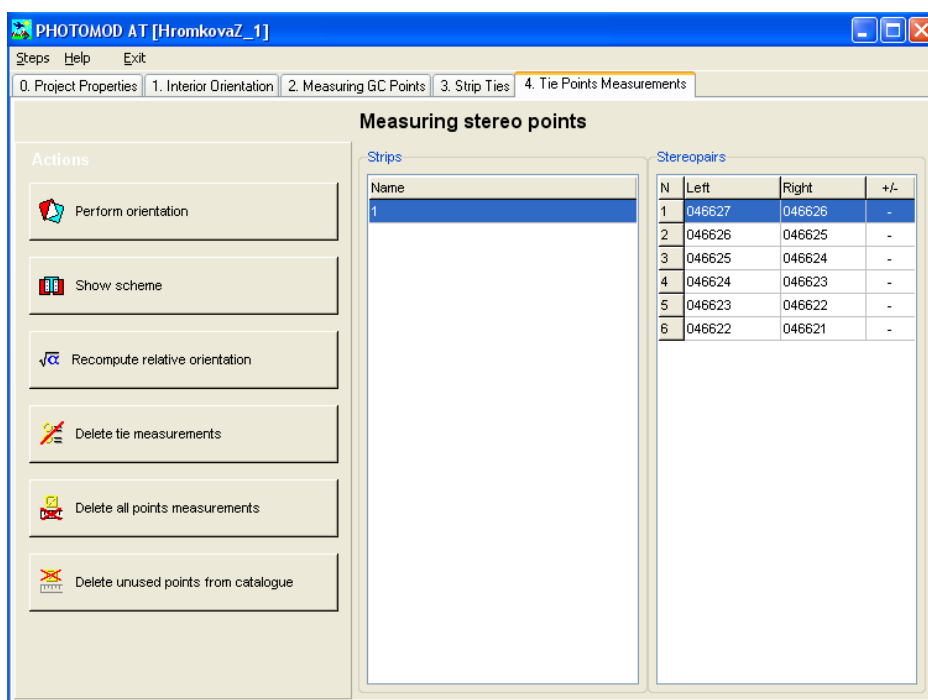
Tie Points Measuring

Měření navazovacích bodů je další etapou. Body se nejdříve měří mezi řadami a poté v rámci jedné řady. V této práci bylo pro porovnávání metod generace navazovacích bodů použito jedné řady snímků, proto byl krok *3-Strip Ties* vynechán a přešlo se ke kroku *4-Tie points Measurement*.

Měřením navazovacích bodů dochází ke vzájemnému spojení snímků a poté modelů letových řad. Samotné měření těchto bodů může být provedeno třemi způsoby [11]:

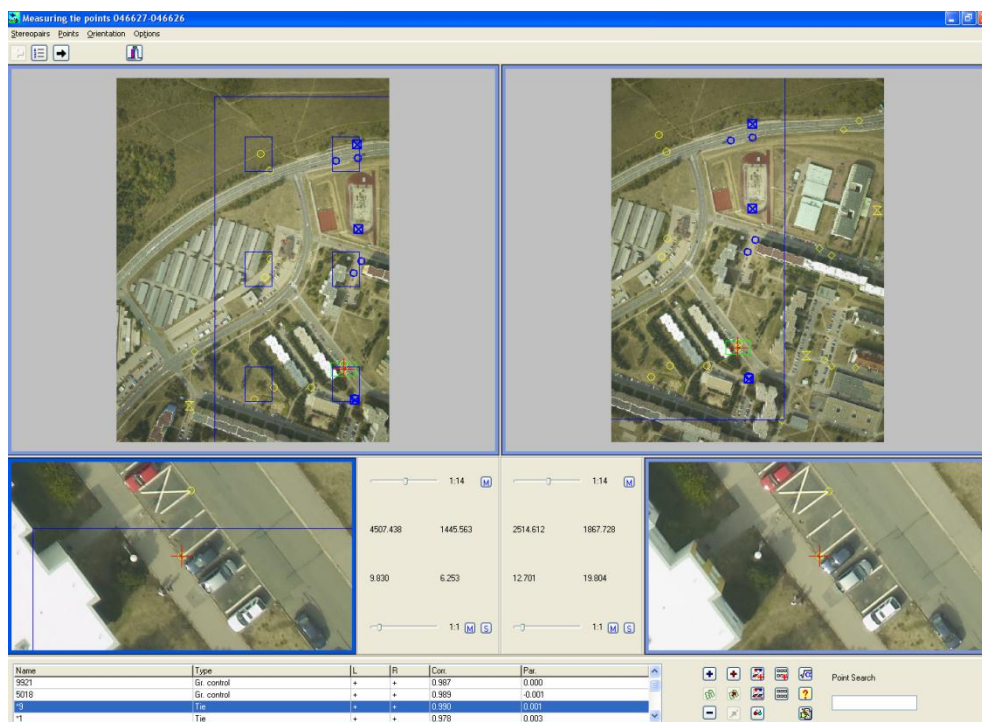
- Manuální umístění značky na obou snímcích
- Manuální umístění značky na jednom snímku a jeho transformace na sousední snímek pomocí korelace
- Manuální umístění značky ve stereo modu

Při měření byly použity první dvě metody.



Obrázek č. 25 Navazovací body

Manuální měření navazovacích bodů zahájíme stisknutím tlačítka *Perform orientation*. Zobrazí se nám tak okno s vybranou stereodvojíci vybrané letové řady.



Obrázek č. 26 Měření navazovacích bodů

Na obou snímcích umístíme kurzor na odpovídající si místo a stiskneme tlačítko *add with correlation* . Další možností je, že v tabulce označíme existující, již změřený bod a na sousedním snímku označíme dané místo kurzorem. Bod změříme pomocí ikony *Transfer with correlation* .

Pro výpočet relativní orientace stereodvojice je potřeba stisknout *Calculate relative orientation* a poté zkontrolovat přesnost pomocí vertikální paralaxy. Z měření byly vyloučeny body, jejichž paralaxa přesáhla hodnotu 0,020mm.


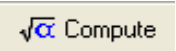
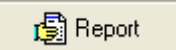
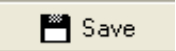
4.5. VYROVNÁNÍ BLOKU SNÍMKŮ

Vyrovnání bloku snímků je další etapou v práci se snímky. Do tohoto režimu se opět dostaneme pomocí tlačítka . Samotné vyrovnání spustíme ikonou *Start Solver* .

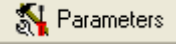


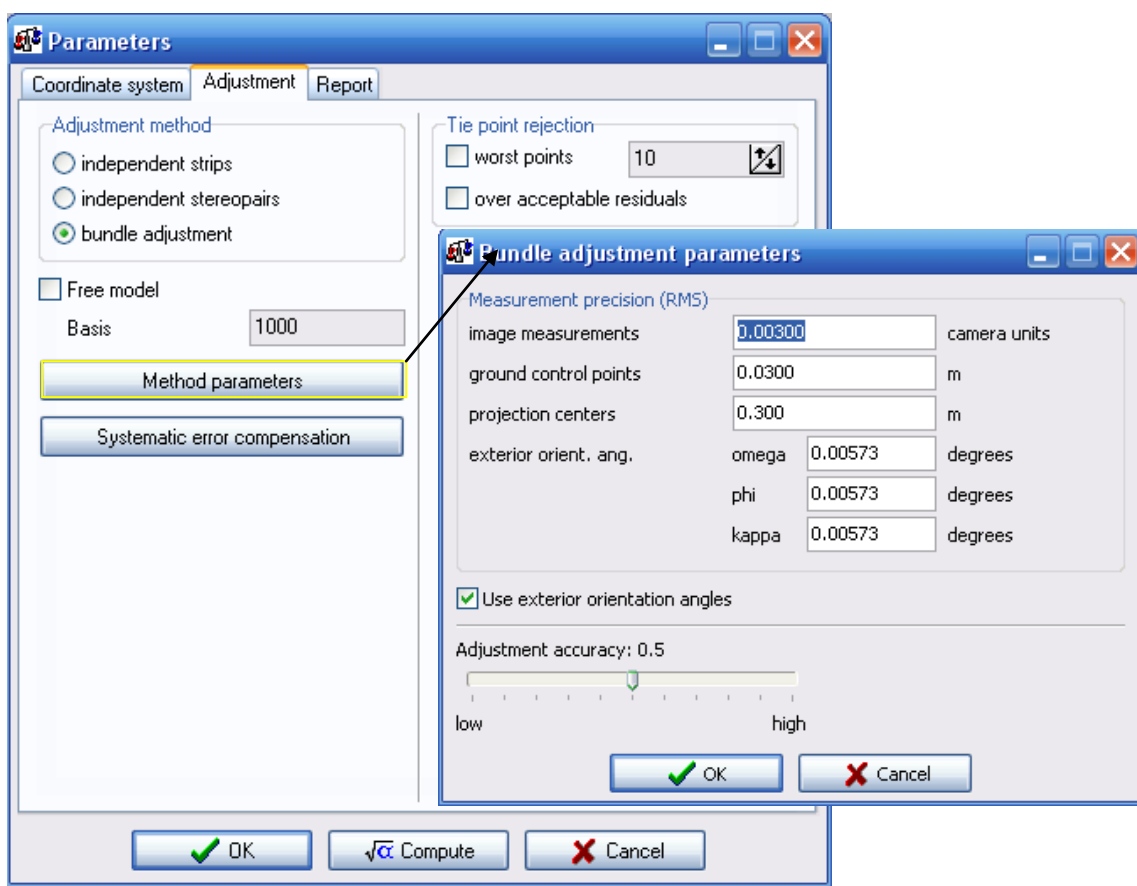
Obrázek č. 27 Vyrovnání bloku snímků

V horní části okna PHOTOMOD *Solver* jsou vlastní tlačítka, která umožňují provést proces vyrovnání [12]:

 Parameters	- otevře okno pro nastavení parametrů vyrovnání
 Compute	- spustí proces vyrovnání
 Report	- otevře okno s výsledky vyrovnání
 Save	- uloží výsledky vyrovnání

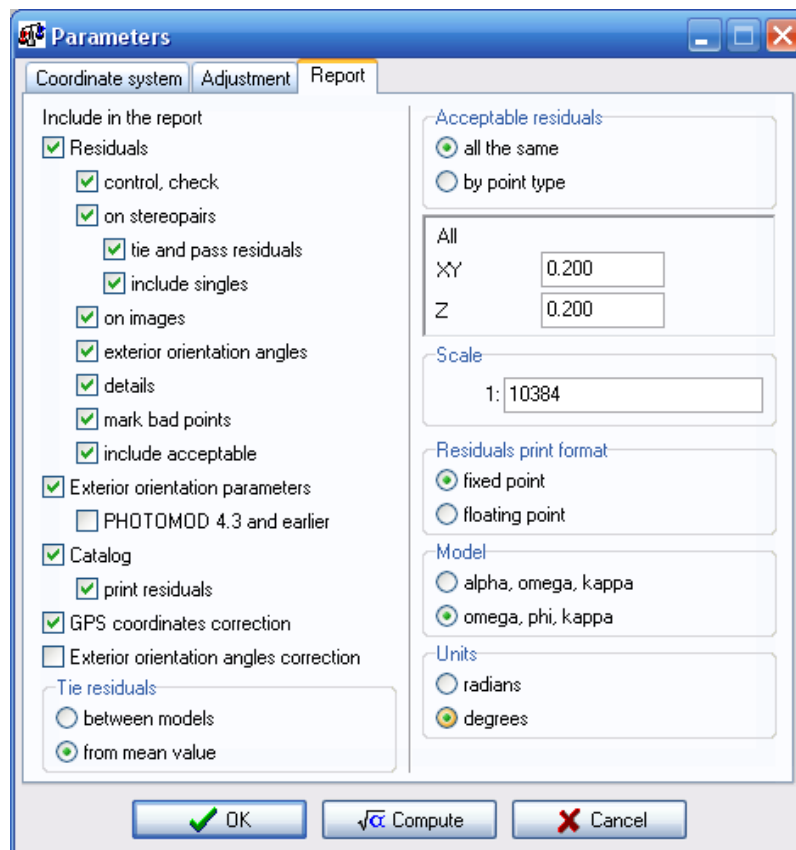
PHOTOMOD *Solver* nabízí tři algoritmy pro výpočet vyrovnání, kterými jsou *Nezávislé řady*, *Nezávislé stereo-dvojice* a *Vyrovnání bloku svazků*. V této bakalářské práci bylo pro vyrovnání využito poslední metody, tedy *Vyrovnání bloku svazků*.

Po stisknutí ikony  Parameters máme možnost v následujícím okně nastavit souřadnicový systém, výpočetní parametry a parametry protokolu vyrovnání. Z obrázků č. 28 a č. 29 jsou zřejmá použitá nastavení v bakalářské práci.



Obrázek č. 28 Parametry vyrovnání

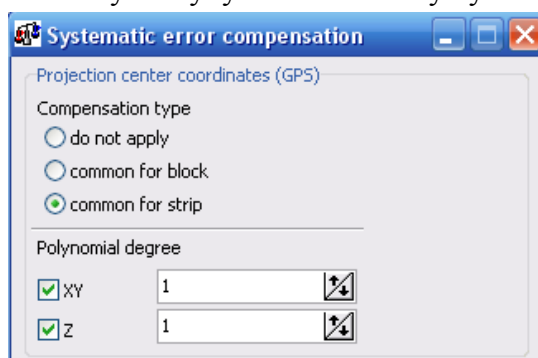
Nastavené přesnosti vstupních dat jsou následující: střední souřadnicová chyba v poloze vlíčovacího bodu $\sigma_{X,Y,Z} = 0,03\text{m}$, střední souřadnicová chyba v poloze projekčního centra $\sigma_{X,Y,Z} = 0,30\text{m}$ a střední souřadnicová chyba pro měření navazovacích bodů na snímku $\sigma_{x,y} = 0,003\text{mm}$. Přesnost měření snímkových souřadnic se určuje s ohledem na velikosti pixelu kamery, která je v našem případě $6,8\mu\text{m}$, souřadnicová chyba pro měření bodů na snímku byla zvolena přibližně 1/3 této hodnoty.



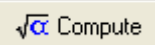
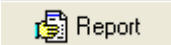
Obrázek č. 29 Protokol vyrovnání

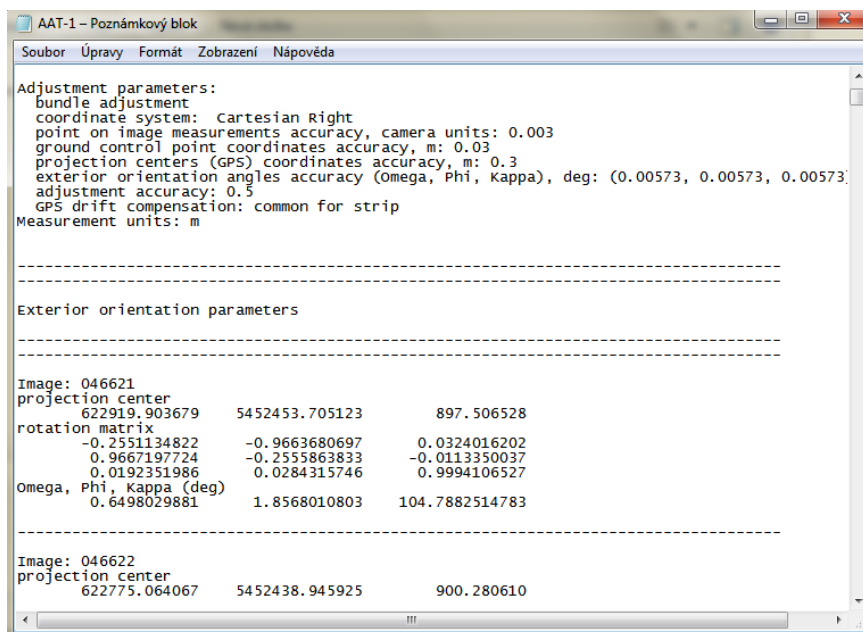
Dále je také možné kompenzovat některé systematické chyby vyrovnání pomocí *Parameters* → *Adjustment* → *Systematic error compensation*.

V případě, že jsou souřadnice projekčních center získány metodou GNSS, je možné vypočítat opravy souřadnic. Obvykle by tyto korekce měly být brány v úvahu. [12]



Obrázek č. 30 Korekce souřadnic projekčních center

Jakmile provedeme veškerá nastavení, je nutné zahájit výpočet vyrovnání . Po stisknutí tlačítka  se nám otevře okno s protokolem vyrovnání.



Obrázek č. 31 Protokol vyrovnání

V následující tabulce jsou uvedeny výsledky manuálního měření ve srovnání s automatickým vyhodnocením navazovacích bodů. Jsou zde srovnány dosažené střední chyby na vlíčovacích bodech.

Tabulka č. 2 Dosažené střední chyby na vlíčovacích bodech

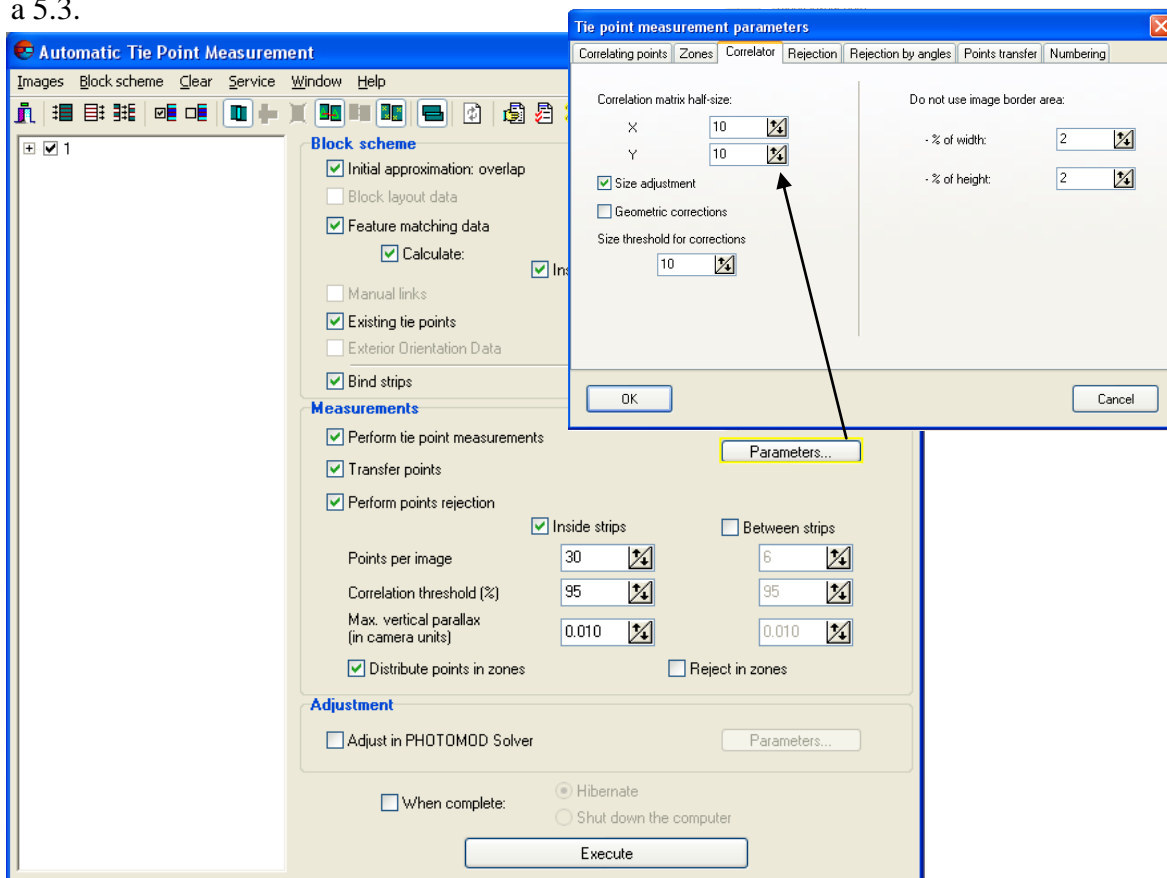
Označení testu	Počet navazovacích bodů	$\sigma_{x,y}$ [m]	σ_z [m]
AT manual	54	0,015	0,005
AAT-26*	351	0,021	0,009

Označení AT manual značí pouze manuální měření navazovacích bodů; AAT-26* je test pro automaticky generované navazovací body bez manuálního základu, Nastavení jednotlivých parametrů tohoto testu je uvedeno v tabulce č. 3. Z tabulky č. 2 vyplývá, že výsledné střední chyby na vlíčovacích bodech se liší pouze v řádech milimetrů, i když se výrazně liší množstvím změřených, popřípadě automaticky vygenerovaných bodů.


5. ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

5.1. GENERACE NAVAZOVACÍCH BODŮ

V této práci bylo provedeno několika variant vyrovnání při různě nastavených parametrech generace navazovacích bodů. Byly porovnány hodnoty prvků vnější orientace a souřadnic určených bodů. Výsledky tohoto testování jsou uvedeny v kapitole 5.2. a 5.3.



Obrázek č. 32 Automatické měření navazovacích bodů

Na obrázku č. 32 je okno pro nastavení parametrů generace navazovacích bodů vyvolané stisknutím tlačítka  v režimu aerotriangulace. V panelu *Measurement* je možné nastavit počet bodů v řadě, korelační práh a přijatelnou maximální vertikální paralaxu. Tyto hodnoty byly v bakalářské práci pozměňovány, včetně velikosti korelační matice: *Parameters*→*Correlation*. V jednom z testů bylo také zjišťováno, jaký vliv na výsledky má vyhledávání navazovacích bodů v zapnutých/vypnutých zónách: *Distribute points in zones*.

Jakmile jsou nastaveny parametry pro generaci navazovacích bodů, stiskneme tlačítko *Execute*. Tímto je spuštěn výpočet, jehož výsledkem je protokol s informacemi o relativní orientaci a také statistiky týkající se stereodvojic a trojic. [13] Poté přejdeme opět k režimu vyrovnání bloku svazků.

Jednotlivé testované kombinace jsou uvedeny v následující přehledné tabulce:

Tabulka č. 3 Nastavení parametrů pro generaci navazovacích bodů

Označení testu	PI	CT [%]	MVP [mm]	CM
AAT-1	30	92	0,010	10
AAT-2	30	95	0,010	10
AAT-3	30	97	0,010	10
AAT-4	30	92	0,010	7
AAT-5	30	95	0,010	7
AAT-6	30	97	0,010	7
AAT-7	30	92	0,007	10
AAT-8	30	95	0,007	10
AAT-9	30	97	0,007	10
AAT-10	30	95	0,007	7
AAT-11	60	92	0,010	10
AAT-12	60	95	0,010	10
AAT-13	60	97	0,010	10
AAT-14	60	92	0,010	7
AAT-15	60	95	0,010	7
AAT-16	60	97	0,010	7
AAT-17	60	92	0,007	10
AAT-18	60	95	0,007	10
AAT-19	60	97	0,007	10
AAT-20	60	95	0,007	7
AAT-21	30	95	0,010	13
AAT-22	60	95	0,010	13
AAT-23-	30	92	0,010	10
AAT-24-	30	95	0,010	10
AAT-25-	30	97	0,010	10
AAT-26*	60	95	0,010	10

PI *Point per image* - počet bodů v řadě (mezi řadami)

CT *Correlation threshold* – korelační práh udávaný v procentech

MVP *Maximal vertical parallax* – hodnota maximální povolené paralaxy

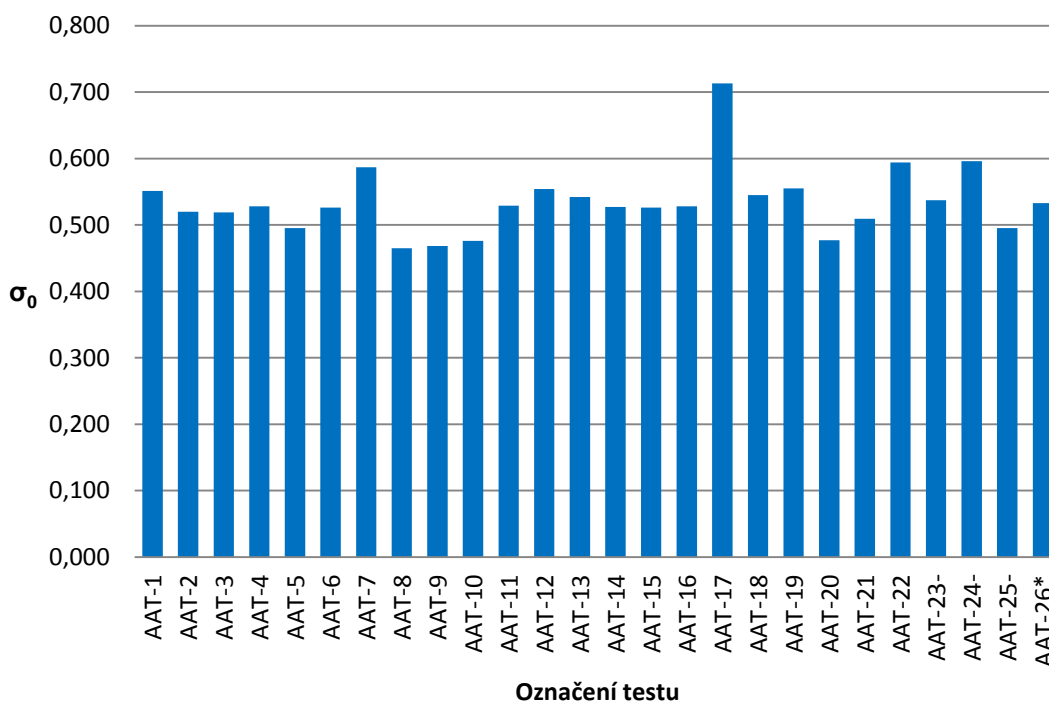
CM *Correlation matrix* – velikost korelační matice

V případě, že je za označením testu pomlčka, bylo pro tyto kombinace vypnuto vyhledávání navazovacích bodů v zónách, označení s hvězdičkou potom značí jen vyhodnocení automatické, bez manuálního základu.

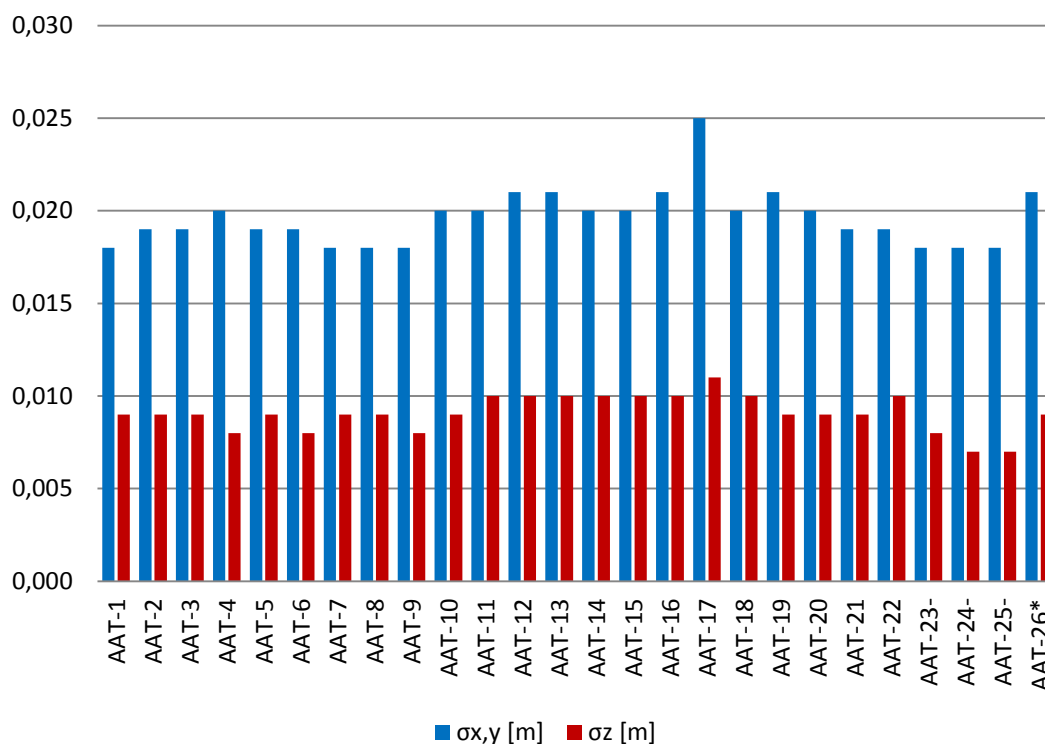
Ve většině testů jsou zároveň srovnány výsledky pro menší a větší počet bodů. V našem případě tedy nastavení 30 a 60 bodů.

V následujících grafech jsou jednotlivé testy nejdříve srovnány na základě střední jednotkové chyby σ_0 a středních souřadnicových chyb na vřícovacích bodech.

Graf č. 1 Dosažené střední jednotkové chyby pro jednotlivé testy



Graf č. 2 Dosažené střední chyby na vřícovacích bodech



Z grafu porovnávajícího střední jednotkové chyby je patrné, že se tyto hodnoty pohybují kolem 0,500. Vyšší hodnoty dosahuje pouze u testu s označením AAT 17. Také v grafu č. 2 střední souřadnicová chyba tohoto testu mírně převyšuje ostatní výsledky. Důvodem může být nevhodná kombinace nastavených parametrů pro vyhledávání navazovacích bodů.

5.2. POROVNÁNÍ PRVKŮ VNĚJŠÍ ORIENTACE

Pro bakalářskou práci byly k dispozici jako vstupní data pouze měřené souřadnice projekčních center. Pro posouzení přesnosti jsou použity rozdíly mezi hodnotami přímo měřenými a hodnotami vypočtenými z vyrovnání. V následujících tabulkách jsou porovnány střední chyby v určení polohy projekčních center.

- 1) V prvním testu byl za proměnlivý parametr zvolen korelační práh. Zvolené hodnoty byly 92%, 95%, 97%.

Tabulka č. 4 Testování pro proměnlivý parametr CT

Označení testu	CT	σ_x [m]	σ_y [m]	σ_z [m]
AAT-1	92%	0,053	0,018	0,106
AAT-2	95%	0,058	0,033	0,127
AAT-3	97%	0,091	0,028	0,128
AAT-11	92%	0,047	0,029	0,136
AAT-12	95%	0,077	0,028	0,144
AAT-13	97%	0,041	0,026	0,137

Pro všechny uvedené testy bylo kromě proměnlivého korelačního prahu zvoleno stejné nastavení, a to: MVP=0,010mm, CM=10, pro testy s označením 1,2,3 bylo zvoleno nastavení PI=30, pro označení 11,12,13 je PI=60.

- 2) V následující tabulce je srovnáno, jaký vliv má na výsledky vyrovnání změna velikosti korelační matice. V tomto případě byly zvolené hodnoty 7,10,13.

Tabulka č. 5 Testování pro proměnlivý parametr CM

Označení testu	CM	σ_x [m]	σ_y [m]	σ_z [m]
AAT-2	10	0,058	0,033	0,127
AAT-5	7	0,053	0,034	0,129
AAT-21	13	0,040	0,026	0,124
AAT-12	10	0,077	0,028	0,144
AAT-15	7	0,038	0,036	0,128
AAT-22	13	0,057	0,026	0,131

Kromě velikosti korelační matice bylo pro jednotlivé testy opět zvoleno stejné nastavení parametrů: MVP=0,010mm, CT=95%, pro označení 2,5,21 je PI=30, pro označení 12,15,22 je PI=60.

- 3) V tomto testu bylo manuální měření porovnáno s čistě automatickou generací navazovacích bodů

Tabulka č. 6 Manuální a automatické měření navazovacích bodů

Označení testu	σ_x [m]	σ_y [m]	σ_z [m]
AT manual	0,059	0,059	0,065
AAT-26*	0,053	0,022	0,147

AT manual je označení ručního měření navazovacích bodů. Test AAT-26* značí pouze automatickou generaci navazovacích bodů s nastavením: CT=95%, MVP=0,010mm, CM=10, PI=60.

- 4) Zde bylo zjišťováno, jaký vliv na výsledky má změna velikosti korelačního prahu při různé velikosti korelační matice.

Tabulka č. 7 Testování pro proměnlivý parametr CT a CM

Označení testu	CT	CM	σ_x [m]	σ_y [m]	σ_z [m]
AAT-1	92%	10	0,053	0,018	0,106
AAT-2	95%	10	0,058	0,033	0,127
AAT-3	97%	10	0,091	0,028	0,128
AAT-4	92%	7	0,078	0,034	0,136
AAT-5	95%	7	0,053	0,034	0,129
AAT-6	97%	7	0,068	0,014	0,124
AAT-11	92%	10	0,047	0,029	0,136
AAT-12	95%	10	0,077	0,028	0,144
AAT-13	97%	10	0,041	0,026	0,137
AAT-14	92%	7	0,089	0,034	0,133
AAT-15	95%	7	0,038	0,036	0,128
AAT-16	97%	7	0,040	0,037	0,146

Nastavení CT a CM je patrné z výše uvedené tabulky, MVP=0,010mm, PI= 30 pro testy 1,2,3,4,5,6, PI=60 pro AAT - 11,12,13,14,15,16.

- 5) V tomto testu byly srovnány výsledky s odlišným nastavením maximální povolené paralaxy. V tomto případě tedy 0,007mm a 0,010mm.

Tabulka č. 8 Testování pro odlišné nastavení MVP

Označení testu	MVP	σ_x [m]	σ_y [m]	σ_z [m]
AAT-2	0,010	0,058	0,033	0,127
AAT-8	0,007	0,068	0,042	0,113
AAT-12	0,010	0,077	0,028	0,144
AAT-18	0,007	0,056	0,025	0,135

Pro jednotlivé testy bylo nastaveno CT=95%, CM=10, PI=30 pro testy 2,8, PI=60 pro označení 12,18.

- 6) Vliv změny velikosti korelačního prahu 92%, 95%, 97% při různém nastavení MVP.

Tabulka č. 9 Testování pro proměnlivý parametr CT a MVP

Označení testu	CT	MVP	σ_x [m]	σ_y [m]	σ_z [m]
AAT-1	92%	0,010	0,053	0,018	0,106
AAT-2	95%	0,010	0,058	0,033	0,127
AAT-3	97%	0,010	0,091	0,028	0,128
AAT-7	92%	0,007	0,075	0,041	0,119
AAT-8	95%	0,007	0,068	0,042	0,113
AAT-9	97%	0,007	0,041	0,032	0,110
AAT-11	92%	0,010	0,047	0,029	0,136
AAT-12	95%	0,010	0,077	0,028	0,144
AAT-13	97%	0,010	0,041	0,026	0,137
AAT-17	92%	0,007	0,056	0,079	0,120
AAT-18	95%	0,007	0,056	0,025	0,135
AAT-19	97%	0,007	0,062	0,029	0,143

Nastavení CT je patrné z tabulky č. 9, ostatní parametry jsou následující CM=10, PI=30 pro testy 1,2,3,7,8,9; PI=60 pro označení 11,12,13,17,18,19.

7) Testování při proměnlivém parametru CM a MVP

Tabulka č. 10 Testování pro odlišně nastavenou velikost CM při různém MVP

Označení testu	CM	MVP	σ_x [m]	σ_y [m]	σ_z [m]
AAT-8	10	0,007	0,068	0,042	0,113
AAT-10	7	0,007	0,050	0,029	0,125
AAT-2	10	0,010	0,058	0,033	0,127
AAT-5	7	0,010	0,053	0,034	0,129
AAT-18	10	0,007	0,056	0,025	0,135
AAT-20	7	0,007	0,041	0,026	0,127
AAT-12	10	0,010	0,077	0,028	0,144
AAT-15	7	0,010	0,038	0,036	0,128

CT=95%, pro testy 8,10,2,5 je PI=30, pro označení 18,20,12,15 je PI=60.

8) Srovnání testů pro zapnuté a vypnuté zóny při vyhledávání navazovacích bodů.

Tabulka č. 11 Testování pro zapnuté a vypnuté zóny při vyhledávání navazovacích bodů

Označení testu	CT	σ_x [m]	σ_y [m]	σ_z [m]
AAT-1	92%	0,053	0,018	0,106
AAT-2	95%	0,058	0,033	0,127
AAT-3	97%	0,091	0,028	0,128
AAT-23-	92%	0,030	0,049	0,099
AAT-24-	95%	0,081	0,067	0,099
AAT-25-	97%	0,088	0,025	0,108

Označení s pomlčkou značí generaci navazovacích bodů s vypnutými zónami pro jejich vyhledávání, hodnoty CT jsou uvedeny v tabulce, MVP = 0,010mm, CM = 10, PI=30.

Z výše uvedených výsledků lze vyčíst, že hodnoty středních chyb jsou pro jednotlivé testované varianty konstantní a liší se v řádech centimetrů. Pouze v ose Z střední chyby přesahují hodnotu 10 cm. V žádné z variant nebyla překročena apriorně stanovená hodnota vstupních dat, a to 0,30 m.

5.3. POROVNÁNÍ SOUŘADNIC URČOVANÝCH BODŮ

V této kapitole jsou srovnány jednotlivé střední chyby počítané z rozdílů souřadnic vypočítaných z dané stereodvojice a souřadnicemi vyrovnanými. Tyto výsledky slouží k porovnání vnitřní přesnosti modelů. Pro přehlednost jsou v tabulce opět uvedeny jednotlivé parametry nastavené při daných testech.

Tabulka č. 12 Dosažené střední chyby vyjadřující vnitřní přesnost modelů

Označení testu	Počet navazovacích bodů	PI	CT [%]	MVP [mm]	CM	$\sigma_{x,y}$ [m]	σ_z [m]
AAT-1	210	30	92	0,010	10	0,014	0,057
AAT-2	213	30	95	0,010	10	0,013	0,053
AAT-3	213	30	97	0,010	10	0,013	0,055
AAT-4	207	30	92	0,010	7	0,012	0,054
AAT-5	203	30	95	0,010	7	0,011	0,051
AAT-6	216	30	97	0,010	7	0,011	0,051
AAT-7	205	30	92	0,007	10	0,013	0,054
AAT-8	203	30	95	0,007	10	0,012	0,053
AAT-9	206	30	97	0,007	10	0,011	0,051
AAT-10	198	30	95	0,007	7	0,011	0,047
AAT-11	371	60	92	0,010	10	0,012	0,052
AAT-12	369	60	95	0,010	10	0,012	0,050
AAT-13	376	60	97	0,010	10	0,012	0,053
AAT-14	334	60	92	0,010	7	0,011	0,049
AAT-15	355	60	95	0,010	7	0,012	0,054
AAT-16	370	60	97	0,010	7	0,013	0,055
AAT-17	361	60	92	0,007	10	0,012	0,054
AAT-18	357	60	95	0,007	10	0,012	0,052
AAT-19	365	60	97	0,007	10	0,012	0,051
AAT-20	344	60	95	0,007	7	0,011	0,051
AAT-21	213	30	95	0,010	13	0,011	0,046
AAT-22	383	60	95	0,010	13	0,012	0,053
AAT-23-	123	30	92	0,010	10	0,011	0,052
AAT-24-	128	30	95	0,010	10	0,012	0,056
AAT-25-	130	30	97	0,010	10	0,011	0,047
AAT-26*	351	60	95	0,010	10	0,011	0,051

Také v tomto případě jsou zjištěné střední chyby pro jednotlivé varianty obdobné a liší se v řádech milimetrů. Za povšimnutí ovšem stojí výsledky porovnání automatické generace navazovacích bodů s vypnutými zónami pro vyhledávání těchto bodů. Automatický proces měření vyhodnotil téměř o 40% bodů méně.

V protokolech o vyrovnání jsou také udávány střední chyby souřadnic pro měření navazovacích bodů na snímku. U žádného z testů nebyla překročena apriorně stanovená hodnota $\sigma_{x,y} = 0,003\text{mm}$.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo automaticky generovat navazovací body při různě nastavených parametrech, poté mezi sebou porovnat výsledky a přehledně je zpracovat do tabulek, popřípadě grafů.

V úvodu popisuji obecné informace o letecké fotogrammetrii a pořízení leteckých snímků, včetně problematiky vlíčovacích bodů. V následující kapitole je popsána aerotriangulace. Jelikož se v práci věnuji jak manuálnímu měření navazovacích bodů, tak automatické generaci těchto bodů, jsou v kapitole *Aerotriangulace* obecně popsány obě metody. V dalších kapitolách jsem přešla ke konkrétním informacím o projektu a k praktickému vyhodnocení leteckých snímků. Nejdříve popisuji inicializaci projektu a formování bloku snímků, dále samotnou aerotriangulaci a vyrovnání bloku svazků.

V poslední kapitole *Zpracování výsledků* jsou zpracovány a porovnány výsledky jednotlivých testů. Bylo zjištěno, že i při různě nastavených parametrech generace navazovacích bodů se od sebe liší výsledky pouze nepatrně při stejně nastavených apriorních přesnostech vstupních dat. Při porovnání prvků vnější orientace je to v řádech centimetrů, při srovnání souřadnic určovaných bodů v řádech milimetrů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1 PAVELKA, K. *Fotogrammetrie I*. Praha: Česká technika- nakladatelství ČVUT, 2009. ISBN 978- 80-01-04249-6.
- 2 PAVELKA, K. *Fotogrammetrie 10*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01863-6.
- 3 HANZL, V. a K. SUKUP. *Fotogrammetrie I*. Brno: CERM s.r.o. 2001. ISBN 80-214-2049-9.
- 4 HANZL, V. *Fotogrammetrie, Modul 01 - Teoretické základy fotogrammetrie*. Brno: VUT v Brně, 2006.
- 5 Brno-Líšeň. *Radnice v Líšni a její poloha* [online]. [cit. 2013-leden-12]. Dostupné z: <http://www.brno-lisen.cz/radnice-v-lisni-a-jeji-poloha/t1159>
- 6 MAPY.CZ. *Letecká mapa Brno-Líšeň* [online]. © GEODIS BRNO, s.r.o, © Seznam.cz, a.s. © Mapy.cz, s.r.o. © 2011 NAVTEQ All rights reserved [cit. 2013-leden-05]. Dostupné z: http://www.mapy.cz/#x=16.696733&y=49.207639&z=13&q=brno-1%25C3%25AD%25C5%25A1e%25C5%2588&qp=11.664061_48.410709_19.168053_51.101767_6&c=2-8-3-15-25&l=15&d=ward_14650_0_1
- 7 SUKUP, J. K. SUKUP a K. D. GEODIS NEWS. [online]. 2009 [cit. 2013-květen-210]. Dostupné z: http://sluzby.geodis.cz/uploads/dokumenty/pdf_casopis/NEWS_FOTO_cesky_2009_03.pdf
- 8 GEODIS. *Kamery a senzory* [online]. [cit. 2013-květen-19]. Dostupné z: <http://sluzby.geodis.cz/technologie/kamery>
- 9 RACURS. In: *company* [online]. © Racurs, 2004-2013 [cit. 2013-leden-16]. Dostupné z: <http://www.racurs.ru>
- 10 RACURS.. *Modules and Process Workflow* [online]. 2004-2012 [cit. 2013-leden-20]. Dostupné z: <http://www.racurs.ru>
- 11 *Photomod 4.3 USER MANUAL, Module - Aerial Triangulation*. Moscow: RACURS, 2007.
- 12 *Photomod 4.3 USER MANUAL, Module - Photomod Solver*. Moscow: RACURS, 2007.
- 13 *Photomod 4.3. USER MANUAL, Module- Photomod AAT*. Moscow: Racurs, 2007.

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

<i>Obrázek č. 1 Plánování snímkování</i>	11
<i>Obrázek č. 2 Zastínění vřícovacích bodů</i>	12
<i>Obrázek č. 3 Tvary signálů vřícovacích bodů</i>	12
<i>Obrázek č. 4 Blok svazků paprsků</i>	13
<i>Obrázek č. 5 Pozice pro výběr navazovacích bodů</i>	14
<i>Obrázek č. 6 Městská část Brno – Líšeň</i>	15
<i>Obrázek č. 7 Zájmová lokalita</i>	16
<i>Obrázek č. 8 Schéma zpracování projektu v programu Photomod</i>	18
<i>Obrázek č. 9 Vytvoření skladiště</i>	19
<i>Obrázek č. 11 New project</i>	19
<i>Obrázek č. 10 Montage Destkop</i>	19
<i>Obrázek č. 12 Project manager</i>	20
<i>Obrázek č. 13 Block forming</i>	20
<i>Obrázek č. 14 Název letové řady</i>	20
<i>Obrázek č. 15 Import snímků</i>	21
<i>Obrázek č. 16 Letová řada</i>	22
<i>Obrázek č. 17 Editace kamery</i>	22
<i>Obrázek č. 18 Aerotriangulace</i>	23
<i>Obrázek č. 19 Vlastnosti projektu</i>	23
<i>Obrázek č. 20 Vnitřní orientace</i>	24
<i>Obrázek č. 21 Vnitřní orientace bloku snímků</i>	24
<i>Obrázek č. 22 Vřícovací body</i>	25
<i>Obrázek č. 23 Import souřadnic vřícovacích bodů</i>	26
<i>Obrázek č. 24 Měření vřícovacích bodů</i>	26
<i>Obrázek č. 25 Navazovací body</i>	27
<i>Obrázek č. 26 Měření navazovacích bodů</i>	28
<i>Obrázek č. 27 Vrovnání bloku snímků</i>	28
<i>Obrázek č. 28 Parametry vyrovnání</i>	30
<i>Obrázek č. 29 Protokol vyrovnání</i>	31
<i>Obrázek č. 30 Korekce projekčních center</i>	31
<i>Obrázek č. 31 Protokol vyrovnání</i>	32
<i>Obrázek č. 32 Automatické měření navazovacích bodů</i>	33

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

<i>Tabulka č. 1</i> Parametry kamery	16
<i>Tabulka č. 2</i> Dosažené střední chyby na vřícovacích bodech	32
<i>Tabulka č. 3</i> Nastavení parametrů pro generaci navazovacích bodů	34
<i>Tabulka č. 4</i> Testování pro proměnlivý parametr CT	36
<i>Tabulka č. 5</i> Testování pro proměnlivý parametr CM	36
<i>Tabulka č. 6</i> Manuální a automatické měření navazovacích bodů	37
<i>Tabulka č. 7</i> Testování pro proměnlivý parametr CT a CM	37
<i>Tabulka č. 8</i> Testování pro odlišné nastavení MVP	38
<i>Tabulka č. 9</i> Testování pro proměnlivý parametr CT a MVP	38
<i>Tabulka č. 10</i> Testování pro různě nastavenou velikost CM při různě nastaveném MVP ..	39
<i>Tabulka č. 11</i> Testování pro zapnuté a vypnuté zóny při vyhledávání navazovacích bodů	39
<i>Tabulka č. 12</i> Dosažené střední chyby vyjadřující vnitřní přesnost modelů	40

SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ

<i>Graf č. 1</i> Dosažené střední jednotkové chyby pro jednotlivé testy	35
<i>Graf č. 2</i> Dosažené střední chyby na vřícovacích bodech	35

SEZNAM PŘÍLOH

TIŠTĚNÉ PŘÍLOHY

- Příloha č. 1* Kalibrační list
- Příloha č. 2* Seznam souřadnic vřícovacích bodů
- Příloha č. 3* Seznam souřadnic projekčních center

PŘÍLOHY V DIGITÁLNÍ PODOBĚ

- Příloha č. 1* Kalibrační list
- Příloha č. 2* Seznam souřadnic vřícovacích bodů
- Příloha č. 3* Seznam souřadnic projekčních center
- Příloha č. 4* Protokoly o vyrovnání
- Příloha č. 5* Použité letecké snímky