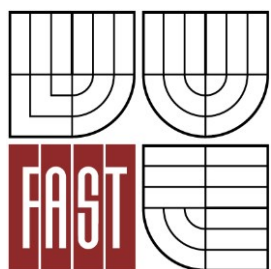




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

VYHODNOCENÍ LETECKÝCH SNÍMKŮ

AERIAL IMAGES PROCESSING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MATEJ KOFIRA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. VLASTIMIL HANZL, CSc.

BRNO 2015



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	Matej Kofira
Název	Vyhodnocení leteckých snímků
Vedoucí bakalářské práce	doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2014
Datum odevzdání bakalářské práce	29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014

.....
doc. RNDr. Miloslav Švec, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Digitální letecké snímky.

Hanzl V.: Fotogrammetrie, učební text, VUT V Brně, 2006

Zásady pro vypracování

Vyhodnoďte letecké snímky v oblasti Brno - Vinohrady. Proveďte aerotriangulaci a vyhodnoďte zadanou stereodvojici. Porovnejte dosažené výsledky s geodetickým měřením.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

3.

.....

doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.

Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt v slovesnom jazyku

Cieľom tejto bakalárskej práce je vyhodnotenie leteckých snímok za účelom tvorby polohopisného plánu v lokalite Brno – Líšeň. Vyhodnocovanie bolo uskutočnené v programe PhotoMod 4.3. Prvou fázou bola inicializácia projektu po ktorej nasledovala aerotriangulácia, vyrovnanie bloku snímok a konečné vyhodnotenie. Nakoniec bol výsledný polohopisný plán porovnaný s geodetickým meraním.

Kľúčové slová

Fotogrametria, vyhodnocovanie leteckých snímok, aerotriangulácia, PhotoMod, letecké snímky, naväzovací bod, vlícovací bod.

Abstract in English language

The aim of this bachelor thesis is the evaluation of aerial images in order to create topographical plan in the location of Brno - Líšeň. Evaluation was performed in the program PhotoModel 5. The first phase of the project was initialization, it was followed by aerotriangulation, adjust block of the images and the final grafic evaluation. Finally, the final topographical plan comparisons with the geodetic survey.

Keywords

Photogrametry, evaluation od aerial images, aerial triangulation, PhotoMod, aerial images, tie point, ground control point.

Bibliografická citace VŠKP

Matej Kofira *Vyhodnocení leteckých snímků*. Brno, 2015. 49s., 8 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 zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27.5.2015

.....
Matej Kofira

Pod'akovanie

Rád by som poďakoval svojmu vedúcemu doc. Ing. Vlastimilovi Hanzlovi, CSc. za trpezlivosť, praktické rady a pomoc pri tvorbe bakalárskej práce. V poslednom rade ďakujem svojej rodine a priateľom.

Obsah

1.	Úvod.....	10
2.	Využitie leteckej fotogrametrie	11
3.	Základné pojmy vo fotogrametrií	11
3.1	Centrálna projekcia	11
3.2	Vnútoraná orientácia snímky	12
3.3	Vonkajšia orientácia snímky	12
4.	Vlícovacie body v leteckej fotogrametrií.....	13
5.	Aerotriangulácia.....	14
5.1	Vyrovnanie blokov zväzkov	16
5.2	Presnosť aerotriangulácie	17
6.	Úvod do projektu	17
6.1	Ciele projektu	17
6.2	Lokalita	18
6.3	Použitá kamera	19
		20
6.4	Pracovné prostredie PhotoMod	21
6.4.1	Moduly a súčasti systému	23
7.	Postup vyhodnocovania leteckých snímok	23
7.1	Inicializácia projektu	23
7.2	Formovanie blokov (<i>block forming</i>)	26
7.2.1	Import snímok.....	28
7.2.2	Editácia kamery	29
7.3	Aerotriangulácia	31
7.3.1	AT – Aerotriangulácia	31
7.3.2	Vyrovnanie blokov zväzkov	37
7.3.3	Testovanie presnosti na základe manuálne meraných nadväzujúcich bodov	39

7.4	Vyhodnocovacie práce (kresba)	40
7.4.1	Vektorová kresba v module PhotoMod StereoDraw	40
7.4.2	Export vektorovej kresby	42
7.4.3	Finálne práce v MicroStation v8i.....	42
8.	Testovanie presnosti	43
8.1	Testovanie meraných veličín – analýza súradnicových rozdielov	44
9.	Záver	46
10.	Zoznam zdrojov	47
11.	Zoznam obrázkov	48
12.	Zoznam tabuliek	49
13.	Zoznam príloh.....	49

1. Úvod

Vyhodnocovanie leteckých snímok je dnes často využívané v geodézií či už v Českej a Slovenskej republike, ale aj celosvetovo, pričom letecká fotogrametria za posledné dve desiatky rokov prekonala významnú zmenu nástupom digitálnej fotogrametrie. Vyhodnocovaním leteckých snímok získavame tzv. sekundárne produkty ako ortofotomapy, digitálne vektorové mapy a perspektívne pohľady. Vyhodnocovanie leteckých snímok nachádza najväčšie uplatnenie v mapovaní pri strednej mierke a v tematickom mapovaní pri veľkej mierke, taktiež je to efektívna metóda na zber dát pre rôzne GIS-i a DMT.

V mojej bakalárskej práci sa spočiatku v skratke venujem histórii lokality a samotnej fotogrametrii. Nasleduje časť venovaná teoretickým základom o danej téme a ďalej vyhodnoteniu leteckých snímok v zadanej časti lokality Brno-Líšeň. Spracovateľským programom bol software Photomod, ktorého tvorcom je ruská firma RACURS s.r.o. Snímky terénu mi boli poskytnuté mojim vedúcim práce doc. Ing. Vlastimilom Hanzlom, CSc. Po dohode s vedúcim práce bol stanovený cieľ projektu a to konkrétne polohopisný plán časti lokality Brno – Líšeň. Práca obsahuje analýzu rôznych postupov vyhodnotenia, popísanie jednotlivých nástrojov programu a činností spojených s prácou v softvare PhotoMod. Týmto krokom predchádzalo dôkladné preštudovanie dostupných manuálov a materiálov súvisiacich s témou.

Súčasťou mojej bakalárskej práce je taktiež aj overenie presnosti vyhodnotenia a porovnanie s geodetickým meraním terestrickými metódami, ktoré som po dohode s mojim vedúcim práce prevzal od bývalého študenta VUT FAST Ing. Miroslava Zawadu. Zároveň som porovnával aj súradnice 33, vo vyrovnaní blokov nepoužitých vlícovacích bodov. Tieto boli v teréne signalizované farebným krížom s kruhom uprostred. Na záver som uskutočnil porovnanie a analýzu dosiahnutých výsledných súradnicových rozdielov.

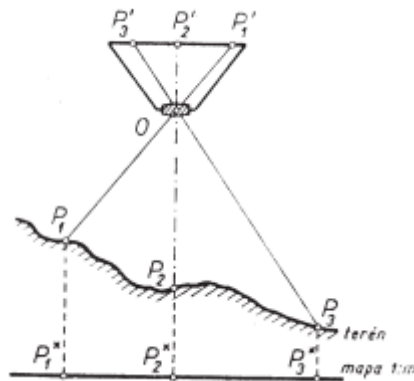
2. Využitie leteckej fotogrametrie

Všeobecne je možné tvrdiť, že cieľom fotogrametrie je získať geodetické súradnice určitého bodu z fotografického záznamu na základe merania snímkových súradníc. Výsledný produkt leteckej fotogrametrie sú mapy malých, stredných ale aj veľkých mierok (aj viac ako 1:2 000) a taktiež ich aktualizácie. Tieto mapy sa ďalej používajú pre projektovanie stavebných diel alebo pre hospodársko-technické úpravy. Zvláštnym a nemenej dôležitým využitím leteckého snímkovania je dokumentácia škôd (povrchu zeme) po prírodných katastrofách, keď sa stav veľmi rýchlo mení a miesta sú neprístupné pre klasické pozemné merania. [2] [3]

3. Základné pojmy vo fotogrametrii

3.1 Centrálna projekcia

Základnou podmienkou vyjadrujúcou vzťah objektových súradníc (X, Y, Z) a snímkových súradníc (x, y, z) je podmienka kolinearit, čo znamená, že bod na objekte, jemu odpovedajúci bod na snímke a projekčné centrum ležia na priamke. [2]



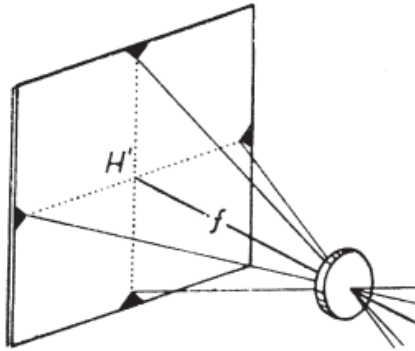
Obr. 3-1 Centrálna projekcia (prevzaté z [3])

Podmienka kolinearit:

$$\frac{x - x_0}{z - z_0} = \frac{X' - X'_0}{Z' - Z'_0} \quad \frac{y - y_0}{z - z_0} = \frac{Y' - Y'_0}{Z' - Z'_0}$$

3.2 Vnútoraná orientácia snímky

Vyjadruje vzťah projekčného centra k obrazovej rovine resp. polohu projekčného centra v snímkovom súradnicovom systéme. Prvky vnútornej orientácie sú obrazová vzdialenosť f a hlavný bod H' . [2]



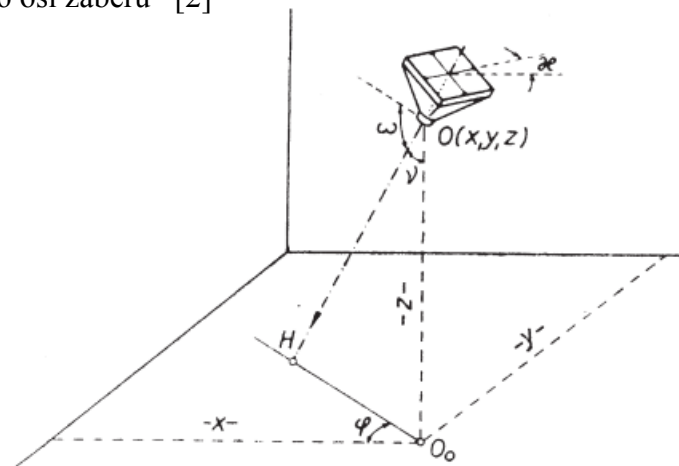
Obr. 33-2 Prvky vnútornej orientácie snímku (prevzaté z [3])

Fotogrametrickú snímku, ktorej prvky vnútornej orientácie poznáme nazývame ako meračská snímka. [2]

3.3 Vonkajšia orientácia snímky

Polohu a pootočeniu kamery (snímkového systému) v priestore určuje 6 parametrov vonkajšej orientácie snímok :

- Tri priestorové súradnice x, y, z stanoviska = stred premietania
- Smer osy záberu
- Sklon osy záberu
- Pootočenie = uhol, ktorý vyjadruje otáčanie snímky vo vlastnej rovine okolo osi záberu [2]



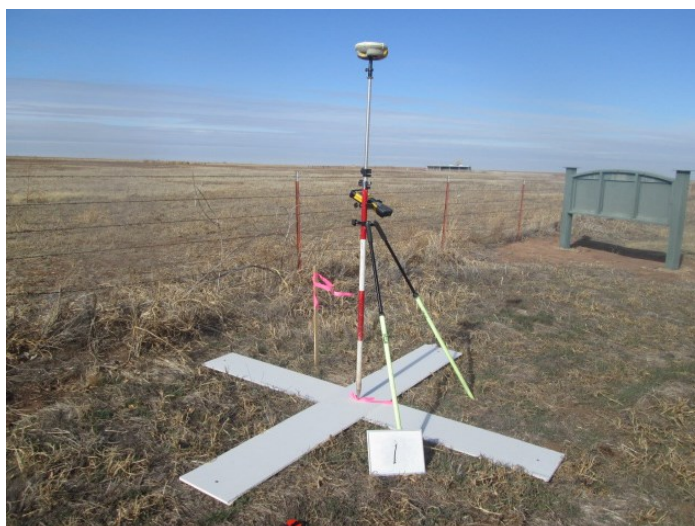
Obr. 3-3 Prvky vonkajšej orientácie snímky (prevzaté z [3])

4. Vlícovacie body v leteckej fotogrametrii

Vlícovacie body sú body zreteľne viditeľné na snímku, ktoré majú známe snímkové aj objektové súradnice (geodetické súradnice). Môžu byť signalizované prirodzene alebo umelo pričom umelá stabilizácia môže byť stála alebo dočasná. Dočasná signalizácia sa najčastejšie realizuje tenkými plastovými doskami bielej farby pričom sa snaží umiestniť ju tak, aby bol čo najväčší kontrast s povrchom. Trvalá stabilizácia je často zrealizovaná náterom bielou farbou na asfalt, vodorovnú strechu. Dobré je umiestniť vlícovací bod tak, aby bol viditeľný na viacerých snímkach (najlepšie na šiestich – trojnásobný prekryt). Dôležité je umiestniť vlícovacie body tak, aby na snímke nebol zákryt budovou alebo stromom. [2]

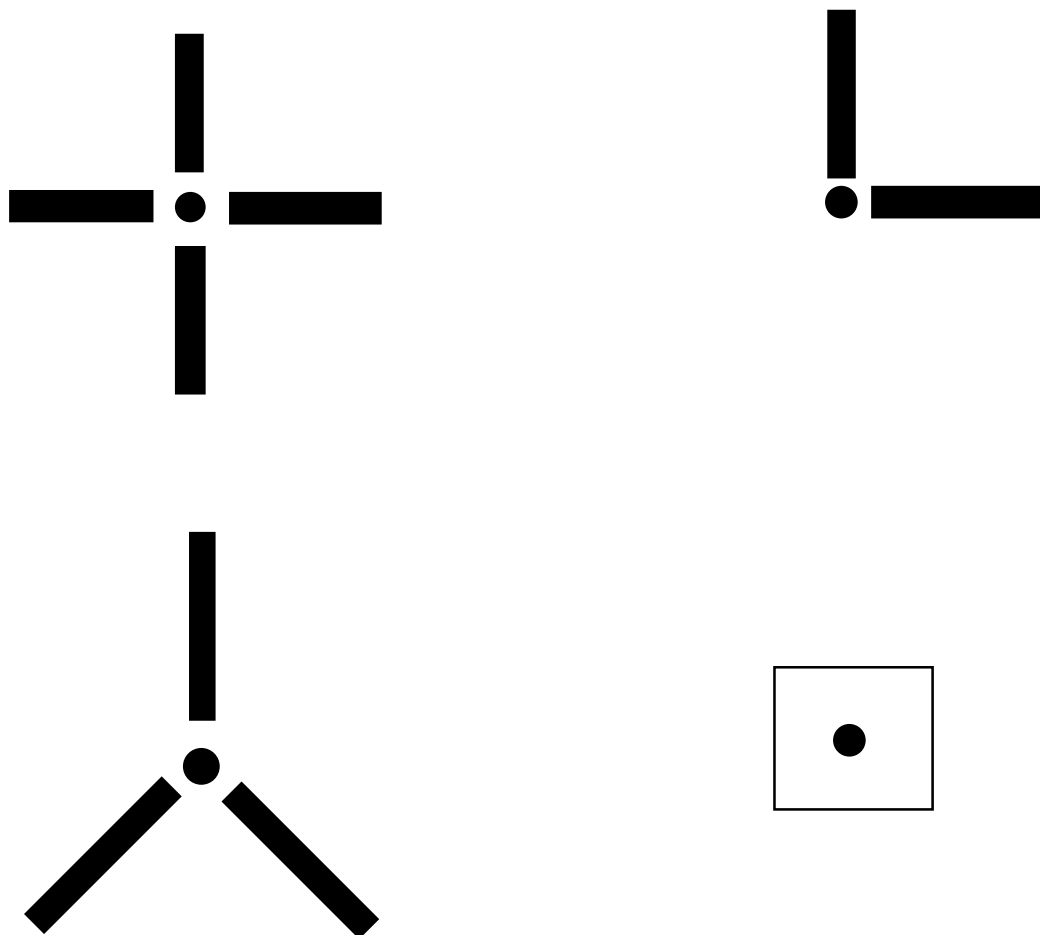
Veľkosť signalizácie je závislá na voľbe mierky. Pri krížových signáloch je dĺžka a šírka ramena v cm podľa [7]: $drs = \frac{m_s}{500}$, $\text{šrs} = \frac{m_s}{80}$,

Pri štvorcovom tvare signálu podľa [7]: $ds\check{c} = \frac{m_s}{300}$.



Obr. 4-1 Dočasná signalizácia vlícovacieho bodu

Najčastejšie tvary signálov:



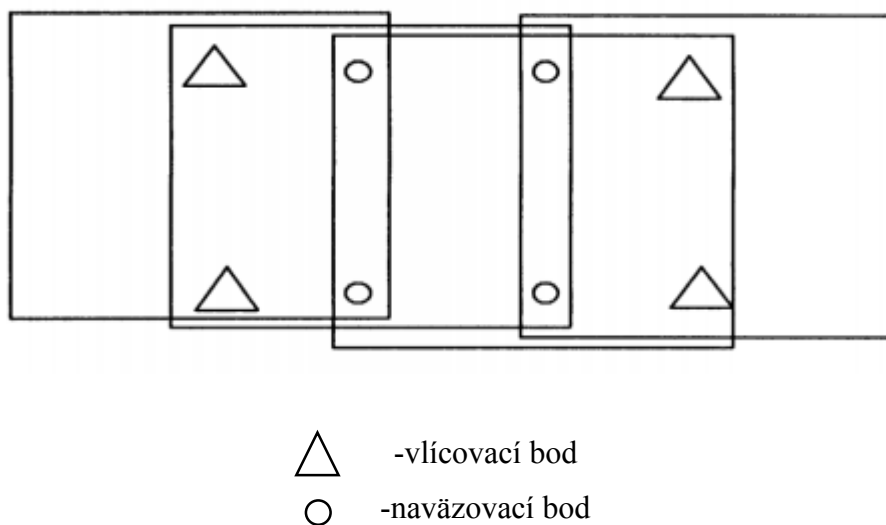
Obr. 4-2 Tvary signálov [2]

Medzi signalizáciou a snímkaním je možné uskutočňovať kontrolu signalizácie a opravy poškodených signálov. Niekedy je výhodné a ekonomickejšie túto činnosť nerobiť a nahradiť poškodené vlícovacie body náhradnými, prirodzene signalizovanými vlícovacími bodmi. Tieto body vyberáme vzhľadom k plánovanej mierke, napr. roh strechy, pravouhlý roj múru atď. Taktiež je potrebné k týmto bodom vytvoriť miestopis, ktorý je odlišný od geodetického. Zobrazuje rozsiahlejšie územie s približnými názvami ulíc a budov pričom obsahuje tiež približne omerné miery (stačí krokovanie). [2] [7] [1]

5. Aerotriangulácia

Aerotrianguláciou môžeme rozumieť zhusťovanie bodového poľa s využitím leteckých fotogrametrických snímok. Pre absolútnu orientáciu modelu potrebujeme

najmenej tri vlíčovacie body. Realizovať signalizáciu a meranie troch vlíčovacích bodov pre každé dve snímky by bolo neefektívne a neekonomické, preto sa začal hľadať spôsob ako sa vyhnúť meraniu veľkého počtu vlíčovacích bodov pri mapovaní väčších území a ako preklenúť územie bez vlíčovacích bodov. Riešenie poskytla metóda aerotriangulácie. Jej cieľom je určiť vonkajšie prvky orientácie snímku alebo prvky absolútnej orientácie modelu a súradnice určovaných bodov v objektovom systéme (X, Y, Z). Výsledky aerotriangulácie umožnia určiť podrobné body vo vyhodnocovaných modeloch alebo môžu byť užitočné k tvorbe ortofotomáp. [2] [8]



Obr. 5-1 Princíp aerotriangulácie (prevzaté z [2])

Navázovacie body nám zaistia preklopenie územia bez vlíčovacích bodov, pričom nám umožnia navzájom spojiť snímky alebo modely dohromady. Sú na snímkach v trojnásobnom prekryte v jednej rade a označujeme ich krúžkom. [2]

Aerotriangulácia má 2 typy riešenia, riešenie založené na modeloch a vyrovnanie bloku zväzkov. Riešenie založené na modeloch sa využívalo v minulosti, boli pri ňom používané analógové prístroje a modely mohli byť na sebe čiastočne závislé alebo nezávislé. [1]

V súčasnosti je v popredí metóda vyrovnanie bloku zväzkov (bundle block adjustment), ktorá sa dostala do popredia vďaka vývoju výpočtovej techniky. Výhodou tejto metódy je väčšia presnosť (neuplatní sa vplyv zbytkových systematických chýb), lepšie sa pridávajú doplnkové parametre a ďalšie meranie do vyrovnanie. [2]

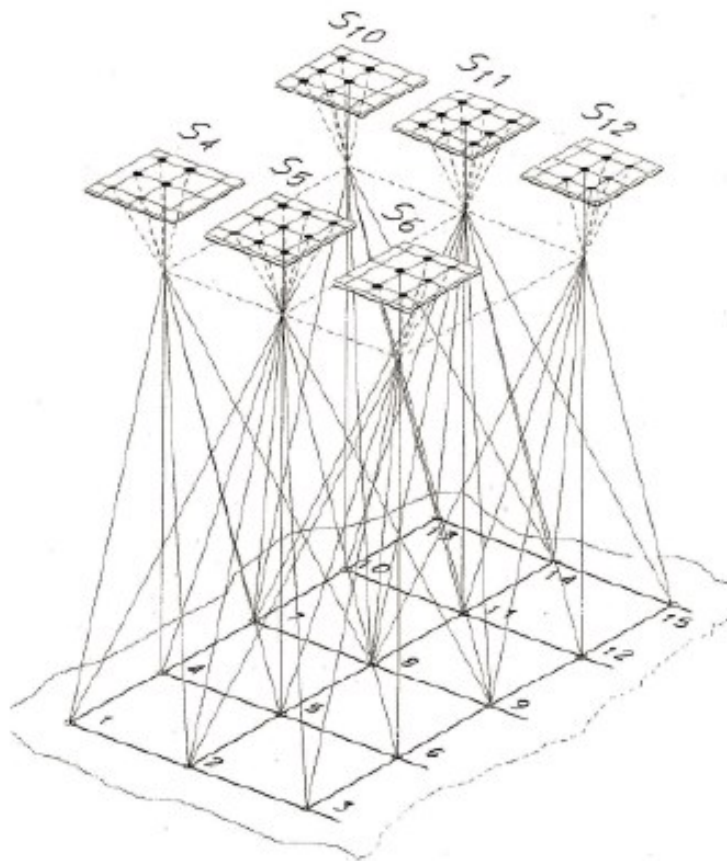
5.1 Vyrovnanie blokov zväzkov

Podstatou tejto metódy je nájdenie a výpočet vzťahov medzi snímkovými súradnicami a objektovými súradnicami. Základnou jednotkou je snímok. Priestorový zväzok lúčov je určený snímkovými súradnicami s príslušnými projekčnými centrami. [2]

Princíp: zväzky lúčov sú umiestnené (X_0, Y_0, Z_0) a pootočené $(\omega, \varphi, \kappa)$, takže zväzky lúčov sa pretínajú, ako je najlepšie možné. Geometrický princíp vyjadruje Obr. 5-2. Pri vyrovnaní sú súčasne vypočítané prvky vonkajšej orientácie všetkých snímok. [2]

Vstupné dáta vyrovnania blokov zväzkov:

- merané snímkové súradnice vlícovacích bodov
- merané snímkové súradnice naväzovacích bodov
- merané snímkové súradnice určovaných bodov
- objektové súradnice vlícovacích bodov [2]



Obr. 5-2 Geometrický princíp vyrovnania blokov zväzkov (prevzaté z [2])

5.2 Presnosť aerotriangulácie

Mnoho faktorov môže ovplyvniť presnosť aerotriangulácie :

- mierka snímky – má najväčší podiel na ovplyvnení presnosti aerotriangulácie
- presnosť merania snímkových súradníc – pri analytických prístrojoch sa pohybuje okolo 1/3 pixel. Pri digitálnych staniciach je presnosť až 1/20 pixelu a to vďaka subpixelovej korelácie.
- počet nadväzovacích bodov – rozdiel medzi analytickým prístrojom a digitálnym je v počte týchto bodov. Pri analytickom prístroji je postačujúcich päť nadväzovacích bodov v trojnásobnom prekryte, avšak pri digitálnej technológii nám veľký a automaticky nájdený počet bodov zefektívni prácu.
- matematický model – matematický model aerotriangulácie by mal určite obsahovať taký spôsob vyrovňania, ktorý by dokázal vyhľadať chyby, eliminovať ich a analyzovať presnosť výsledkov. Taktiež môžeme použiť doplnkové parametre, ktoré nám umožnia odstrániť vplyv malých zbytkových systematických zhýb.
- Počet, poloha a presnosť vlícovacích bodov - presnosť vlícovacích bodov rozhoduje rozhoduje o absolútnom umiestnení bloku v priestore, kým poloha a počet týchto bodov ovplyvňuje geometriu bloku. [2]

Presnosť aerotriangulácie môže ďalej ešte závisieť aj na signalizácii bodu. Na signalizovaných bodoch s použitím prídavných parametrov dosiahneme presnosť $\delta_{x,y} = 5\mu\text{m} * m_s$ a $\delta_z = 0,005\% * h$. Na nesignalizovaných môže byť dva až tri krát menšia presnosť. [2] [4] [5]

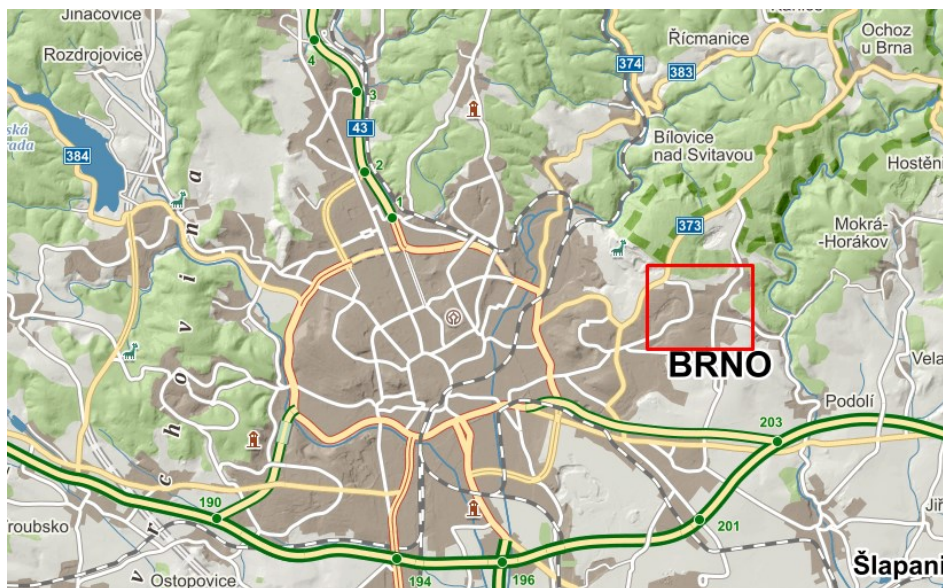
6. Úvod do projektu

6.1 Ciele projektu

Prácu na tomto projekte som si rozdelil do 3 častí. Prvou bolo uskutočniť aerotrianguláciu na zadaných snímkach a analyzovať výsledky. Nasledovalo samotné vyhodnotenie a tvorba kresby polohopisu. Projekt som zakončil porovnaním homogenity presnosti v rôznych oblastiach vzniknutého polohopisu porovnaním s pozemným geodetickým meraním.

6.2 Lokalita

Lokalitou fotogrametrických snímok bola mestská časť Brna, Brno – Líšeň, (viď obr. 6-1). Jednalo sa o husto zastavanú oblasť, ktorá bola veľmi vhodná pre tvorbu vektorovej kresby.



Obr. 6-1 Výřez z turistickej mapy (dostupná na www.mapy.cz)



Obr. 6-2 Výřez ortofoto mapy (mestská časť Brno – Líšeň) (dostupná na www.google.sk)

6.3 Použitá kamera

Snímky s ktorý som pracoval boli nasnímané kamerou UltraCamXP, od rakúskej firmy Vexcel. Dátum vzniku kalibračného protokolu je 14.6.2010.



Obr. 6-3 Kamera UltraCamXP

Obsahovala panchromatický aj multispektrálny typ objektívu.

Panchromatic Camera

Large Format Panchromatic Output Image

Image Format	long track	67.860mm	11310pixel
	cross track	103.860mm	17310pixel
Image Extent		(-33.93, -51.93)mm	(33.93, 51.93)mm
Pixel Size		6.000µm*6.000µm	
Focal Length	ck	100.500mm	± 0.002mm
Principal Point (Level 2)	X_ppa	0.000 mm	± 0.002mm
	Y_ppa	0.240 mm	± 0.002mm
Lens Distortion	Remaining Distortion less than 0.002mm		

Multispectral Camera

Medium Format Multispectral Output Image (Upscaled to panchromatic image format)

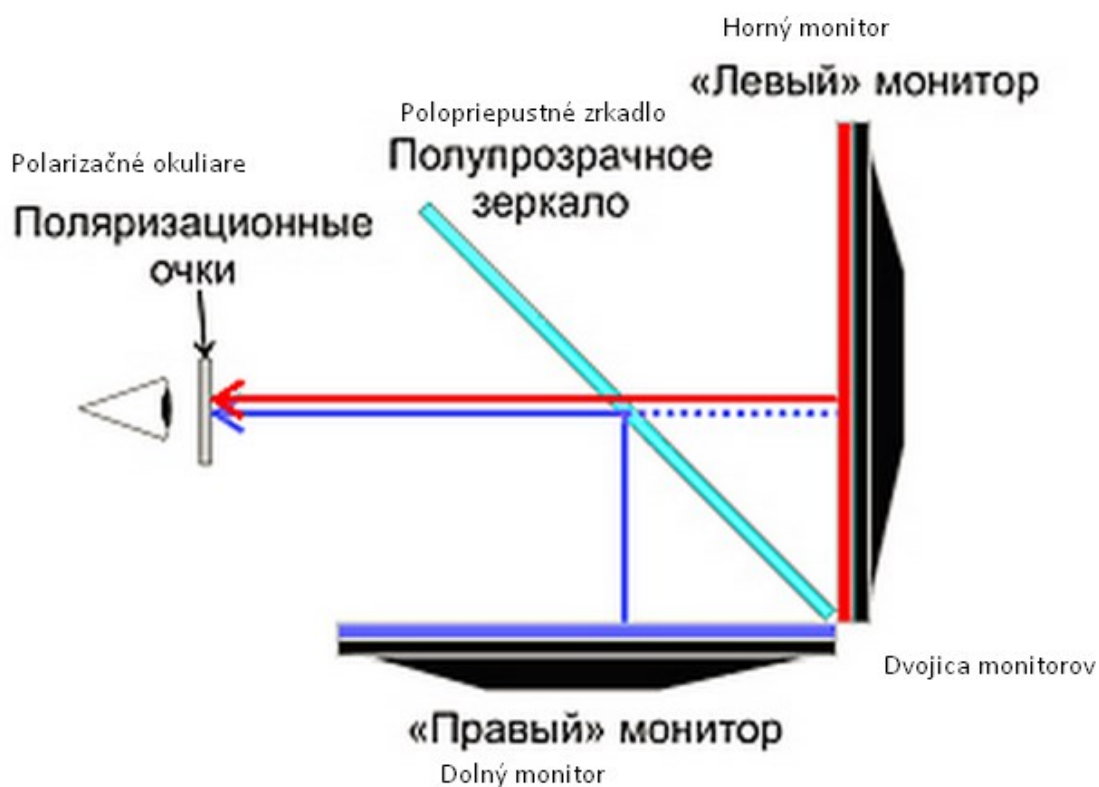
Image Format	long track	67.860mm	3770pixel
	cross track	103.860mm	5770pixel
Image Extent		(-33.93, -51.93)mm	(33.93, 51.93)mm
Pixel Size		18.000µm*18.000µm	
Focal Length	ck	100.500mm	
Principal Point (Level 2)	X_ppa	0.000 mm	± 0.002mm
	Y_ppa	0.240 mm	± 0.002mm
Lens Distortion	Remaining Distortion less than 0.002mm		

Obr. 6-4 Parametre kamery UltraCamXP (výřez z kalibračního listu)

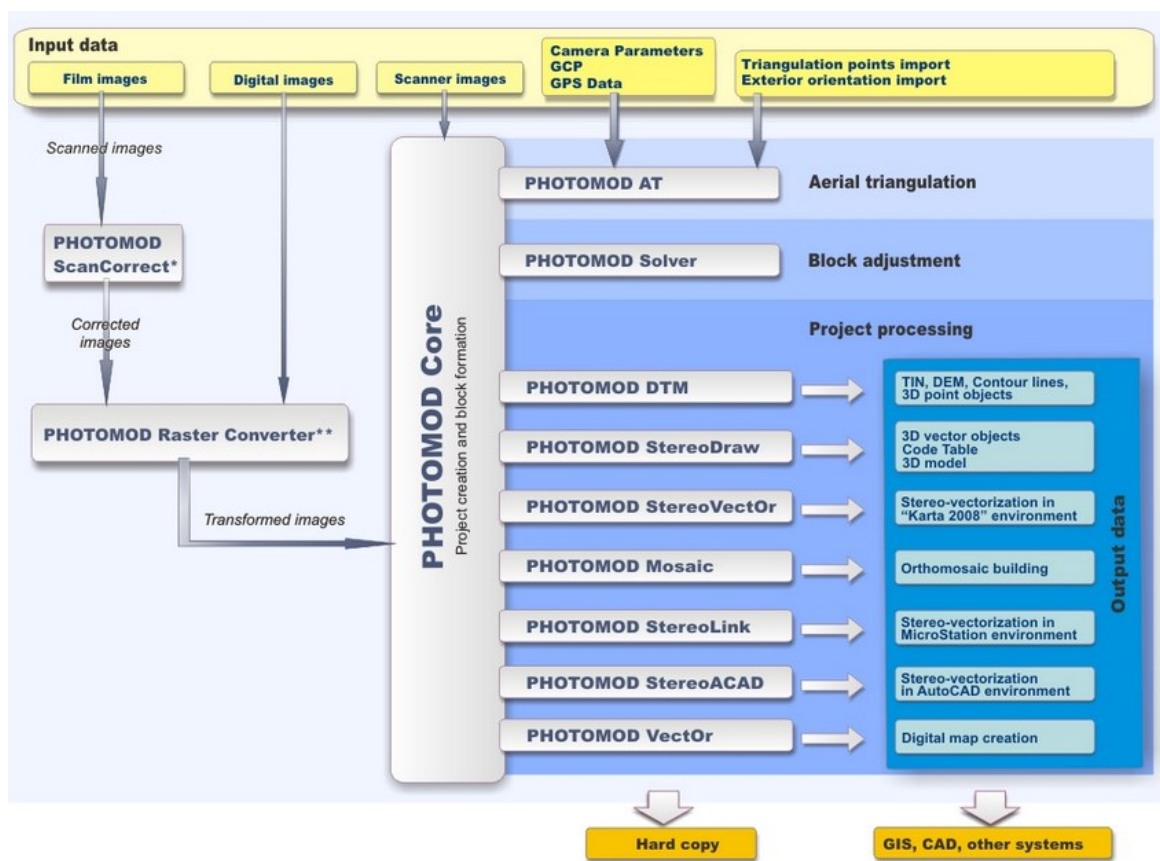
6.4 Pracovné prostredie PhotoMod

Software PhotoMod je vyvinutý ruskou firmou Racurs, ktorá je na trhu už viac ako 20 rokov a od svojho založenia v roku 1993 spoločnosť vyvíja inovatívne a úspešné produkty. V súčasnosti je jej produkt software PhotoMod najpoužívanejší fotogrametrický software v Rusku a používa sa taktiež v približne 70 krajinách sveta. [9]

Balík PhotoMod obsahuje širokú škálu modulov pre fotogrametrické spracovanie takmer každého komerčne dostupného typu obrazu získaného analógovými alebo digitálnymi fotoaparátmi, satelitnými senzormi s vysokým rozlíšením alebo radarmi. Systém je taktiež schopný pracovať nielen ako samostatná vyhodnocovacia jednotka, ale taktiež pomôcť a byť podporným softwarom pre rozsiahlejšie projekty. Program PhotoMod využíva systém Stereopixel zložený z dvoch obrazoviek medzi ktorými sa nachádza polopriepustné zrkadlo. Pre stereovné používame pasívne polarizačné okuliare. [9]



Obr. 6-5 Schéma systému stereopixel (dostupné na www.racurs.ru)



Obr. 6-6 Schéma nástrojov a modulov systému [9]

6.4.1 Moduly a súčasti systému

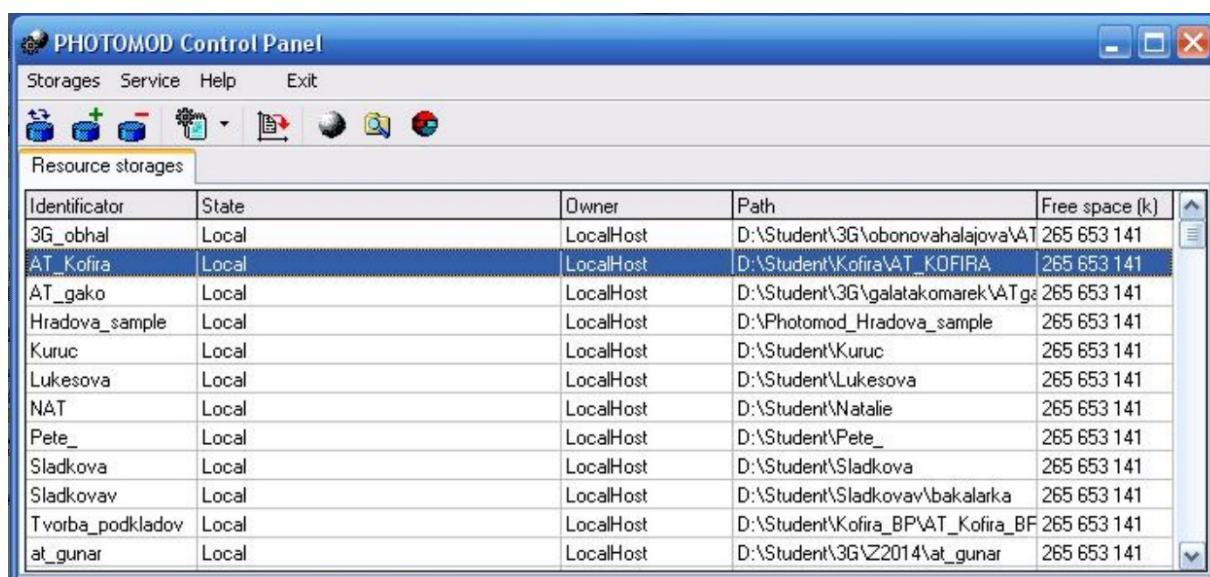
- PHOTOMOD Montage Desktop – Hlavná časť softwaru. Nachádzajú sa tu všetky funkcie spojené s tvorbou a správou projektu a taktiež sprievodca spracovaním celého projektu.
- PHOTOMOD AT - Zahŕňa nástroje pre výpočet aerotriangulácie. Modul uskutoční orientáciu snímok tak, aby mohli byť ďalej spracované v ostatných moduloch
- PHOTOMOD Solver – Modul určený na vyrovnanie blokov snímok.
- PHOTOMOD DTM – (Digital Terrain Model) je určený k vytváraniu a editácií digitálnych modelov terénu. Spracovanie je možné v mono aj stereo móde.
- PHOTOMOD StereoDraw – Využíva sa pre kresbu 3D objektov. Import a Export je možný v mnohých formátoch (napr. *.dgn alebo *.dwg)
- PHOTOMOD Mosaic – Hlavnou úlohou modulu je tvorba ortofotomapy.
- PHOTOMOD VectOr – Vektorový GIS určený pre tvorbu, editáciu a tlač digitálnych máp.
- PHOTOMOD StereVectOr – Kombinácia kresliaceho modulu StereoDraw a modulu VectOr.
- PHOTOMOD StereoLink – Modul je určený pre vektorizáciu v systéme MicroStation v stereo móde.
- PHOTOMOD StereoACAD – Určený pre tvorbu 3D vektorizáciu snímkových dvojíc v AutoCAD. Súbory sa ukladajú vo formáte *.swg / *.dxf.
- PHOTOMOD GCP Survey – Terénna podpora leteckého prieskumu a meranie súradníc vlíčovacích bodov v teréne.
- PHOTOMOD Scan Correct – Je to samostatný modul, ktorý je určený pre geometrickú kalibráciu stolových skenerov. [5] [10]

7. Postup vyhodnocovania leteckých snímok

7.1 Inicializácia projektu

Pred začatím samotného vyhodnocovania leteckých snímok je potrebné založiť si dátové úložisko (storage), z ktorého sa po celú dobu projektu budú čerpať dáta. Tento krok

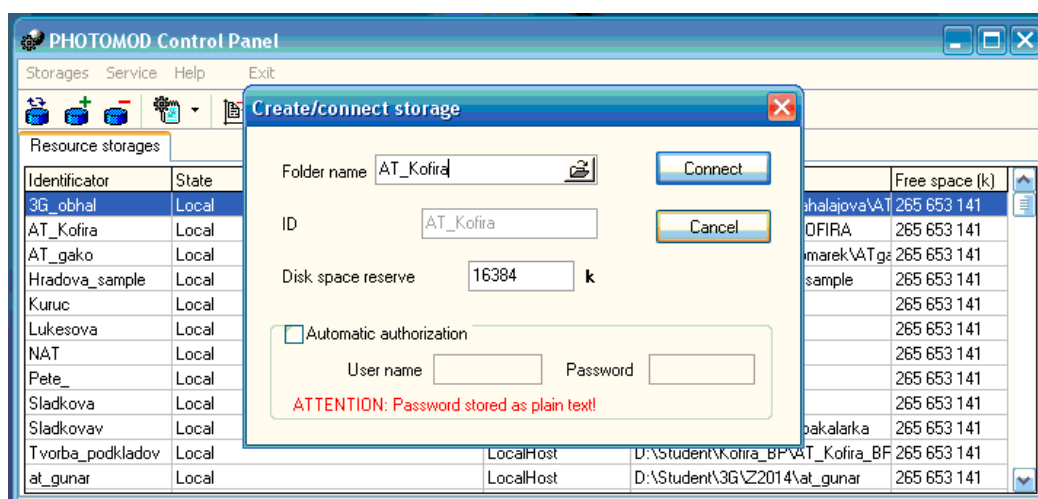
uskutočníme v panely Photomod Control Panel, kde je možné dátové úložiská vytvárať, editovať, ale aj mazať.



The screenshot shows the PHOTOMOD Control Panel window. It has a menu bar with 'Storages', 'Service', 'Help', and 'Exit'. Below the menu is a toolbar with icons for adding, removing, and managing storages. The main area is titled 'Resource storages' and contains a table with the following data:

Identifier	State	Owner	Path	Free space (k)
3G_obhal	Local	LocalHost	D:\Student\3G\obonovahalajova\AT	265 653 141
AT_Kofira	Local	LocalHost	D:\Student\Kofira\AT_KOFIRA	265 653 141
AT_gako	Local	LocalHost	D:\Student\3G\galatakomarek\ATg	265 653 141
Hradova_sample	Local	LocalHost	D:\Photomod_Hradova_sample	265 653 141
Kuruc	Local	LocalHost	D:\Student\Kuruc	265 653 141
Lukesova	Local	LocalHost	D:\Student\Lukesova	265 653 141
NAT	Local	LocalHost	D:\Student\Natalie	265 653 141
Pete_	Local	LocalHost	D:\Student\Pete_	265 653 141
Sladkova	Local	LocalHost	D:\Student\Sladkova	265 653 141
Sladkovav	Local	LocalHost	D:\Student\Sladkovav\bakalarka	265 653 141
Tvorba_podkladov	Local	LocalHost	D:\Student\Kofira_BP\AT_Kofira_BF	265 653 141
at_gunar	Local	LocalHost	D:\Student\3G\Z2014\at_gunar	265 653 141

Obr. 7-1 Photomod Control panel

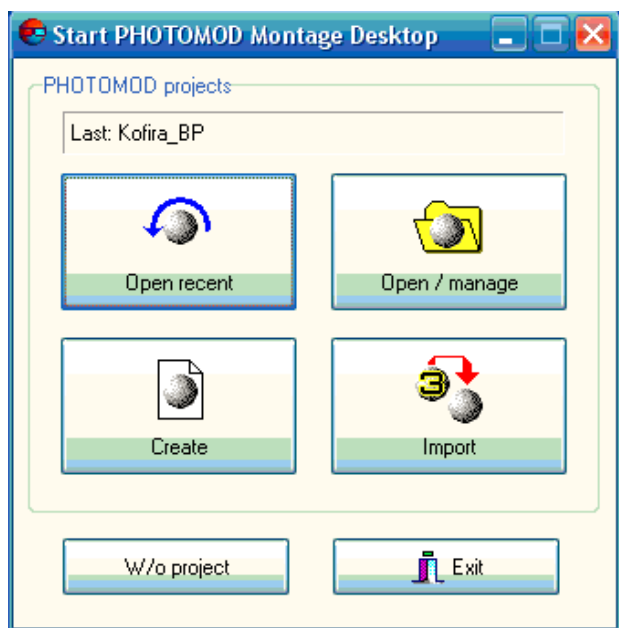


The screenshot shows the PHOTOMOD Control Panel with the 'Create/connect storage' dialog box open. The dialog box has the following fields and options:

- Folder name: AT_Kofira
- ID: AT_Kofira
- Disk space reserve: 16384 k
- Automatic authorization: ☐ (unchecked)
- User name: (empty field)
- Password: (empty field)
- Buttons: Connect, Cancel
- Warning: ATTENTION: Password stored as plain text!

The background table in the PHOTOMOD Control Panel is partially visible, showing the same data as in the previous screenshot.

Obr. 7-2 Vytvorenie dátového skladu



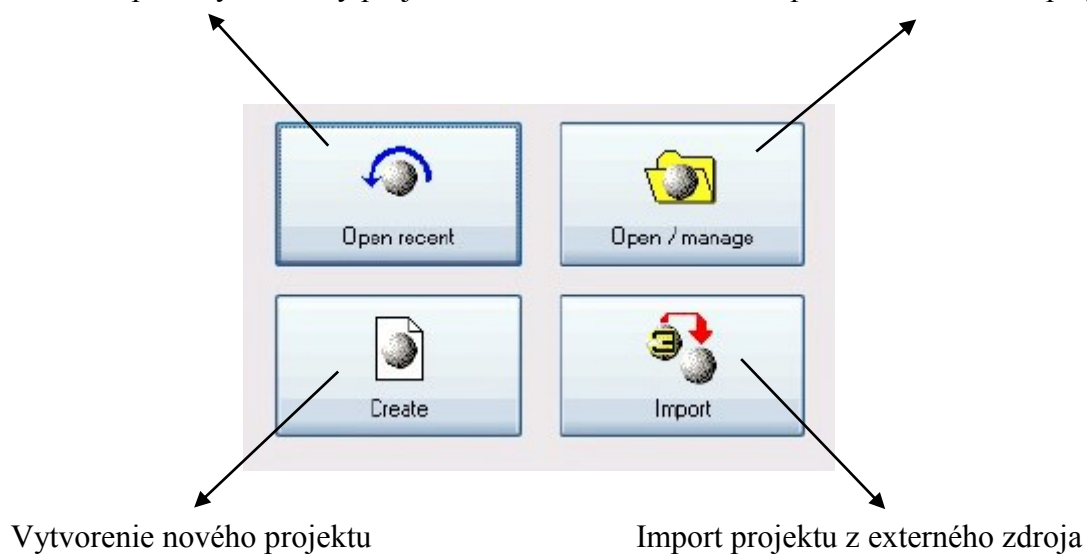
Obr. 7-3 Montage desktop

Vytvorenie storage uskutočníme ikonou  (Create/connect storage). Otvorí sa dialógové okno, v ktorom si zadáme názov (identifikátor) úložiska (pole ID) a odsúhlasíme pripojenie úložiska. Taktiež je možné zabezpečiť úložisko heslom. Týmto je storage pripravený a teda projekt môžeme zahájiť.

Po pripojení úložiska sa spustí dialógové okno modulu Montage desktop (hlavný modul softwaru), kde sú na výber viaceré možnosti.

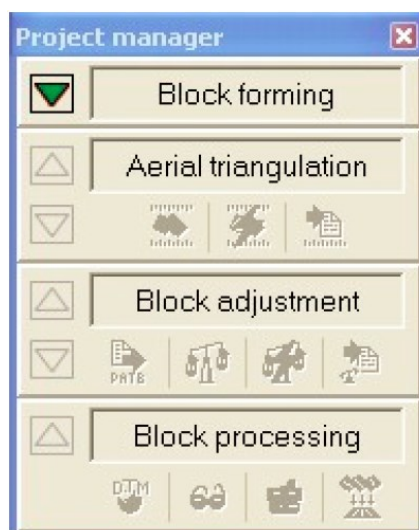
Načíta naposledy otvorený projekt

Otvorenie a správa ľubovoľného projektu



Ďalším krokom je založenie vlastného projektu a to ikonou *Create*. Otvorí sa dialógové okno nového projektu, v ktorom mu priradíme meno projektu, vyberieme centrálnu projekciu *Block* a zvolíme súradnicový systém *Cartesian Right*. Potvrdíme ikonou *OK*. V nasledujúcom kroku vyberieme úložisko dát (nami vytvorené v predchádzajúcom kroku). Po potvrdení výberu sa otvorí okno samotného projektu.

Práca na projekte v programe PhotoMod je rozdelená na štyri základné po sebe idúce kroky. V každom kroku nám sprievodca ponúka využitie príslušných modulov. Medzi krokmi je možné ľubovoľne počas tvorby projektu prepínať a to vďaka funkcií sprievodca, ktorú spustíme ikonou  *Project manager*.



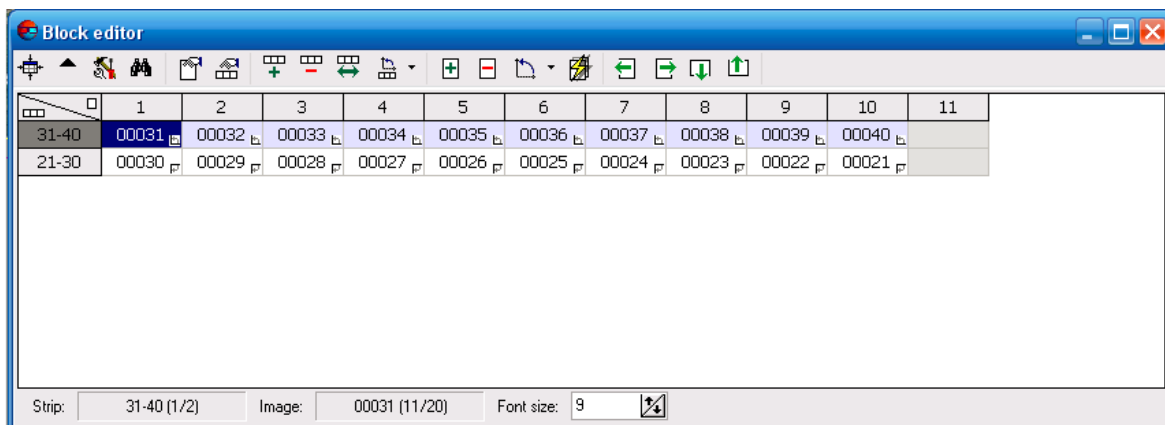
Obr. 7-4 Sprievodca *Project manager*

7.2 Formovanie blokov (*block forming*)

Prvým krokom vyhodnocovania snímok je ich import do interného formátu softwaru. V tejto fáze definujeme formovanie blokov (počet letových rád, počet, poradie a orientácia snímok v rámci jednotlivých rád). Pre ďalšie úpravy používame *Block editor*  .



Obr. 7-5 Formovanie blokov snímok (*Block forming*)



Obr. 7-6 Block editor

K formovanie blokov môžeme využiť niektoré z nasledujúcich funkcií:



Add strip - pridanie letovej rady



Delete strip – vymaže letovú radu



Rotate/flip all strip images - otočí všetky snímky označenej letovej rady ($n \cdot 90^\circ$, $n \in \mathbb{Z}$) alebo ich vertikálne/horizontálne preklopí



Add images - pridá snímky do letovej rady. Letecké snímky je možné do projektu pridávať dvoma spôsobmi. Prvý je tzv. *From file* – zo súboru vyberieme všetky snímky do príslušnej letovej rady. Druhým spôsobom je *From resource* – táto funkcia vyberie snímky z už existujúceho zdroju Photomodu.



Delete selected images – vymaže vybrané snímky



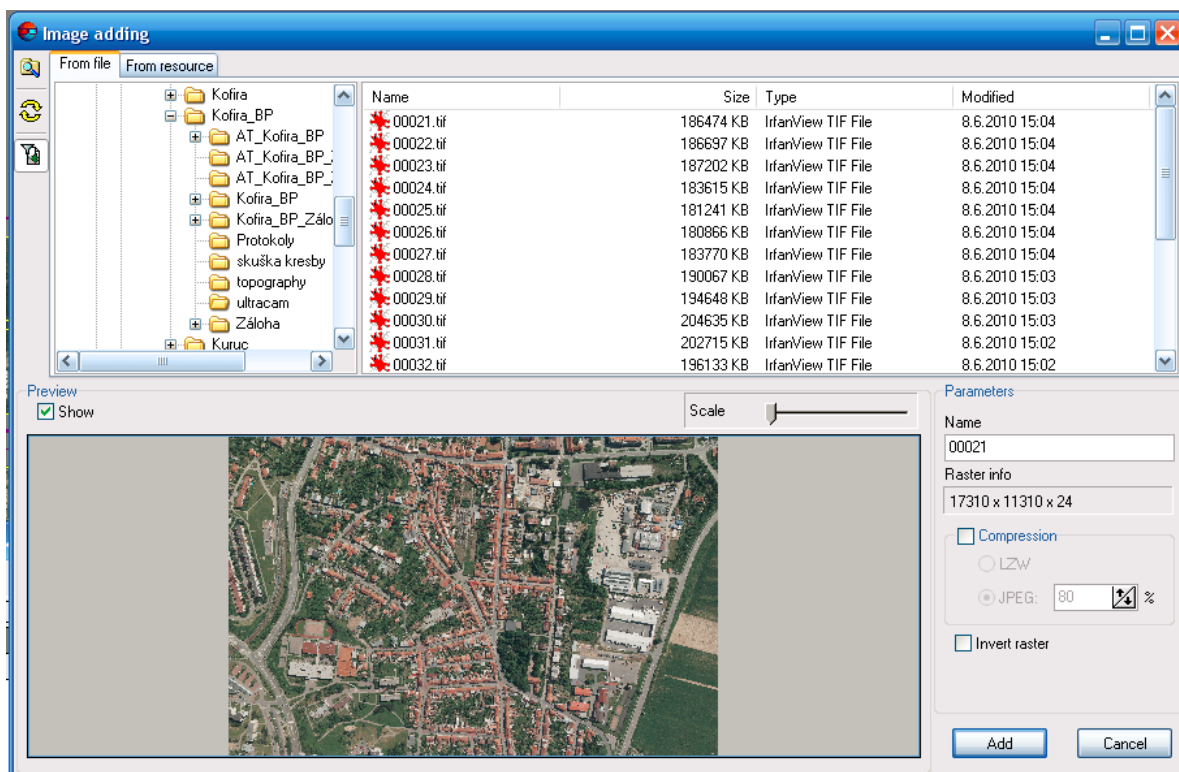
Rotate/flip selected images – otočí vybrané snímky o $n \cdot 90^\circ$; $n \in \mathbb{Z}$ alebo ich horizontálne či vertikálne preklopí



Perform pending raster adding – konečná operácia po úpravách bloku. Spustí sa samotná konverzia snímky do interného formátu Photomodu.

7.2.1 Import snímok

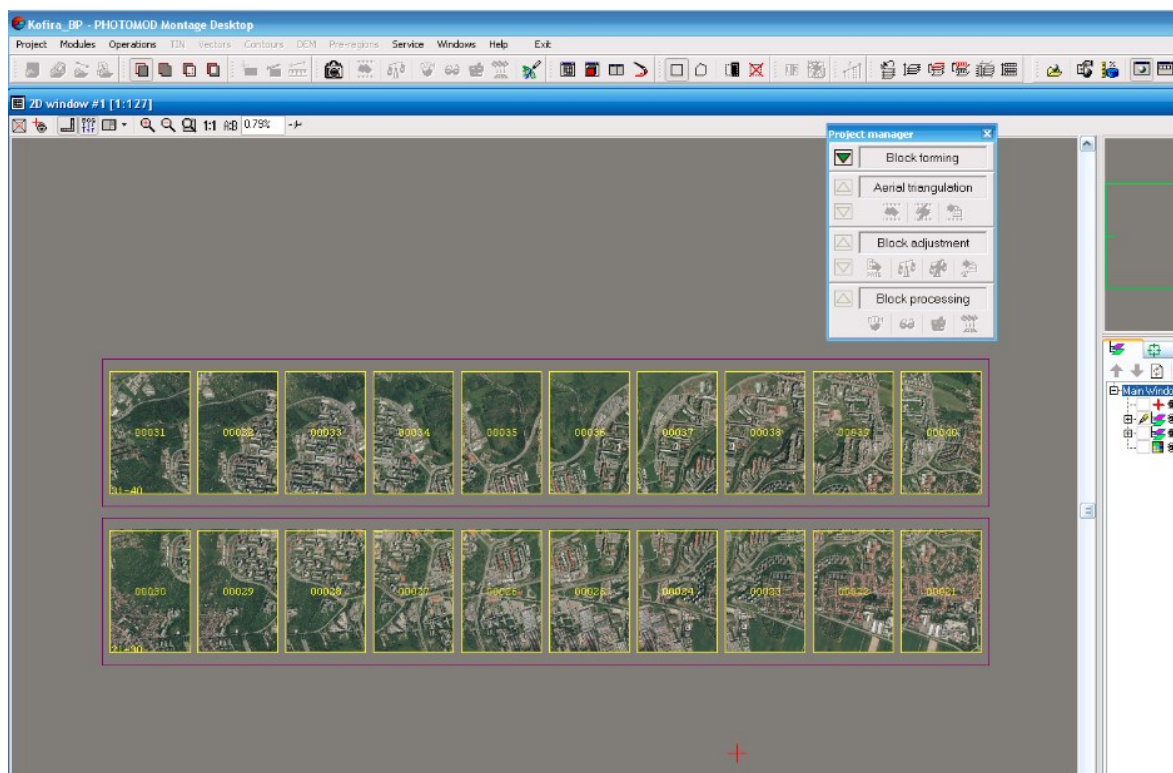
Pred importom snímok sme si vytvorili letové rady pomocou vyššie uvedených ikon. Snímky sme do projektu vložili spôsobom *From file* (zo súboru). Pretože sme zvolili spôsob importu, v ktorom sú fotografie v neupravenom formáte použijeme funkciu *perform pending raster adding*, ktorá transformuje snímky do interného formátu systému.



Obr. 7-7 Import snímok

Takto naimportované snímky sú často nelogicky usporiadané. Snímky síce sú priradené správnej letovej rade, ale ich orientácia a poradie môže byť nesprávne. Pomocou rôznych nástrojov panelu *Block forming* môžeme usporiadať snímky a rady do logických väzieb.

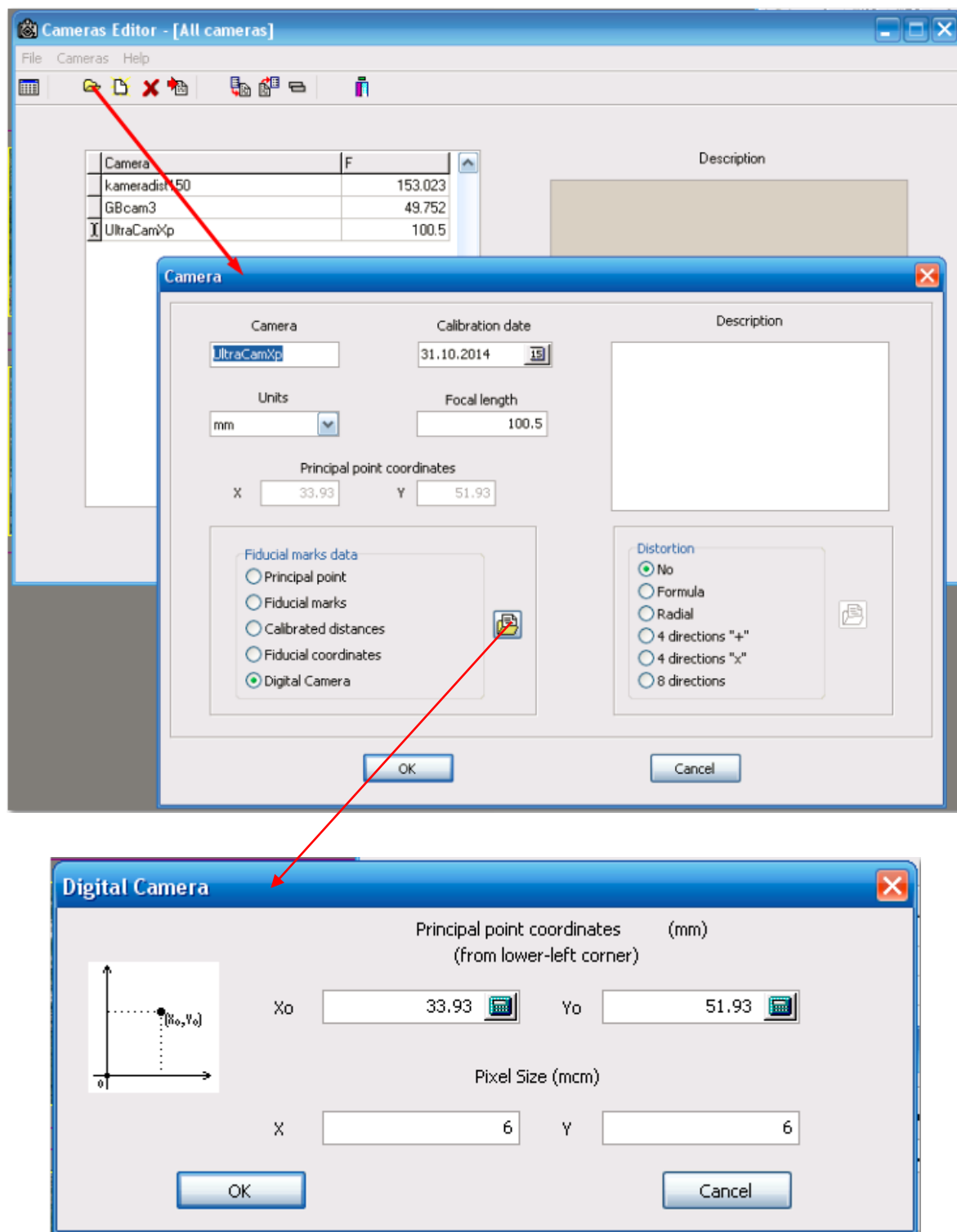
V mojej bakalárskej práci som použil dve letové rady, ktoré obsahovali dohromady 20 snímok.



Obr. 7-8 Schématické zostavenie bloku

7.2.2 Editácia kamery

Výhodou softwaru PhotoMod je nezávislosť editácie kamery na tom, aký modul je práve otvorený. Avšak je dobré tento krok uskutočniť na začiatku projektu. Editácia prebieha v module *Montage desktop* ikonou  (*start camera editor*). Pre nastavenie a editáciu kamery využije údaje z kalibračného listu. Kalibračný list kamery je obsiahnutý v prílohe č.4.

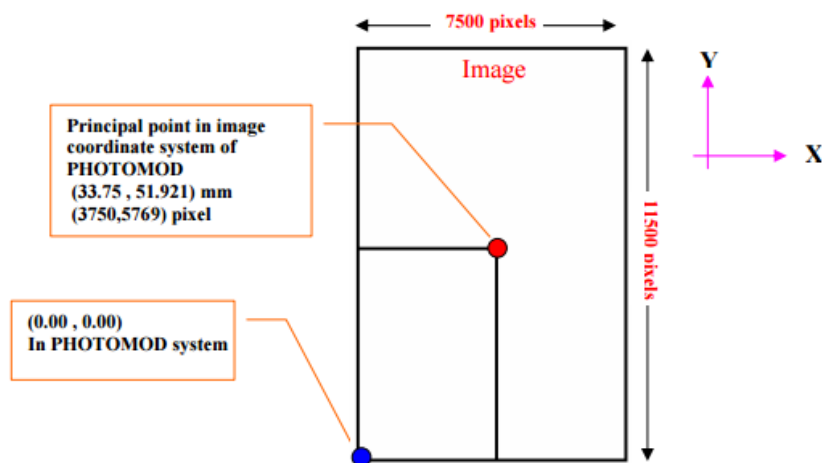


Obr. 7-9 Natavenie kamery

V nastavení kamery bolo potrebné zadať hodnoty hlavného bodu snímky. Tento bod bol vypočítaný podľa vzťahov podľa [13]

$$X_{pp} \text{ (nové) mm} = ((\text{počet pixelov v ose X} / 2) + X_{ppac} \text{ (v pixeloch)}) * \text{veľkosť pixelu (mm)}$$

$$Y_{pp} \text{ (nové) mm} = ((\text{počet pixelov v ose Y} / 2) + Y_{ppac} \text{ (v pixeloch)} - 1) * \text{veľkosť pixelu (mm)}$$



Obr. 7-10 Všeobecný príklad určenia hlavného bodu snímky (*principal point*) (dostupný na www.racurs.ru)

7.3 Aerotriangulácia

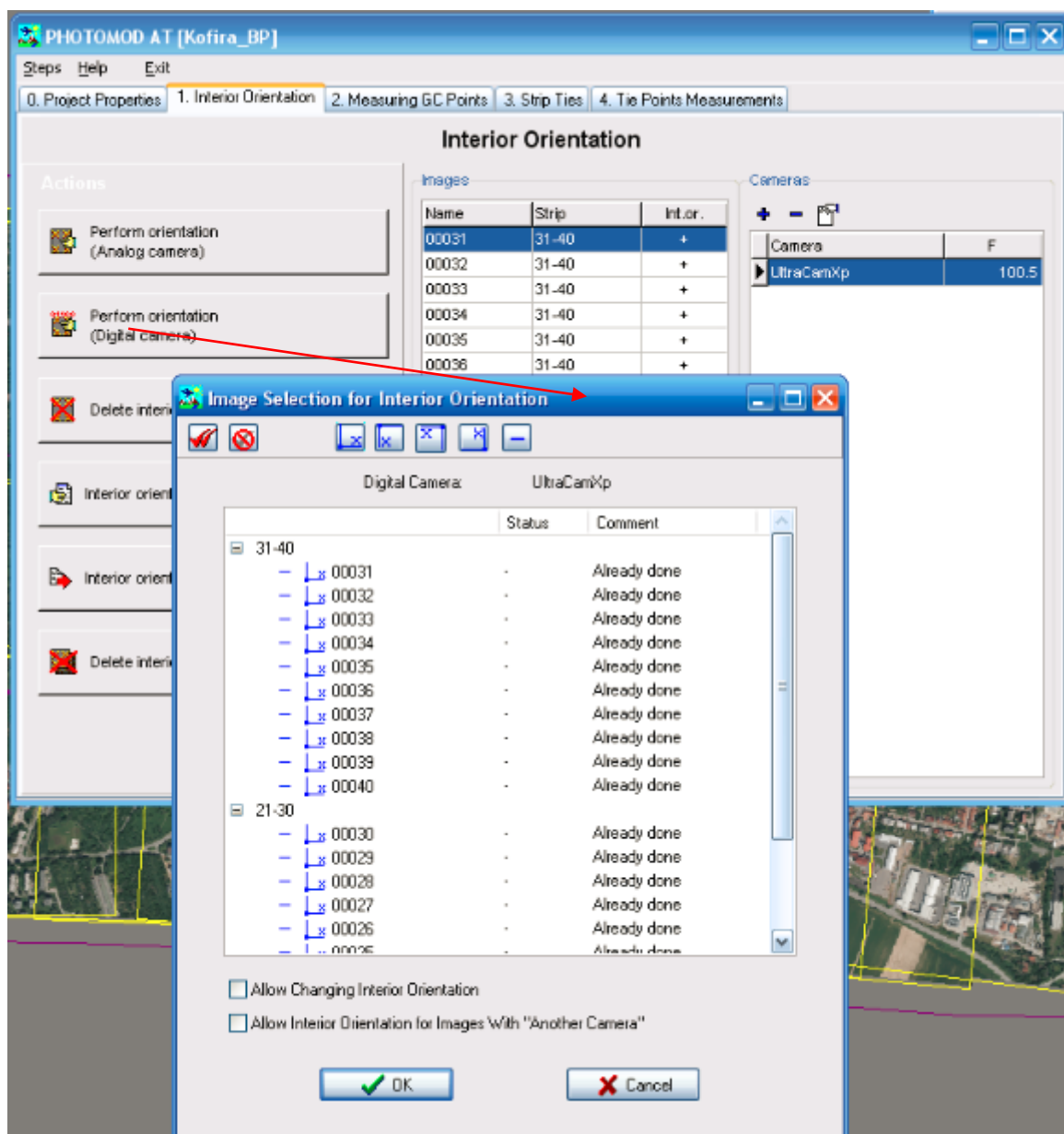
V sprievodcovi projektu (*project manager*) sa po formovaní blokov dostaneme na ďalší krok, aerotriangulácia. V tomto kroku je hlavným modulom AT, ktorý je označený ikonou . V tomto module je taktiež možnosť využiť automatické meranie naväzovacích bodov  (*automatic tie point measurement*). V kroku aerotriangulácie sa nachádza taktiež import prvkov vonkajšej orientácie .

7.3.1 AT – Aerotriangulácia

Postup aerotriangulácie je rozdelený do záložiek s úkonmi nasledujúcimi po sebe.

VNÚTORNÁ ORIENTÁCIA

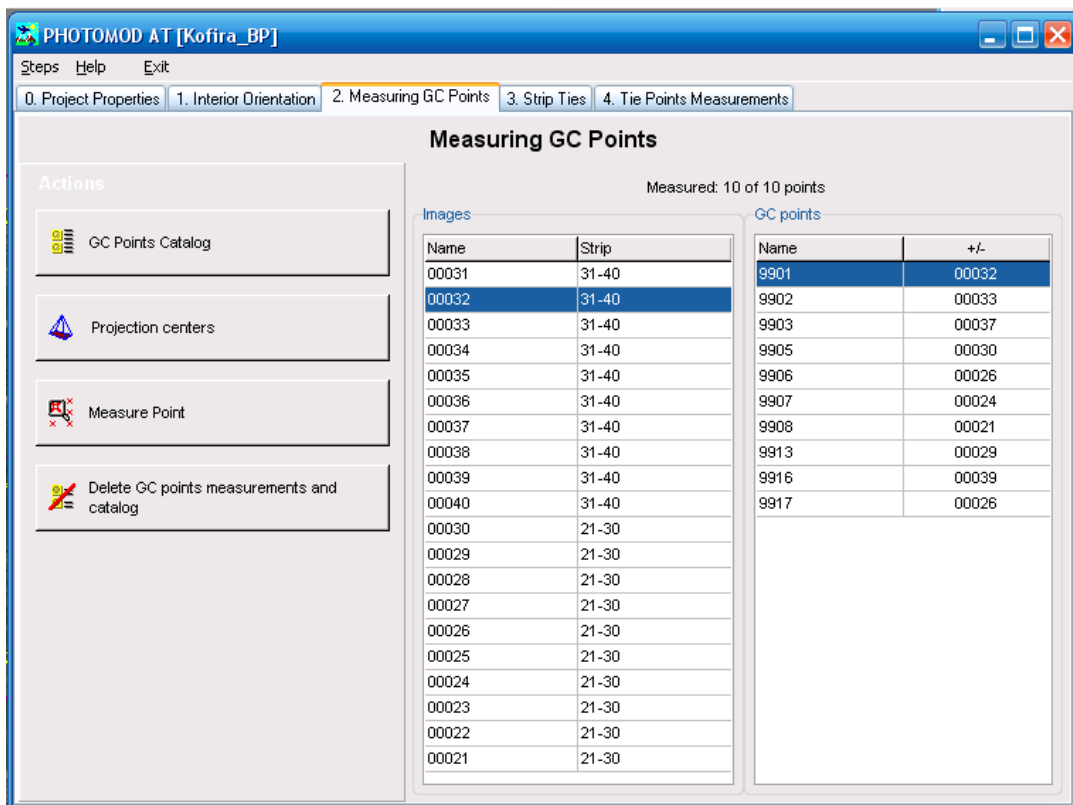
Krok 1 (*interior orientation*) – Pripojíme kameru UltraCamXP pomocou ikony , ďalej sú krokom *perform orientation (Digital camera)* → . Auto prvky vnútornej orientácie importované. Software PhotoMod dokáže automaticky rozoznať a priradiť smer súradnicových ôs, pričom je možná manuálna oprava.



Obr. 7-11 Priradenie prvkov vnútornej orientácie z digitálnej kamery

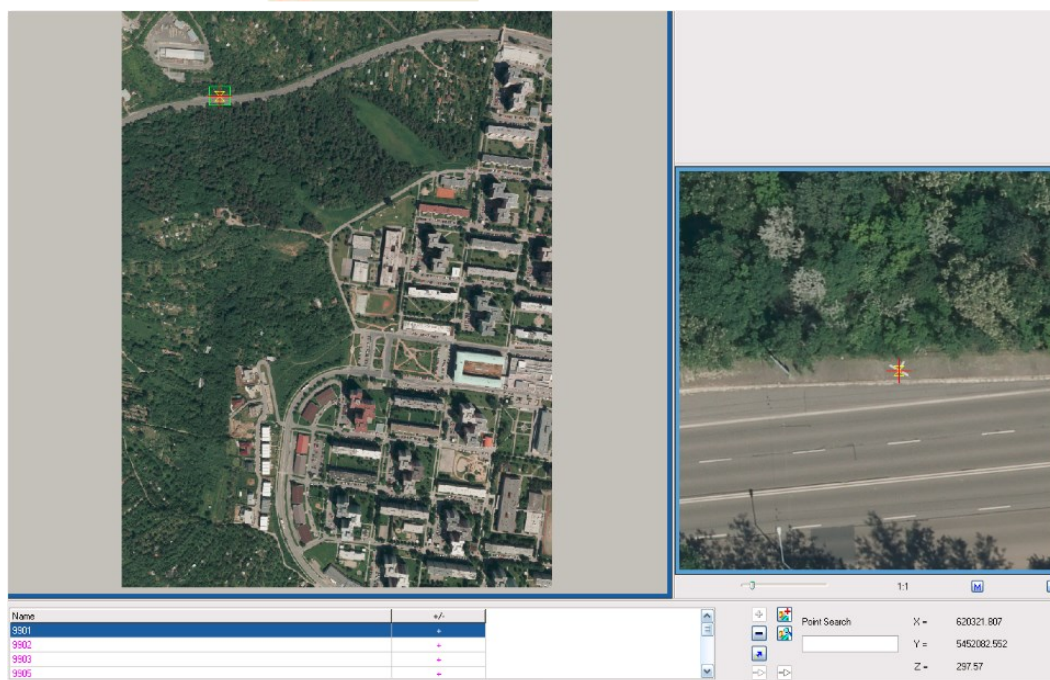
MERANIE VLÍCOVACÍCH BODOV

Meranie vlíčovacích bodov prebieha v troch krokoch. Prvým je import súradníc vlíčovacích bodov pomocou ikony , **GC Points Catalog** druhým krokom je import projekčných centier **Projection centers** . Oba súbory sme importovali zo súboru vo formáte *.txt. V mojom projekte bol použitý súradnicový systém UTM (33).



Obr. 7-12 Karta merania vľicovacích bodov (Measuring Ground Control points)

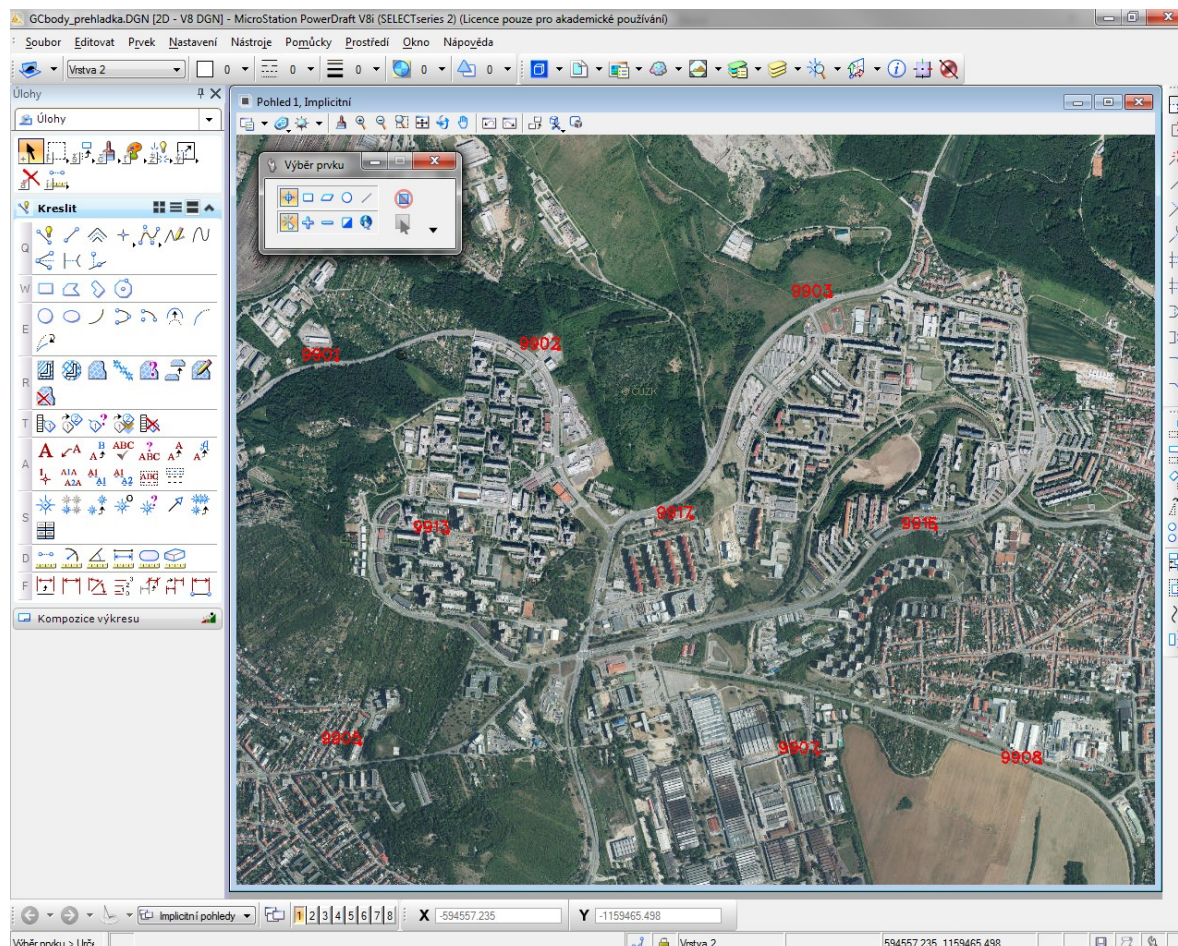
Tretím krokom je samotné meranie vľicovacích bodov na vybranom snímku, toto meranie sa spúšťa ikonou  **Measure Point**.



Obr. 7-13 Meranie vľicovacích bodov

Samotné meranie vlíčovacích bodov prebieha v okne (vid'. obr.7-13), ktoré je zložené z dvoch okien s fotografiami a v spodnej časti je zoznam vlíčovacích bodov spolu s nástrojmi pre ich meranie a editáciu. Ľavé okno so snímkom je určené pre približné nájdenie vlíčovacieho bodu zatiaľ čo pravé okno je určené pre detailné a presné meranie („zoomovacie“ okno). Po vybraní konkrétneho vlíčovacieho bodu v dolnej tabuľke bod kurzorom myši označíme a následne ho zmeriame ikonou . Body je možné v tejto fáze nielen merať, ale aj editovať (mazať, premeriavať) pričom, ak je už uskutočnená vnútorná orientácia je možné merať vlíčovacie body v stereo móde.

Súradnice v mojej bakalárskej práci boli prevzaté z predošlých projektov. Dohľadať tieto body a pri tom vylúčiť hrubé chyby spojené s nesprávnou identifikáciou vlíčovacieho bodu mi pomohol software MicroStation. Pod naimportované vlíčovacie body som si jednoducho podložil už existujúcu orotofoto-mapu z portálu www.CUZZK.cz.



Obr. 7-14 Prehľadka vlíčovacích bodov

MERANIE NAVÄZOVACÍCH BODOV

Význam naväzovacích bodov sme priblížili už v predošlých kapitolách (viz. str. 14).

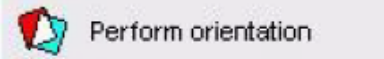
Meranie naväzovacích bodov sa v programe PhotoMod dá vykonávať dvoma spôsobmi. Pri tvorbe mojej bakalárskej práce som otestoval oba spôsoby merania naväzovacích bodov.

Manuálne meranie naväzovacích bodov

Manuálne meranie je možné vykonať troma spôsobmi:

- Manuálne umiestnenie značky na oboch snímkach v režime mono.
- Manuálne umiestnenie značky na jednom snímku a následným transferom bodu na druhý snímok pomocou korelácie obrazu v režime mono.
- Manuálne umiestnenie značky na oboch snímkach v režime stereo.

Pri meraní som kombinoval prvú a druhú metódu, pričom prevládala metóda manuálneho merania na oboch snímkach v režime mono.

Pri manuálnom meraní je potrebné merať naväzovacie body medzi letovými radami (3. *Strip Ties* → *Measure point*) a takisto medzi samotnými snímkami (4. *Tie points measurement* → *Perform orientation*)  . V týchto krokoch využívame nasledujúce funkcie.

- Add – pridá nový bod
- Transfer – referencuje polohu s už na inej snímke zmeraným bodom.



- *add with correlation* – pridá nový bod s pomocou korelácie



- *add without correlation* - pridá nový bod bez korelácie



- *transfer with correlation* – referencuje pomocou korelácie



- *transfer without correlation* – referencuje bez korelácie



- *delete* – zmaže vybraný bod

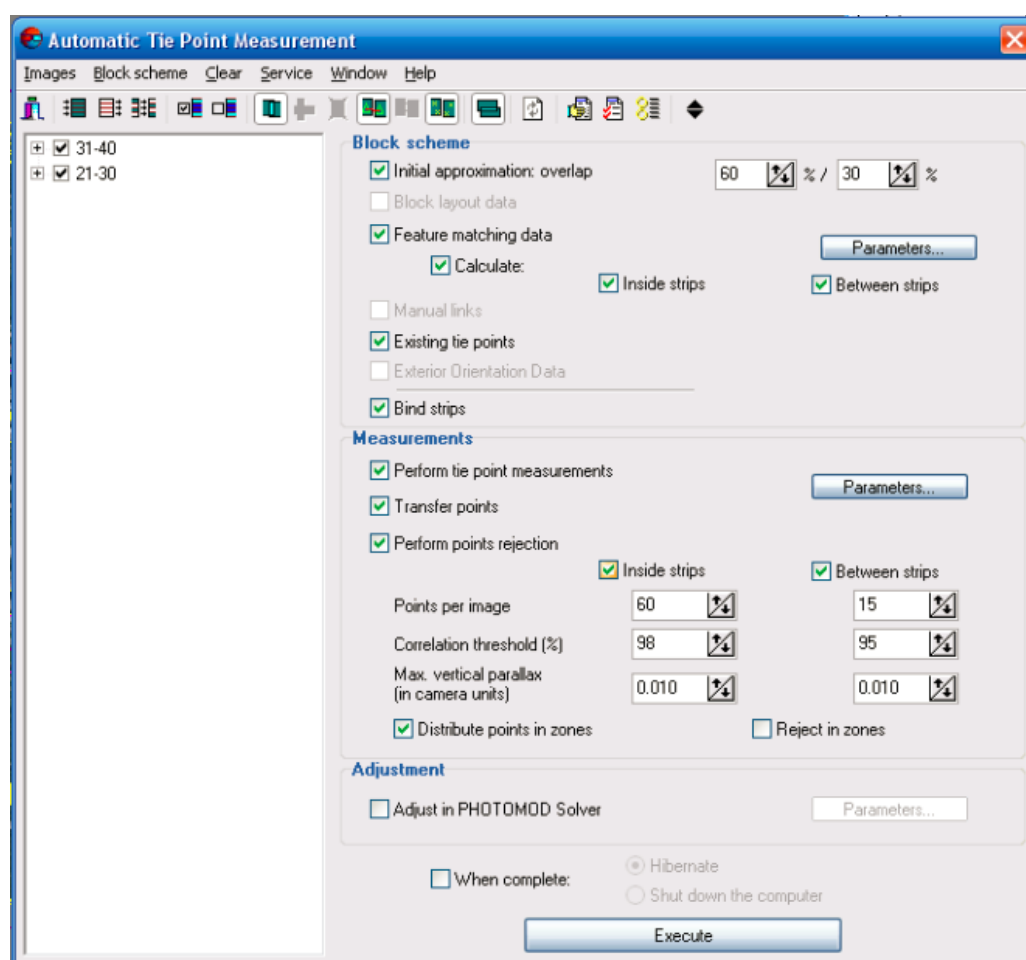
V režime manuálneho merania som zmeral približne 120 naväzovacích bodov v jednej letovej rade. Z dôvodu náhlej chyby v programovom balíku PhotoMod sa tieto dáta nezachovali a nemohol som vykonať následné porovnanie presnosti s automatickým meraním naväzovacích bodov.

Manuálne meranie naväzovacích bodov sa uplatňuje hlavne tam kde je problematické hľadať vyhovujúce naväzovacie body (lesy, vodne plochy). V ostatných prípadoch je efektívnejšie použiť automatické meranie.

Automatické meranie naväzovacích bodov

Automatické meranie je založené na využívaní vhodného operátora (interest operátor), pomocou ktorého je nájdených veľa malých okien, ktoré sú vhodnými kandidátmi na obrazovú koreláciu. Body sú obvykle vyberané z deviatich oblastí.

Tlačidlom  sa spúšťa automatické meranie naväzovacích bodov, spustí sa dialógové okno (*automatic tie point measurement*).



Obr. 7-15 Nastavenie parametrov automatickej aerotriangulácie

Software PhotoMod v režime automatického merania naväzovacích bodov meria spojovacie body či už medzi letovými radami alebo aj jednotlivými snímkami. Taktiež obsahuje veľkú škálu nastavení parametrov automatizácie merania (napr. prekryt snímku, počet bodov v rámci snímky, medzná hodnota korelácie, veľkosť a počet oblastí pre obrazovú koreláciu). Parametre môjho merania som nastavil po konzultácií s vedúcim práce nasledovne (viď. obr. 7-15), takto bolo zmeraných 1150 naväzovacích bodov.

7.3.2 Vyrovnanie blokov zväzkov

Ďalším krokom v sprievodcovi projektu je modul PhotoMod Solver. Vyrovnanie blokov spustíme ikonou . Vyrovnanie sa vykonáva pomocou štyroch funkcií a to



- Nastaví všetky parametre vyrovnania



- Spustí vyrovnávací proces

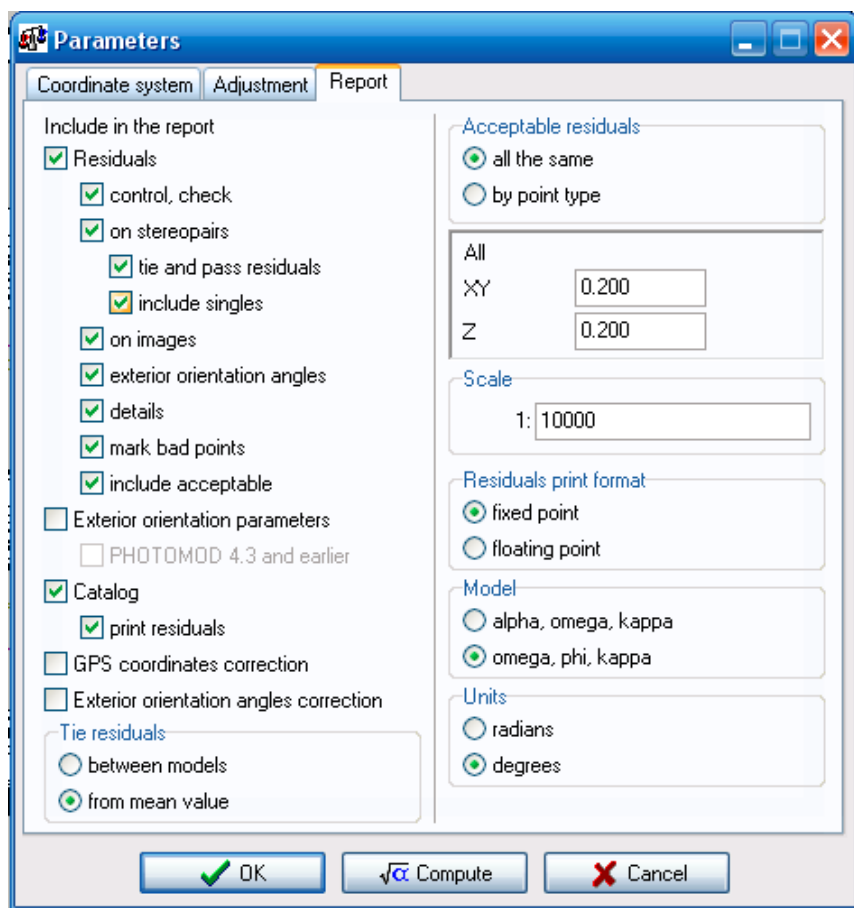


- Protokol vyrovnania

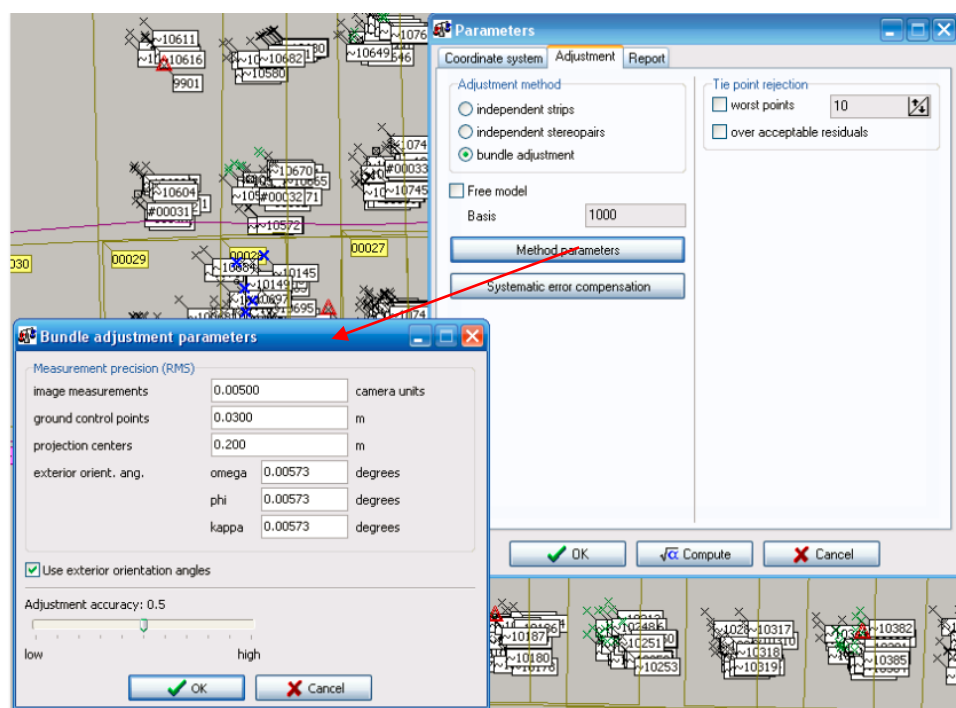


- Uloženie výsledkov vyrovnania

V mojej bakalárskej práci som použil metódu vyrovnania blokov zväzkov (*bundle adjustment*), pričom pred samotným vyrovnaním bolo potrebné nastaviť parametre vyrovnania a parametre výsledného protokolu. Nastavenia sú naznačené v nasledujúcich obrázkoch.



Obr. 7-16 Natavenie parametrov protokolu vyrovnania



Obr. 7-17 Nastavenie parametrov vyrovnania

7.3.3 Testovanie presnosti na základe manuálne meraných nadväzujúcich bodov

Po úspešnom vyrovnaní získame výsledný report. Okrem iných informácií obsahoval aj súradnice 48 manuálne zmeraných naväzovacích bodov, ktoré som pre overenie správnosti vyrovnania porovnal so súradnicami zameranými v teréne GNSS metódou. Pretože GNSS metódu môžeme považovať za podstatne presnejšiu v určovaní polohy i výšky, jej hodnoty v testovaní presnosti vystupovali ako pravé a teda výsledné stredné chyby sú relatívne. Počas porovnania boli odstránené body, ktoré obsahovali odľahlé hodnoty spôsobené zlou identifikáciou bodu pri manuálnom meraní naväzovacích bodov alebo body, ktoré neboli na snímkach viditeľné resp. viditeľnosť bola nedostačujúca. Po konzultácii s vedúcim práce boli tieto hodnoty odstránené pričom bolo nevyhovujúcich bolo 15 bodov. Výsledné rozdiely boli brané ako uspokojivé. Tabuľka výsledných stredných chýb v jednotlivých osách zostavená v programe Microsoft Excel :

Tabuľka č. 1. – Vonkajšia presnosť

m_x	4,6 cm
m_y	5,7 cm
m_z	12,0 cm

Tabuľka č. 2. – Vnútorá presnosť

m_x	4,7 cm
m_y	4,4 cm
m_z	9,4 cm

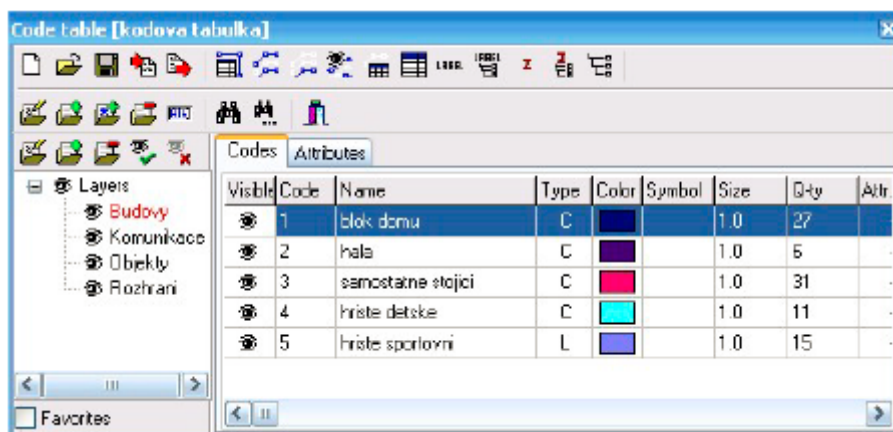
7.4 Vyhodnocovacie práce (kresba)

Po ukončení modulu PhotoMod Solver nasleduje tvorba výsledného produktu práce. Software PhotoMod poskytuje možnosť tvorby mnohých fotogrametrických produktov. Ja som pre grafické spracovanie snímok zvolil modul PhotoMod StereoDraw (viz. str. 23). Nachádza sa v *Project manager* → *Block processing*, ikona  (*start stereodraw*).

7.4.1 Vektorová kresba v module PhotoMod StereoDraw

Pred začatím kresby v module je potrebné nadefinovať kódovú tabuľku. Z tejto tabuľky sú v priebehu kreslenia čerpané informácie o druhu čiar, farbe, hrúbke a ďalších atribútoch. Kódová tabuľka sa spúšťa ikonou  (*code table*).

Tabuľku je možné buď vytvoriť, alebo prevziať z už existujúceho projektu, táto tabuľka sa dá ďalej ľubovoľne a kedykoľvek editovať.



Obr. 7-18 Ukážka kódovej tabuľky

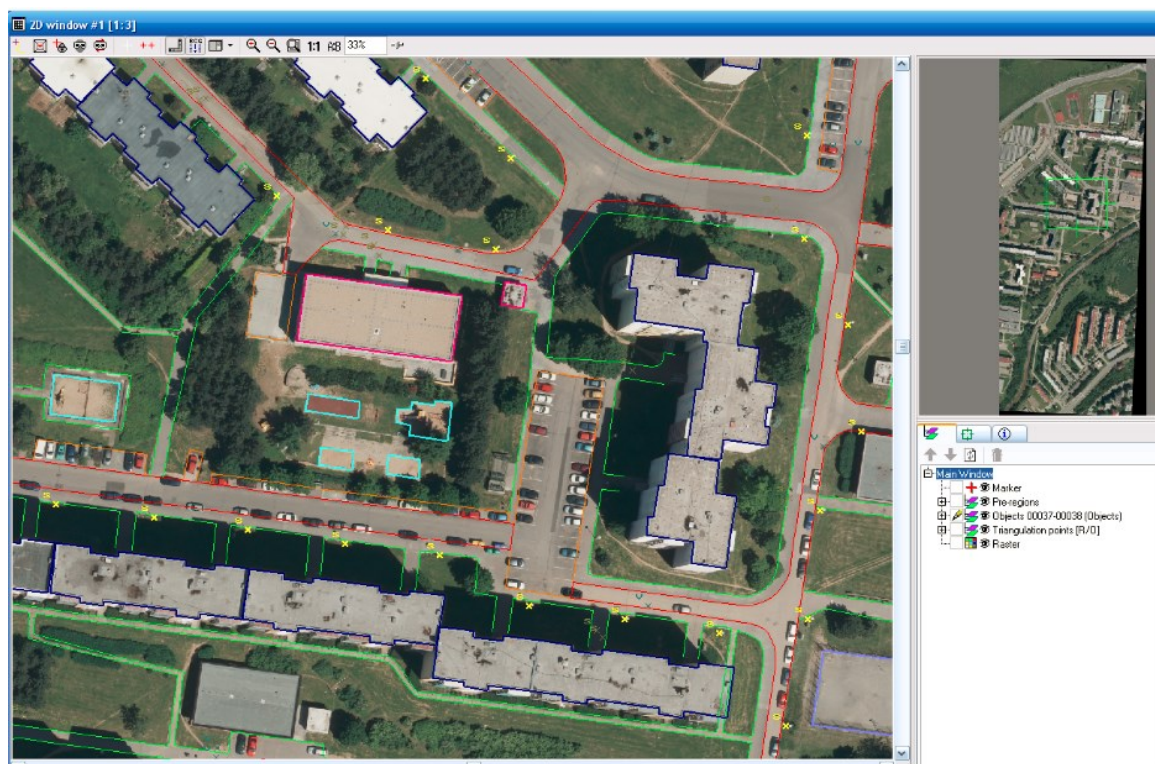
Ďalej nasleduje samotná vektorizácia. Vykonával som ju v stereomóde, pomocou metódy stereopixel a polarizačných okuliarov (viď. str. 20). V module StereoDraw sa nachádza mnoho funkcií pre vektorizáciu. Nasledujúce funkcie boli podľa môjho názoru pre kresbu najdôležitejšie.



- *Sart/continue object* – Vloží vrchol objektu (*insert*)

- *End polyline* - Ukončí tvorbu polyline

-  - *2D snapping to point* – 2D nájazd na bod
 -  - *2D snapping to line* - 2D nájazd na líniu
 -  - *Rectangle mode* – Zapne/vypne pravouhlé kreslenie
 -  - *Previous stereopair* - Predchádzajúca stereodvojica
 -  - *Next stereopair* - Nasledujúca stereodvojica
 -  - *Above stereopair* – Horná stereodvojica
 -  - *Below stereopair* – Dolná stereodvojica
 -  - *Toggle stereo on/off* – Zapnutie/vypnutie stereovnemu
 -  - Ustanovenie stereovnemu, nastaví paralaxu v okolí kurzora na nulovú hodnotu.
- (F2)



Obr. 7-19 Kresba v móde StereoDraw

V móde StereoDraw som vektorizoval prvky ako komunikácie, budovy, chodníky, vpusťe, pouličné osvetlenie. Modul StereoVector poskytuje taktiež niektoré pomôcky, medzi ktoré spadá taktiež kreslenie CAD prvkov ako oblúky, kružnice, elipsy, ktoré som využil pri kreslení napr. oblých častí komunikácií.

Rozsah lokality

Po konzultácii s vedúcim práce sme sa uzhodli na dostačujúcej veľkosti vektorizovanej oblasti (vid'. Obr. 7-19):



Obr. 7-20 Vyznačenie vektorizovanej oblasti

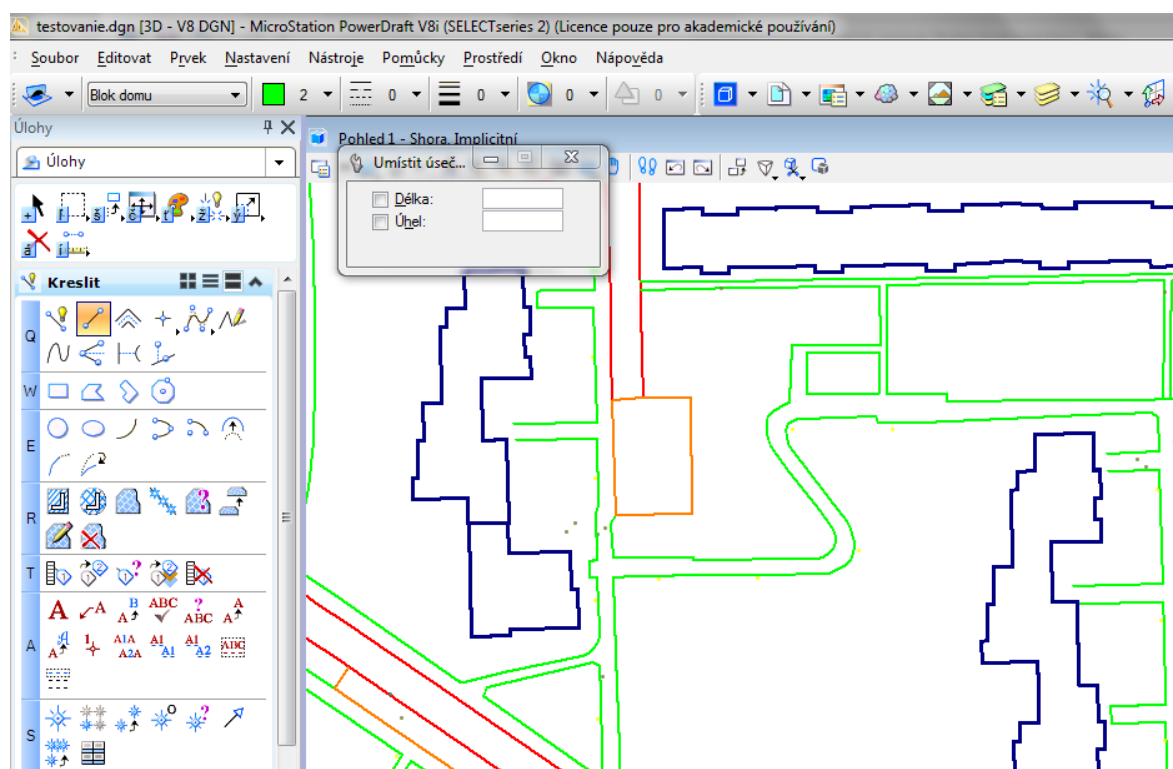
7.4.2 Export vektorovej kresby

Export kresby je veľmi dôležitý pre finálny produkt. Výstupným formátom môže byť a v mojom prípade aj bol formát *.dgn. Tento formát je hlavným formátom software MicroStation v ktorom vykonáme dokončenie projektu. Pri exporte do formátu *.dgn je potrebné správne nastaviť parametre konverzie a priradenie jednotlivých vrstiev.

7.4.3 Finálne práce v MicroStation v8i

Ako prvé bolo potrebné stanoviť mierku kresby. Kvôli veľkosti lokality a hustej zástavbe som mierku zvolil 1:1 000. Dokončenie polohopisu spočívalo len v pridaní buniek

(použil som knižnicu buniek geo1000.cel) a dokončení kresby niektorých línií/objektov, ktoré z dôvodu zlej viditeľnosti neboli dokončené. Polohopisný plán je v prílohe č. 1.



Obr. 7-21 Úprava kresby v programe MicroStation v8

8. Testovanie presnosti

Dôležitým záverečným výstupom je taktiež testovanie presnosti vytvoreného produktu. Testovanie sa vykonávalo či porovnaním súradníc manuálne zmeraných naväzovacích bodov so súradnicami určenými metódou GNSS v teréne, alebo porovnaním bodov vo vytvorenom polohopisnom pláne s kontrolným zameraním lokality terestrickými metódami. Kontrole s využitím bodov určených GNSS metódou som sa venoval v predchádzajúcej kapitole (viď. str. 39).

8.1 Testovanie meraných veličín – analýza súradnicových rozdielov

PREVZATÉ MERANIE

Pre porovnanie meraných veličín z fotogrametrického vyhodnotenia som použil meranie terestrické. Toto meranie som prevzal od bývalého študenta VUT v Brne Ing. Miroslava Zawadu. Merané body sa nachádzali vo viacerých častiach lokality Brno-Líšeň, ale pre účely mojej bakalárskej práce som vybral body z lokality mnou meranej. Samotné meranie prebiehalo totálnou stanicou Topcon GPT 3003N, parametre totálnej stanice podľa [5]:

- Stredná chyba meranej dĺžky $m_d = 2\text{mm} + 2\text{ppm}$
- Stredná chyba meraného smeru $m_r = 10''$
- Bezhranové meranie dĺžok – dosah 250 m [5]

Meranie podrobných bodov bolo uskutočnené tachymetrickou metódou. Vonkajšia presnosť merania je $m_{x,y} = 0,087\text{m}$ a $m_h = 0,081\text{m}$. Vnútna presnosť podrobného merania je $m_{x,y} = 0,022\text{m}$ a $m_h = 0,011\text{m}$. [5]

Výpočtové práce boli vykonané v programe Groma 8, pričom všetky výpočty boli uskutočňované v súradnicovom systéme S-JTSK a následne podľa transformačného kľúča pretransformované do súradnicového systému UTM(33). [5]

ANALÝZA SÚRADNICOVÝCH ROZDIELOV

Po dohľadání identických bodov som vybral cca. 60 bodov, ktoré som súradnicovo porovnával. Body som rozdelil do troch skupín podľa druhu objektu na ktorom sa bod nachádzal. Analýzu som uskutočňoval v programe Microsoft Excel a výsledné hodnoty som zostavil do jednoduchej tabuľky.

Tabuľka č. 3. – Vonkajšia presnosť

Druh objektu	m_y [m]	m_x [m]	m_z [m]	Počet bodov
Komunikácia	0,083	0,110	0,277	20
Budova	0,115	0,070		28
Kanalizačná vpust'/šachta	0,060	0,057	0,101	10

Tabuľka č. 4 – Vnútoraná presnosť

Druh objektu	m_y [m]	m_x [m]	m_z [m]	Počet bodov
Komunikácia	0,083	0,110	0,203	20
Budova	0,106	0,064		28
Kanalizačná vpust'/šachta	0,058	0,050	0,058	10

9. Záver

Cieľom bakalárskej práce bolo vytvoriť polohopisný plán zadanej lokality pomocou vyhodnocovania leteckých snímok v programe PhotoMod. Tento cieľ taktiež zahŕňal analýzu rôznych postupov jednotlivých častí vyhodnocovania. V závere práce sme správnosť vyhodnocovania a kresby polohopisného plánu mestskej časti overili porovnaním s prevzatým geodetickým zameraním identických bodov v teréne.

Po úvodnom zoznámení sa so spôsobom určovania polohy bodu z dvoch snímok a problematikou vlíčovacích bodov a aerotriangulácie som sa zameral na opis práce v programe PhotoMod.

V tomto opise som postupoval metodicky a systematicky, pričom som slovný opis doplnil obrázkami.

Vyhodnocovaná oblasť bola husto zastavaná, preto sa polohopisný plán tvoril len na časti lokality s rozlohou približne 177 km² a v mierke 1:1 000. Vektorizované boli prvky polohopisu ako budovy, rôzne druhy komunikácií, bodovými značkami napríklad kanalizačná vpusť a pod. Po skončení vektorizácie boli dáta vyexportované vo formáte *.dgn. Následne sme v software MicroStation v8i vykonali dokončovacie práce na výslednom polohopisnom pláne.

Testovanie presnosti bolo takisto nedeliteľnou zložkou projektu. Po skončení finálnych prác programe MicroStation v8i boli vybrané z prevzatého merania cca 60 bodov naprieč celou lokalitou a porovnané so súradnicami novovzniknutého polohopisného plánu. Analýza súradnicových rozdielov bola vykonaná v programe Microsoft Excel a následne výsledné hodnoty spracované do prehľadných tabuliek. Výsledné súradnicové rozdiely boli po konzultácií s vedúcim práce uznané za uspokojivé.

10. Zoznam zdrojov

- [1] PAVELKA, Karel; *Fotogrammetrie 20*. Praha, Česká technika – nakladatelství ČVUT 2006, ISBN 80-01-02762-7
- [2] HANZL, Vlastimil; SUKUP, Karel. *Fotogrammetrie I*. Brno, CERM s.r.o. 2001, ISBN 80-214-2049-9
- [3] Böhm, Jozef; *Fotogrammetrie*. Ostrava, 2002, [online]. Dostupné z :
<http://igdm.vsb.cz/igdm/materialy/Fotogrammetrie.pdf>
- [4] SLÁDKOVÁ, Veronika, *Bakalárska práca – Tvorba ortofotomapy v systéme PhotoMod*, Brno, 2012 [online]. Dostupné z:
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=54265
- [5] ZAWADA, Miroslav, *Diplomová práca – Vyhodnocení leteckých snímků*, VUT Brno, 2010
- [6] PAVELKA, Karel; HODAČ, Jindřich. *Fotogrammetrie 3 – Digitální metody a laserové skenování*. Praha, Česká technika – nakladatelství ČVUT 2008, ISBN 978-80-01-03978-6
- [7] DUDOŇ, Jozef, *Návrh učebného textu v predmete fotogrametria*, SPŠŠ Žilina, 2013 [online]. Dostupné z: <http://www.pkgeo.eu/files/fotogrametria-a-DPZ.pdf>
- [8] BITTERER, Ladislav, *Základy fotogrammetrie*, Žilina, 2005 [online]. Dostupné z: <http://svf.utc.sk/kgd/skripta/fotogrametria/obsah.pdf>
- [9] <http://www.racurs.ru/> [online – cit. 20.5.2015]
- [10] Photomod 4.3 USER MANUAL, Module – Montage desktop, RACURS Moscow 2007,
- [11] Photomod 4.3 USER MANUAL, Module – Aerial Triangulation, RACURS - Moscow 2007,
- [12] Photomod 4.3 USER MANUAL, Module – Photomod Solver, RACURS - Moscow 2007,
- [13] Photomod 4.3 USER MANUAL, Module – Photomod StereoDraw, RACURS - Moscow 2007,

11. Zoznam obrázkov

Obr. 3-1 Centrálna projekcia (<i>prevzaté z [3]</i>).....	11
Obr. 32-2 Prvky vnútornej orientácie snímku (<i>prevzaté z [3]</i>).....	12
Obr. 2-3 Prvky vonkajšej orientácie snímky (<i>prevzaté z [3]</i>).....	12
Obr. 4-1 Dočasná signalizácia vlícovacieho bodu.....	13
Obr. 4-2 Tvary signálov [2]	14
Obr. 5-1 Princíp aerotriangulácie (<i>prevzaté z [2]</i>).....	15
Obr. 5-2 Geometrický princíp vyrovnania blokov zväzkov (<i>prevzaté z [2]</i>)	16
Obr. 6-1 Výrez z turistickej mapy (<i>dostupná na www.mapy.cz</i>)	18
Obr. 6-2 Výrez ortofoto mapy (mestská časť Brno – Líšeň) (<i>dostupná na www.google.sk</i>)	18
Obr. 6-3 Kamera UltraCamXP	19
Obr. 6-4 Parametre kamery UltraCamXP (výrez z <i>kalibračného listu</i>)	20
Obr. 6-5 Schéma systému stereopixel (<i>dostupné na www.racurs.ru</i>)	21
Obr. 6-6 Schéma nástrojov a modulov systému [9].....	22
Obr. 7-1 Photomod Control panel.....	24
Obr. 7-2 Vytvorenie dátového skladu.....	24
Obr. 7-3 Montage desktop	25
Obr. 7-4 Sprievodca <i>Project manager</i>	26
Obr. 7-5 Formovanie blokov snímok (<i>Block forming</i>)	26
Obr. 7-6 Block editor	27
Obr. 7-7 Import snímok	28
Obr. 7-8 Schématické zostavenie bloku	29
Obr. 7-9 Natavenie kamery.....	30
Obr. 7-10 Všeobecný príklad určenia hlavného bodu snímky (<i>principal point</i>) (<i>dostupný na www.racurs.ru</i>)	31
Obr. 7-11 Priradenie prvkov vnútornej orientácie z digitálnej kamery	32
Obr. 7-12 Karta merania vlícovacích bodov (Measuring Ground Control points)	33
Obr. 7-13 Meranie vlícovacích bodov	33
Obr. 7-14 Prehľadka vlícovacích bodov	34
Obr. 7-15 Natavenie parametrov automatickej aerotriangulácie	36
Obr. 7-16 Natavenie parametrov protokolu vyrovnania	38

Obr. 7-17 Nastavenie parametrov vyrovnania	38
Obr. 7-18 Ukážka kódovej tabuľky	40
Obr. 7-19 Kresba v móde StereoDraw	41
Obr. 7-20 Vyznačenie vektorizovanej oblasti	42
Obr. 7-21 Úprava kresby v programe MicroStation v8	43

12. Zoznam tabuliek

Tabuľka č. 1.	39
Tabuľka č. 2.	39
Tabuľka č. 3.	43
Tabuľka č. 4.	43

13. Zoznam príloh

Prílohy v digitálnej podobe:

- Príloha č.1 – Polohopisný plán v mierke 1:1 000
- Príloha č.2 – Kalibračný protokol použitej leteckej kamery
- Príloha č.3 – Použité letecké snímky
- Príloha č.4 – Protokoly o vyrovnaní bloku snímok
- Príloha č.5 – Zoznam súradníc kontrolných bodov
- Príloha č.6 – Analýza súradnicových rozdielov
- Príloha č.7 – Miestopisy vlíčovacích bodov
- Príloha č.8 – Zoznam súradníc vlíčovacích bodov

Prílohy v tlačenej podobe:

- Príloha č.1 – Polohopisný plán v mierke 1:1 000 (voľná príloha)
- Príloha č.2 – Kalibračný protokol použitej leteckej kamery
- Príloha č.3 – Zoznam súradníc vlíčovacích bodov