

AeroSys

stručný uživatelský manuál

Obsah

1. Systém AeroSys	2
1.1. Základní charakteristika systému	2
1.2. Zpracování dat	2
1.2.1. Předzpracování dat	4
1.2.2. Výpočet vyrovnání	6
1.2.3. Technologie výpočtu	7
1.3. Praktické příklady	7
1.3.1. Data z digitální fotogrammetrické stanice PhoTopoL	8
1.3.2. Data registrovaná na stereokomparátorech	10
1.4. Shrnutí	12

1. SYSTÉM AEROSYS

1.1. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA SYSTÉMU

AeroSys je systém určený pro výpočet aerotriangulací navržený hlavně s ohledem na potřeby GIS aplikací a mapování. Je řešen jako sada programů, ovládaných ze společného menu viz obrázek č. 1-4, které řeší celý proces výpočtu aerotriangulace - např. tedy - založení projektu, import dat, vnitřní orientace, relativní orientace viz dále. Systém umožňuje importovat měřená data různých formátů, z nejrozšířenějších uveďme alespoň Albany, PAT-B, Zeiss, Intergraph Image Station atd. Obsahuje dále i moduly řešící - kalibraci neměřických komor, 2D a 3D transformace aj.

Systém je dodáván v několika variantách lišících se především počtem současně zpracovávaných snímků (tj. maximální velikostí bloku). Laboratoř fotogrammetrie je vybavena variantou systému, která umožňuje zpracování až 50 snímků - INTRO Package. Demoverzi systému (pracující s max. 5 snímky) lze získat zdarma na internetu na adrese

<http://www.bigfoot.com/~AeroSys>

Systém pracuje pod operačními systémy WinNT/2000/98/95. Doporučená konfigurace pro efektivní provoz je PC alespoň řady Pentium s minimálně 64 Mb paměti.

1.2. ZPRACOVÁNÍ DAT

Vlastní proces zpracování dat při výpočtu aerotriangulace je možné rozdělit na několik základních etap viz obrázek č. 1-1.

Jedná se především o tyto etapy:

- a) získání dat v některém z podporovaných formátů
- b) vytvoření souboru obsahujícího souřadnice VB
- c) založení projektu a nastavení jeho parametrů
- d) import měřených dat do vnitřního formátu AeroSysu
- e) předzpracování dat
- f) vyrovnání

Ad a) jak již bylo zmíněno, systém umožňuje importovat měřená data z různých běžně používaných formátů. Jako zdroj výchozích dat mohou tedy sloužit analogové vyhodnocovací přístroje s registrací, analytické systémy, digitální fotogrammetrické stanice jakož i další jiné zdroje rovinných dat např. mono a stereokomparátory nebo digitizéry. Při sběru dat je třeba dát pozor zvláště na typ měřených dat - tj. zda jde o jednotlivé snímky nebo stereodvojice, v jakých jednotkách se data registrují, zda jde o relativní hodnoty nebo přímo snímkové souřadnice, zda již byla odstraněna radiální distorze objektivu měřické kamery.

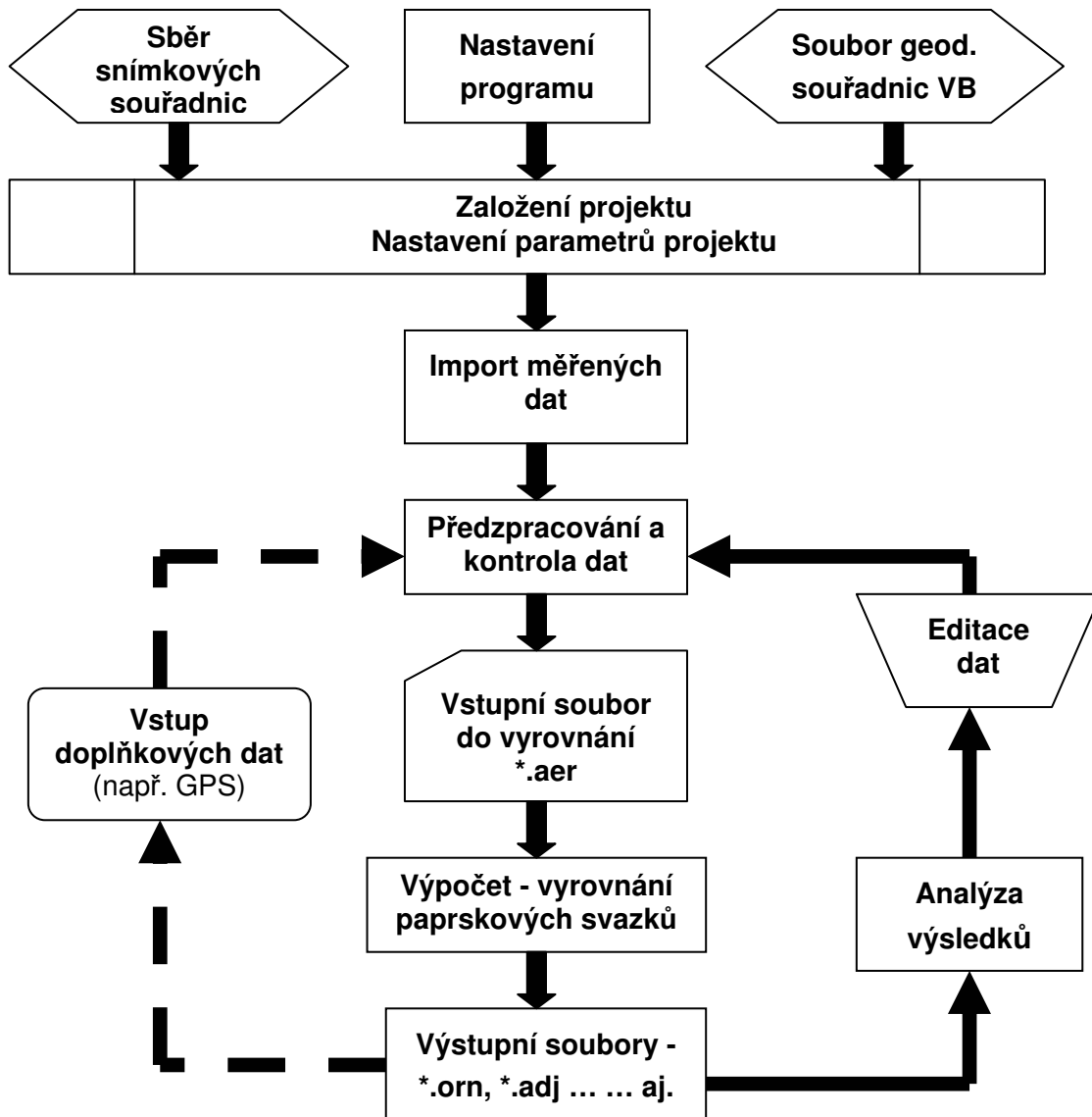
Ad b) systém umožňuje importovat geodetické souřadnice vlčovacíh bodů (dále VB) bez nutnosti ruční editace (soubor *.ctl).

Ad c) založení projektu spočívá v jeho pojmenování, výběru souboru obsahujícího souřadnice vřícovacích bodů (viz výše), výběru formátu měřených dat, konfigurace bloku snímků, definice použité měřické komory. Definice projektu se ukládá do souboru *.prj .

Ad d) pokud jsou importovány měřená data ve tvaru relativních hodnot, pak se vytvoří soubor ve formátu *.phc. Pokud jsou importovány přímo snímkové souřadnice, pak se vytvoří soubor *.ref.

Ad e) průběh této etapy velmi závisí na formátu vstupních dat. Cílem je příprava dat pro vyrovnání - tedy výpočet přibližných hodnot neznámých - tj. prvků vnější orientace a geodetických souřadnic spojovacích a dalších bodů. Celá tato fáze se opět dělí do několika kroků - viz obrázek č. 1-2.

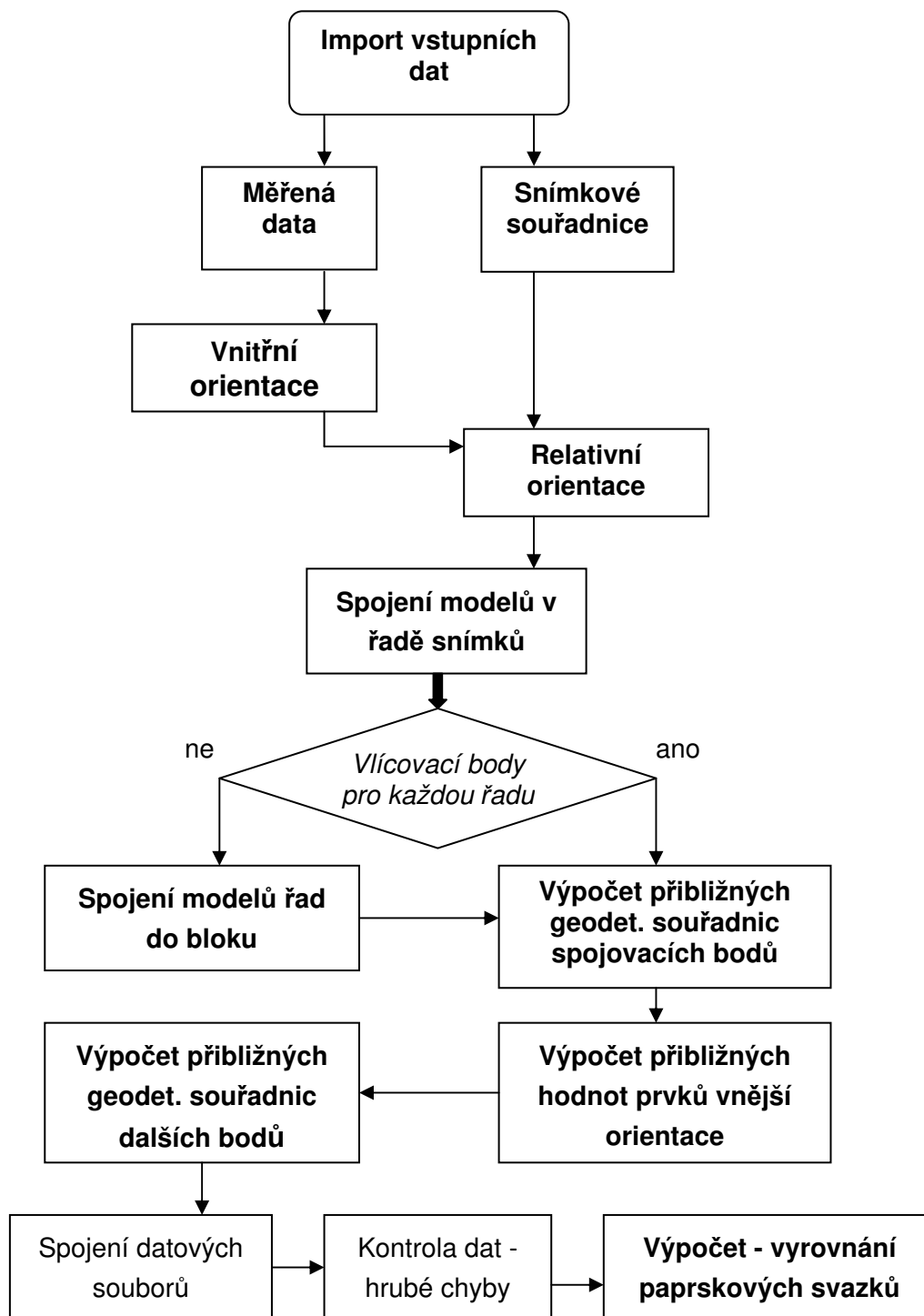
Ad f) konečnou etapou zpracování dat je výpočet vyrovnaných hodnot neznámých metodou vyrovnání paprskových svazků (Bundle Adjustment) a vytvoření protokolu o výpočtu obsahujícího chybový rozbor průběhu vyrovnání. Tuto etapu je možno opakovat pokud vyloučíme na základě chybového rozboru některá měření.



Obr. 1 - 1: Schéma procesu výpočtu AAT modulem AeroSys

1.2.1. Předzpracování dat

Průběh této etapy velmi závisí na formátu vstupních dat (viz kapitola 1.3). Cílem je příprava dat pro vyrovnání - tedy výpočet přibližných hodnot neznámých. Celá etapa se dělí do několika kroků - viz následující schéma.



Obr. 1 - 2: Schéma procesu předzpracování dat

Stručný popis jednotlivých kroků :

- **REFINE PHOTOCOORDINATES** - provede transformaci (afinní) měřených dat do snímkového souřadnicového systému - *identickými body* jsou rámové značky.
 - vstupní data : *.cal, *.phc
 - výstupní data : *.ref
 - refine.log - protokol o vnitřní orientaci
- **COMBINE** - sloučí jeden nebo více bloků dat (se stejným číslem snímku) do formátu kde pro každý snímek je pouze jeden blok dat. Vícekrát určené hodnoty jsou průměrovány.
- **RELATIVE ORIENTATION** - počítá relativní orientaci pro každý stereopár
 - vstupní data : *.ref
 - výstupní data : *.rel
 - relorn.log - protokol o relativní orientaci
- **STRIPFORM** - spojí nezávislé modely do jednoho modelu v rámci řady snímků
 - vstupní data : *.rel
 - výstupní data : *.stp
 - StripForm.log - protokol o spojení modelů do jednoho
- **BLOCKFORM** - spojí nezávislé modely řad snímků do jednoho modelu pro celý blok řad (používá se zejména pokud v jedné nebo více řadách v rámci bloku není dostatečný počet vlíčovacích bodů k výpočtu následujícího kroku)
 - vstupní data : *.stp
 - výstupní data : *.blk
 - BlockForm.log - protokol o spojení modelů do jednoho
- **ESTIMATE GROUND COORD.-** vypočte přibližné geodetické souřadnice pro všechny body bloku. Jsou k dispozici 2 různé metody - 3D transformace nebo polynomické vyrovnání řad.
 - vstupní data : *.stp nebo *.blk, *.ctl
 - výstupní data : *.est
 - Estimate.log - protokol o výpočtu přibližných geodetických souřadnic
- **PHOTO RESECTION** - provede prostorové protínání zpět k určení přibližných hodnot prvků vnější orientace pro každý snímek bloku.
 - vstupní data : *.est, *.ref
 - výstupní data : *.rst
 - Resection.log - protokol o výpočtu prostorového protínání zpět
- **POINT INTERSECTION** - provede prostorové protínání vpřed k určení přibližných hodnot geodetických souřadnic dalších bodů - pokud jsou určovány.
 - vstupní data : *.est, *.rst, *.ref
 - výstupní data : *.est
 - Intersection.log - protokol o výpočtu prostorového protínání vpřed

- **MERGE DATA FILES** - spojí výsledné datové soubory z předchozích kroků, do jednoho souboru.

vstupní data : *.cal, *.est, *.ref

výstupní data : *.aer

- **IMAGE RAYS** - provede prostorové protínání vpřed pro každý bod modelu, ke zjištění případných hrubých chyb před vlastním vyrovnáním.

vstupní data : *.aer

výstupní data : ImageRays.log - protokol o výpočtu a zjištěných hrubých chybách

Systém umožňuje nastavit - souslednost kroků (podle typu zpracovávaných dat) a parametry přesnosti pro jednotlivé kroky (střední chyby, max. hodnoty zbytkových odchylek). Nastavení je možné provést v menu **File** volbou **Preferences** (viz obrázek č. 1-7).

Výpočet je možné provádět buď po jednotlivých krocích a nebo spustit v celku jako sekvenci po sobě jdoucích kroků. Obojí lze provést z menu **Aerial**. Posledním krokem celého výpočtu je vlastní vyrovnání metodou vyrovnání paprskových svazků.

1.2.2. Výpočet vyrovnání

V předchozí kapitole byl popsán postup výpočtu přibližných hodnot neznámých. Následuje poslední etapa celého zpracování - výpočet vlastního vyrovnání řady či bloku snímků metodou vyrovnání paprskových svazků.

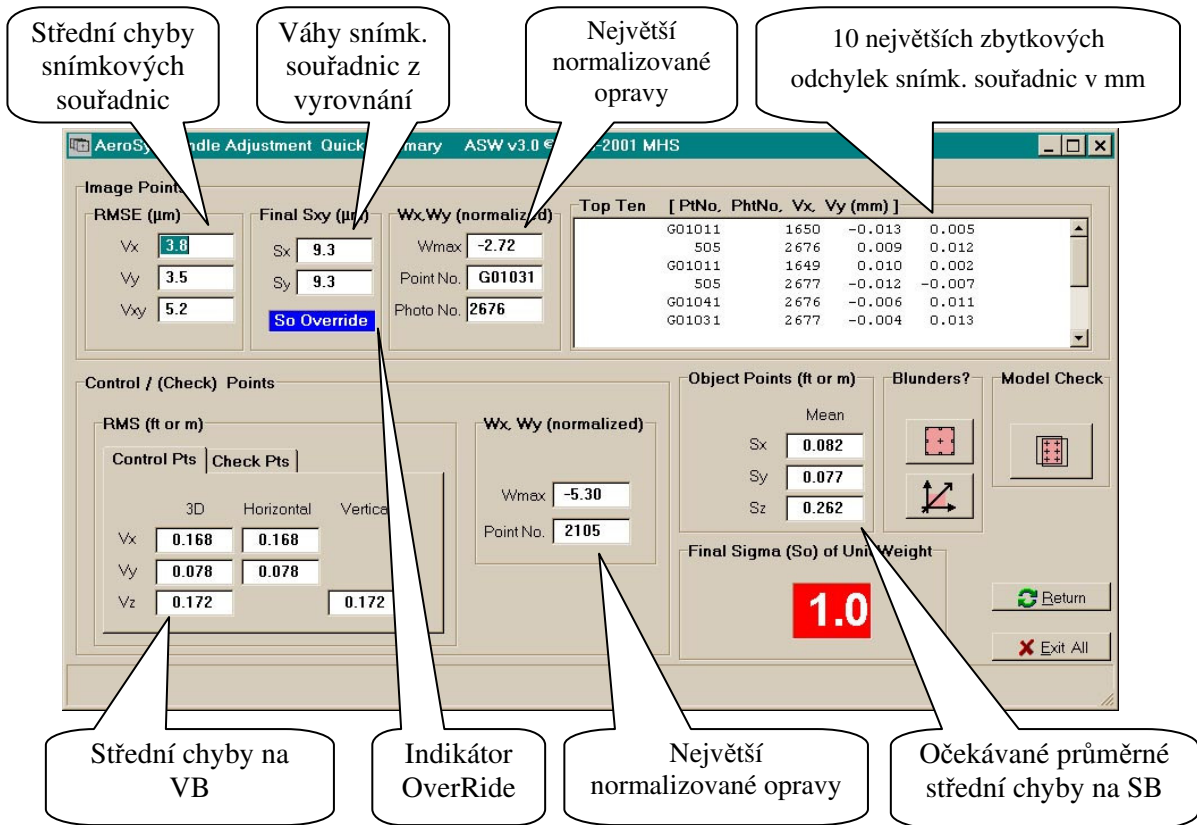
Výsledkem této etapy jsou vyrovnané hodnoty geodetických souřadnic spojovacích bodů (dále SB) a prvky vnější orientace pro každý snímek bloku. Výpočet se spouští automaticky jako poslední krok sekvenčního zpracování nebo volbou **AERO BUNDLE** pokud provádíme výpočet po jednotlivých krocích.

Výsledky vyrovnání máme možnost kontrolovat několika způsoby například pomocí tzv. Quick Summary viz obrázek číslo 1-3.

Jsou zde uvedeny jak střední chyby vstupních a výstupních hodnot, tak normalizované opravy, případně největší zbytkové odchylky. V ideálním případě by hodnota střední chyby jednotkové (Final Sigma of Unit Weight) měla být rovna jedné. Pokud tomu tak není, svědčí to o nevhodné volbě vah (daných středními chybami měřených veličin). Částečně lze tuto situaci řešit nastavením indikátoru *Override* do polohy **on**, což při průběhu výpočtu znamená, že systém může do nastavení vah sám zasáhnout. Nastavení se provádí v konfiguraci modulu Aero Bundle volbou menu **Options**.

Výsledné hodnoty se ukládají do několika souborů z nichž nejdůležitější jsou tyto:

*.xyz	obsahuje výsledné vyrovnané souřadnice všech bodů s tím, že souřadnice vlíčovacích bodů nebyly zahrnuty do vyrovnání
*.orn	obsahuje výsledné prvky vnější orientace pro každý snímek
*.res	obsahuje zbytkové odchylky snímkových souřadnic
Aero.log	obsahuje kompletní chybovou analýzu vyrovnání



Obr. 1 - 3: Kvalitativní hodnocení vyrovnání

1.2.3. Technologie výpočtu

K odhalení hrubých chyb již v průběhu výpočtu přispívá i správná volba technologie výpočtu. Zde je tedy uvedeno několik námětů jak při výpočtu postupovat.

Pokud se zpracovává blok snímků, je vhodné nejprve provést výpočet každé řady samostatně. To lze provést, pokud je v každé řadě dostatečný počet vlíčovacích bodů (viz výše) tedy minimálně 3 body. Pak lze porovnat výsledné hodnoty geodetických souřadnic spojovacích bodů na překrytu řad a vyloučit případně přeměřit chybné body. Pro porovnání lze použít modul Compare v menu *Util*.

Dalším krokem je vyrovnání bloků tentokrát vždy dvojic sousedních řad a opět porovnání souřadnic spojovacích bodů. Navíc je možné z chybového rozboru vyrovnání identifikovat "podezřelé" vlíčovací body a z výpočtu je vyloučit.

Všechny tyto úpravy vedou k tomu aby do konečného vyrovnání vstupovala data bez hrubých chyb. Posledním krokem je vyrovnání celého bloku snímků.

1.3. PRAKTICKÉ PŘÍKLADY

V následující části budou popsány postupy zpracování dat získaných různými cestami - data z digitální fotogrammetrické stanice PhoTopoL a data získaná registrací při monokulárním proměřování snímků na stereokomparátoru.

1.3.1. Data z digitální fotogrammetrické stanice PhoTopoL

Digitální fotogrammetrická stanice PhoTopoL neumožňuje výpočet analytické aerotriangulace přímo. Data získaná proměřováním digitálních snímků lze však exportovat do formátu systému AeroSys (viz manuál PhoTopoL). Při exportu dat dojde k vytvoření několika souborů z nichž nejdůležitější jsou tyto:

- *.ctl soubor obsahující geodetické souřadnice vlíčovacích bodů
- *.cal soubor obsahující kalibrační parametry použité komory - snímkové souřadnice rámových značek, konstantu komory, koeficienty distorzí
- *.fmt soubor obsahující naměřené snímkové souřadnice vlíčovacích a spojovacích bodů uspořádané po jednotlivých modelech

Ukázky souborů nebo jejich částí:

soubor *.cal

CAL

KASPERKY

```
4      152.138 0.000 0.000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0 0 0
1      109.995  0.020 0 0
2      -110.014  0.011 0 0
3      -0.005  110.015 0 0
4      -0.014 -109.999 0 0
```

soubor *.fmt

```
10081007 .001 .001 .001 .001
1      109.995  0.020 109.995  0.020
2      -110.014  0.011 -110.014  0.011
3      -0.005  110.015 -0.005  110.015
4      -0.014 -109.999 -0.014 -109.999
G01021  85.086 -101.703  0.908 -97.306
G01022  87.003  80.061  4.016  82.835
G01011  -7.133 -107.954 -88.548 -104.929
G01012 -15.284  95.751 -91.838  96.795
G01025  101.058 -9.882  19.577 -6.610
G01015  -1.382  13.758 -79.767  15.075
145     -21.211  106.208 -97.895  107.202
150     -34.933  55.252 -111.985  55.861
148     107.335 -24.930  25.855 -21.416
-99
```

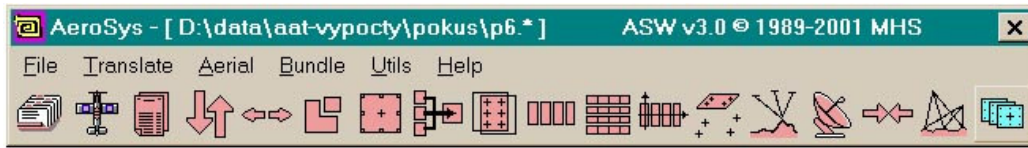
soubor *.ctl

CTL

KASPERKY

```
145     -819148.931 -1141246.463  695.781  0.100  0.500
150     -819343.677 -1142111.114  755.000  0.100  0.500
148     -817128.336 -1143368.189  871.175  0.100  0.500
146     -815032.462 -1142247.296  900.156  0.100  0.500
```

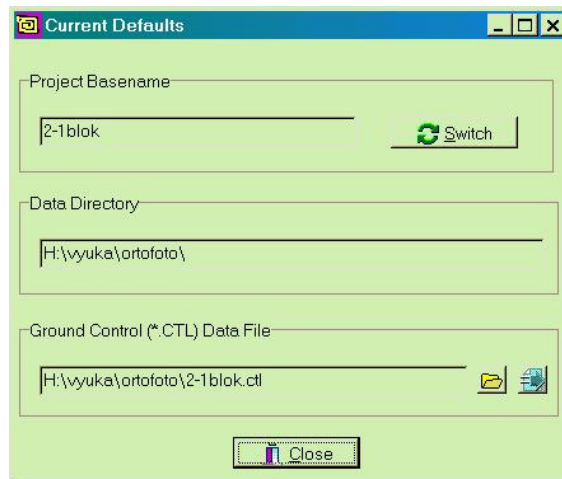
- **Po spuštění** programu AeroSys se objeví hlavní ovládací panel, viz obrázek



Obr. 1 - 4: Hlavní panel AeroSys

- **Nastavení** - v menu **File** volbou **Preferences** můžeme změnit nastavení systému, viz obrázek 1-7. Především je třeba nastavit správnou sekvenci kroků výpočtu - prvním krokem je relativní orientace.
- **Načtení projektu** provedeme z menu **File** volbou **Quick Switch**.

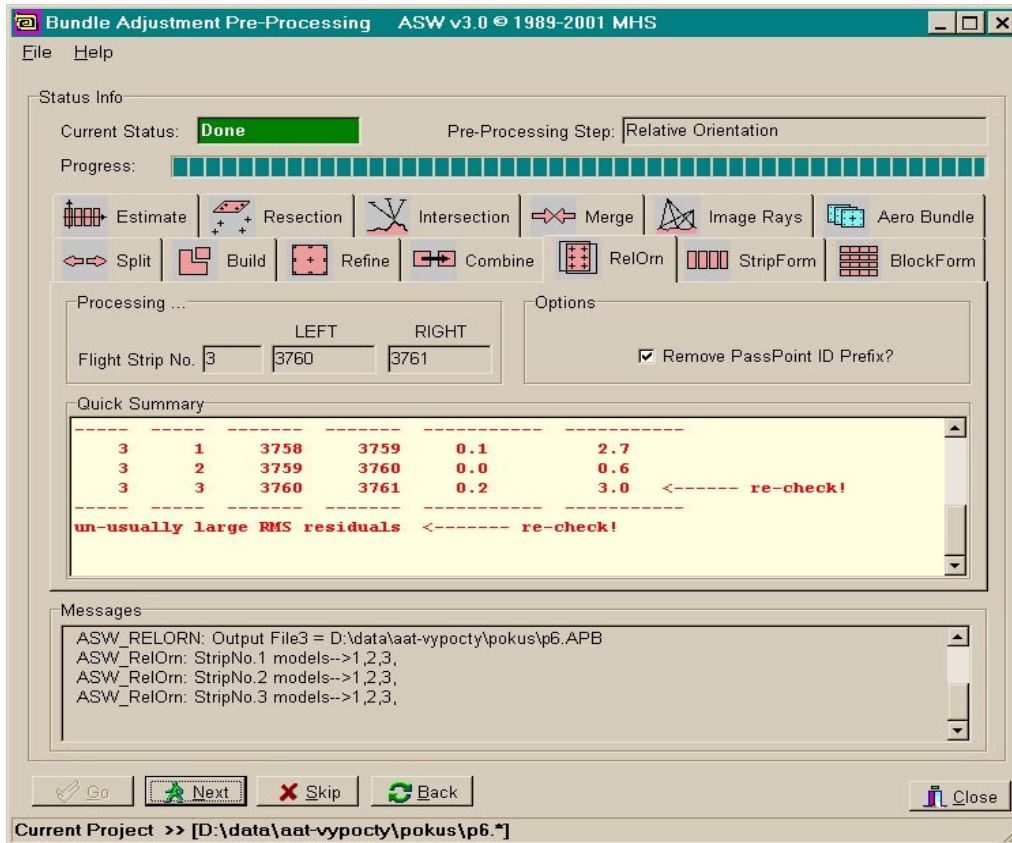
V nabídkovém okně vylistujeme příslušný soubor ***.ctl** v políčku *Ground Control Data File*, podobně tlačítkem *Switch* vylistujeme stejný soubor v políčku *Project Basename*.



Obr. 1 - 5: Načtení projektu

V tomto případě tedy není třeba zakládat nový projekt z menu **File** volbou **Open project**.

- **Import dat** z PhoTopoLu do AeroSysu provedeme z menu **Translate** volbou **Convert to AeroSys photocoordinate format**. V políčku *Photocoordinate Format* zatrhneme **Zeiss** a v políčku *Number of Fiducial Marks* zatrhneme počet použitých rámových značek. Ostatní volby neměníme. Přeložení potvrdíme stiskem tlačítka *Translate*.
- **Výpočet aerotriangulace** spustíme z menu **Aerial** buď jako automatický proces volbou *Auto-Execution Sequence*, nebo ho můžeme provádět po jednotlivých krocích (obrázek 1-6). V tom případě potvrdíme první krok a to volbou *Relative Orientation*.
Posledním krokem výpočtu je vyrovnání paprskových svazků. Na závěr výpočtu se zobrazí okno s daty umožňujícími posoudit dosaženou přesnost, viz obrázek 1-3.
- **Rozbor dat** - následuje chybová analýza, rozbor dat, případná editace a nový výpočet.



Obr. 1 - 6: Průběh výpočtu

Jedním z vytvořených souborů je i soubor *.orn obsahující vypočtené prvky vnější orientace pro každý snímek. Uvedeny jsou: číslo snímku; úhly - ω , φ , κ (v des. stupních); souřadnice - X, Y, Z (v metrech).

Ukázka souboru *.orn

```
ORN
KASPERKY
1008 -0.0199402 0.8814392 0.7623574 -818732.559 -1143002.561 3209.808
1007 -0.6047119 0.9480992 359.7902682 -817486.842 -1143005.770 3208.843
1006 -1.2214062 0.2285889 0.1913373 -816241.465 -1143005.136 3216.945
```

1.3.2. Data registrovaná na stereokomparátorech

Analogové snímky můžeme proměřovat mj. na mono nebo stereokomparátorech. V Laboratoři fotogrammetrie jsou k dispozici dva typy těchto přístrojů Stekometr a Dikometr. Oba typy mají připojené registrační zařízení a umožňují registrovat měřené hodnoty ve formě textových souborů. Měřeny jsou relativní hodnoty rovinných souřadnic vřícovacích a spojovacích bodů v rámci měřických snímků (v případě stereodvojic ještě obě hodnoty paralax - vertikální a horizontální). Na počátku práce je tedy nutné ještě registrovat souřadnice rámových značek aby mohla být provedena vnitřní orientace.

- **Příprava vstupních souborů** - jednotlivé vstupní soubory je v tomto případě nutno vytvořit ruční editací. Jedná se o textové soubory jejichž podrobný popis je uveden v manuálu k systému AeroSys. Je tedy potřeba vytvořit tyto soubory:

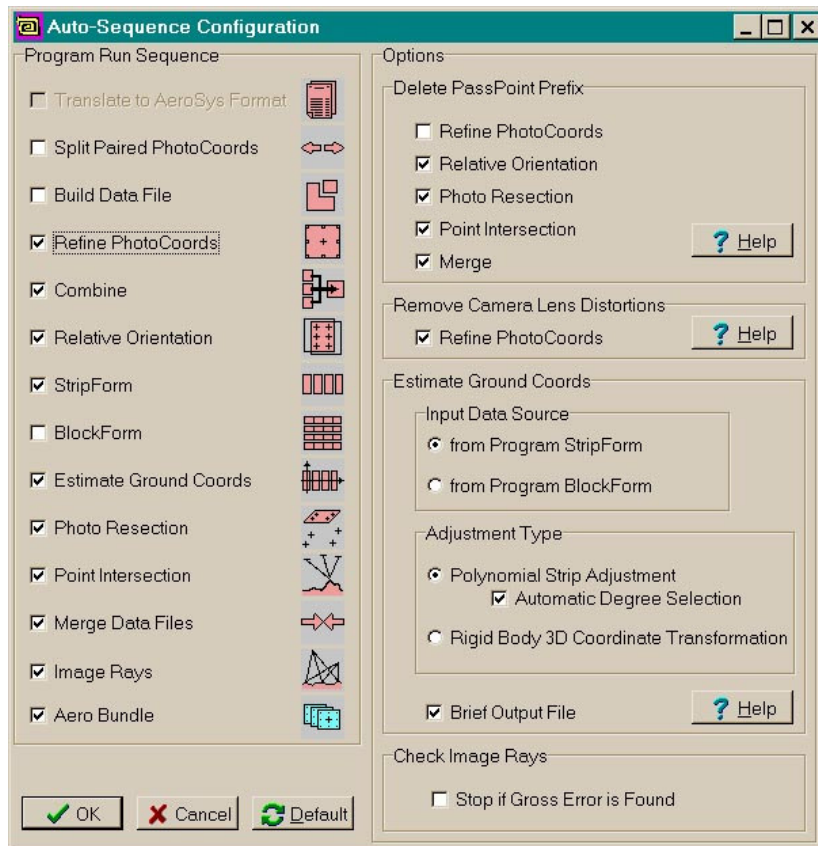
- *.cal viz výše
- *.ctl viz výše
- *.phc soubor měřených relativních hodnot rovinných souřadnic

Ukázka části souboru *.phc:

```

PHC
2rada
1 306.280 4
1 4
676 306.28 0
1 808.871 499.078
2 697.020 611.001
3 585.083 499.113
4 696.947 387.194
2032 602.470 399.268
2035 591.797 490.960
1021 619.523 573.117
1031 699.651 554.255
2025 676.158 500.969
2022 674.180 397.417
505 630.009 479.350
-99
    
```

- **Spuštění a nastavení systému** - viz výše. Prvním krokem sekvence výpočtu je v tomto případě vnitřní orientace - *Refine PhotoCoordinates*.



Obr. 1 - 7: Nastavení průběhu výpočtu

- **Načtení projektu** - viz výše.
- **Spuštění výpočtu** - viz výše. Zde se neprovádí import snímkových souřadnic neboť budou teprve v průběhu výpočtu určeny.
- **Rozbor dat** - následuje chybová analýza, rozbor dat, případná editace a nový výpočet.

1.4. SHRNUÍ

- **Vstupní data** měřické snímky - *digitální, analogové*
geodetické souřadnice vlícovacích bodů
- **Měřená data** měřené snímkové souřadnice
měřené relativní hodnoty rovinných souřadnic
- **Zdroje dat** Digitální fotogrammetrické stanice
Analytické fotogrammetrické systémy
Analogové systémy s registrací (*stereo - monokomparátory*)
jiné - digitizéry, tablety
geodetické měření, kartometrické určení souřadnic
měřické kamery - *analogové, digitální*
- **Výstupní data** geodetické souřadnice spojovacích bodů
Prvky vnější orientace - pro každý snímek
- **Přesnost závisí na** měřítku snímků
rozlišení - *u digitálních dat*
přesnosti, počtu a rozmístění vlícovacích bodů (VB)
vhodné volbě spojovacích bodů (SB)
přesnosti fotogrammetrického systému
zkušenosti operátora
- **Aplikace**
 - určení PVO a souřadnic VB a SB pro následné fotogrammetrické aplikace - např. ortofoto, stereovyhodnocení
 - určení souřadnic velkého množství bodů - např. pro mapování
 - určení souřadnic kontrolních a dalších bodů pro speciální aplikace

Závěrečná doporučení

Vlícovací body - je vhodné aby měřené VB byly v rozích daného bloku (řady) snímků. Je samozřejmě nutné aby ležely v modelu!! tedy min. na dvou snímcích. Pro zajištění stability řešení a kontrolu je u větších bloků doporučeno např. aby jeden VB byl vždy na 3 základny pro polohovou stabilitu bloku a min. jeden bod vždy na 5 základen pro výškovou stabilitu bloku.

Spojovací body - mohou být dvojího druhu - přirozeně signalizované body vybrané na měřických snímcích, uměle vytvořené body na snímcích (různé metody). Pro účely zpracování úloh v Laboratoři fotogrammetrie se spojovací body volí podle Gruberova schematu jako přirozeně signalizované, tj. pokud možno s dobrým kontrastem okolí a v rovině terénu (lepší nastavení měřické značky na bod). Gruberovo schéma je nutno dodržovat, neboť při nevhodné volbě SB dojde k podstatnému zhoršení přesnosti. Je-li to vhodné je možné použít přímo VB. Při zpracování větších bloků je třeba volbu bodů provádět zvláště důkladně s vědomím, že některé body váží až 6 snímků.