

## PÓŁAUTOMATYCZNY POMIAR PUNKTÓW AEROTRIANGULACJI Z WYKORZYSTANIEM MODUŁU TRIAN PR/TRIADA

© Wrona T., 2005

*The paper concerns one of the most important models of photogrammetric digital station Delta. Short description is given about measurements of aerotriangulation block with and without using Triada module. Some advantages and disadvantages in measuring process were taken under consideration. The results of processing a small aerotriangulation block are shown along with their accuracy analysis.*

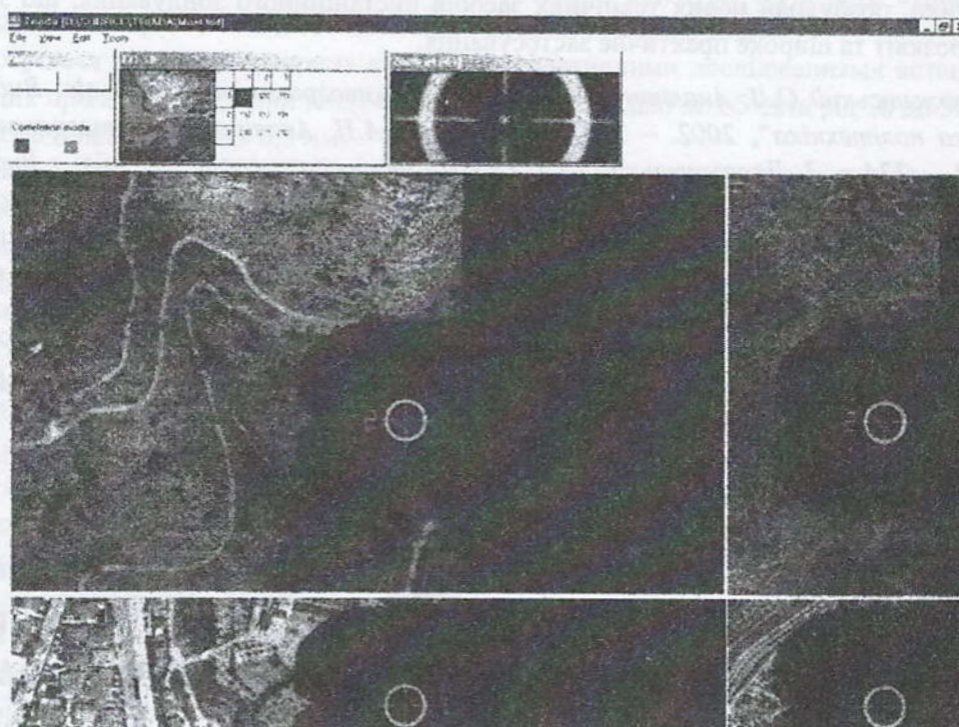
**Wstęp.** Niezależnie od sposobu wykonania, proces aerotriangulacji można rozdzielić na dwa zasadnicze etapy, czyli wykonanie pomiarów punktów aerotriangulacji, oraz zasadnicze wyrównanie (najczęściej metodą niezależnych wiązek). Obydwie te fazy niewątpliwie decydują o ekonomicznej i technicznej efektywności aerotriangulacji. W literaturze dotyczącej aerotriangulacji szczególną uwagę zwraca się na sposób i parametry przy wyrównaniu, natomiast odnośnie wyjściowych pomiarów najczęściej podaje się tylko wartości błędów, z jakimi można uzyskać współrzędne tłowe lub modelowe.

Proces wyrównania często w połączeniu z oceną dokładności wyników końcowych realizowany jest przez specjalistyczne programy komputerowe [1, 2]. Pomiary punktów triangulacji mogą być wykonywane na różnych urządzeniach w trybie manualnym, półautomatycznym lub w pełni automatycznym.

**Wykonywanie pomiarów w module Triada.** W zestaw fotogrametrycznej stacji cyfrowej Delta firmy Geosystem (Ukraina) wchodzi moduł Trian Pr/Triada umożliwiający wykonanie w trybie półautomatycznym pomiarów dla aerotriangulacji, które bezpośrednio mogą być eksportowane do programów wyrównania [4].

Pracę w module rozpoczyna się od zapisania w pliku tekstowym parametrów bloku i zdjęć (nazwa bloku, średnia skala zdjęć, pokrycie podłużne, poprzeczne, nazwa kamery, data wykonania zdjęć, rodzaj materiału światłoczułego, średnia wysokość lotu, średnia wysokość terenu, ilość szeregów, maksymalna ilość zdjęć w jednym szeregu, w szeregach nr pierwszego i ostatniego zdjęcia).

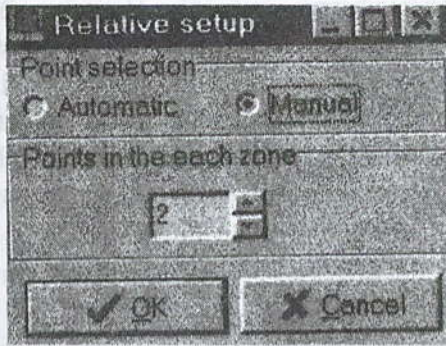
Po otwarciu pliku z projektem i podaniu ścieżki dostępu do zdjęć automatycznie powstaje schemat całego bloku, na którym można go identyfikować. Po zapisaniu utworzonego projektu bloku uruchamia się pomiar znaczków flowych, każdy znaczek zostaje pomierzony na wszystkich zdjęciach bloku w pełni automatycznie (rys. 1).



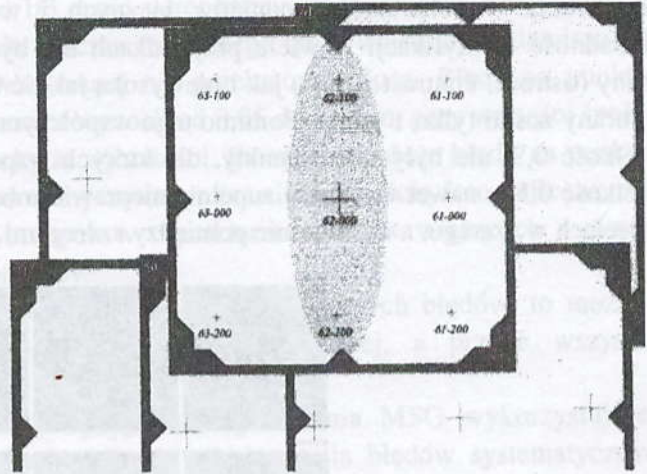
Rys. 1

Wyniki pomiaru uwidocznione zostają w tabelkach „analizatora bloku”. Po zakończeniu orientacji wewnętrznej program automatycznie wyświetla okno (Relative setup) wyboru punktów łączących i wiążących, w każdej typowej strefie można wybrać aż do 50-ciu punktów (zwykle 1 ÷ 3), a również pojedyncze lub podwójne wiązanie między szeregami. Po zaakceptowaniu wyboru program automatycznie tworzy numery punktów i ustawia się w środkowej strefie pierwszego zdjęcia na pierwszym górnym szeregu. Numery punktów są generowane automatycznie i zawierają numer zdjęcia, numer strefy, numer punktów w strefie (rys. 3). Pomiar wykonuje się na środkowym zdjęciu a program automatycznie odszukuje homologiczne punkty na lewym i prawym zdjęciu a również pomiędzy szeregami (górnym lub dolnym). W górnej części ekranu oprócz przycisków funkcyjnych są trzy niewielkie okna, w jednym jest zmniejszone całe zdjęcie, na którym są zaznaczone strefy położenia punktów i pomierzone punkty, układ zdjęć w bloku oraz okno, w którym z ustawionym powiększeniem wizualizuje się mierzony punkt i jego najbliższe otoczenie.

Podczas pomiaru można szybko przemieszczać się po zdjęciach korzystając z okna z pomniejszonym zdjęciem. Dla automatycznego pomiaru można wykorzystać różne tryby korelacji wywoływane przyciskami (czerwony, żółty, zielony – rys. 1) różniące się wielkością stref poszukiwania odpowiadających sobie punktów, co wiąże się również z dokładnością korelacji.



Rys. 2



Rys. 3

W trakcie wykonywania pomiarów na ekranie obok numerów punktów mogą być wyświetlane: współczynniki korelacji, wartość szcztkowej paralaksy, błędy na punktach wiążących w kolorach "semaforu".

Dla analizy wykonanych pomiarów w programie dostępny jest tzw. "analizator bloku" (rys. 4) ułatwiający szybkie wykrycie ewentualnych błędów i ich poprawienie. Po wywołaniu analizatora na ekranie pojawia się okno z dwoma tabelami. W lewej dla każdego zdjęcia bloku wyświetlane są błędy orientacji wewnętrznej i wzajemnej, współczynniki korelacji a również błędy na punktach wiążących, w prawej tabelce podobne wielkości podawane są dla każdego z pomierzonych punktów.

Photos						Points							
	Photo	Int	Rad	Tie	K	Point	PX	PY	Tie	DX	DY	DZ	K
1	121	7.9	-	-	0.94	15	133-000		0.24	-0.23	0.00	0.06	1.0
2	120	8.0	6.1	0.43	0.94	16	133-200		0.24	-0.23	0.00	0.06	1.0
3	119	8.8	6.8	-	0.93	17	120-200		-5.3	0.20	-0.04	0.00	0.19 0.6
4	132	7.8	-	-	0.93	18	120-201		10.7	0.31	-0.23	0.00	0.21 0.7
5						19	133-200		-1.6	0.20	-0.07	0.00	-0.19 1.0
6	134	8.5	8.0	-	0.92	20	133-201		2.0	0.42	-0.21	0.00	0.36 1.0

Rys. 4

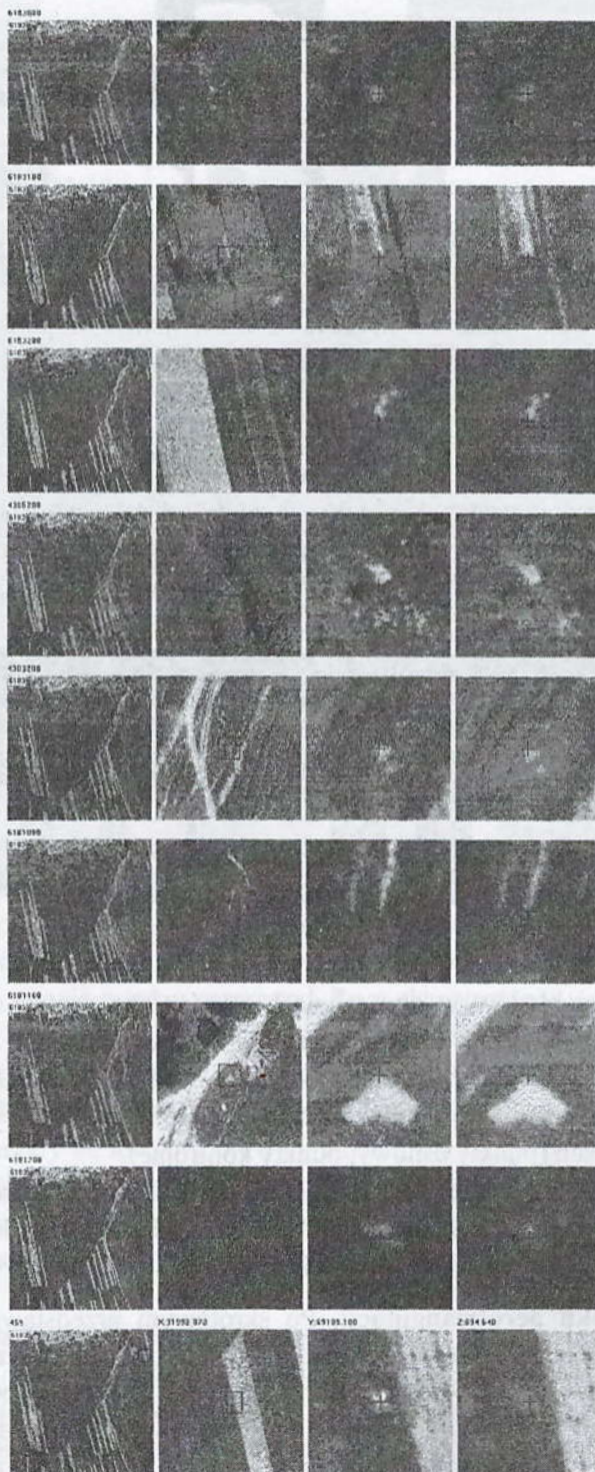
Maksymalne wartości błędów w obu tabelach wyróżnione zostają ciemnym tłem wierszy. Dla poprawienia punktu pomierzonego z niewystarczającą dokładnością lub z grubym błędem, po jego podświetleniu wystarczy kliknąć lewym klawiszem myszki, na lepiej identyfikowalnym punkcie.

Po wykonaniu pomiarów punktów położonych w strefach standardowych można włączyć do bloku punkty o dowolnych numerach (punkty osnowy, punkty kontrolne).

Wszystkie pomiary zachowane zostają w jednym pliku, który bezpośrednio może być przesłany do wybranych programów wyrównania końcowego (Fotokom, Fotoblok, Bloc MSG, PAT-B, PAT-M). Wyniki pomiarów dostępne są również w postaci tekstowej (plik ASCII).

**Pomiar małego bloku aerotriangulacji.** Po skrótowym przedstawieniu podstawowych funkcji modułu Triada warto podzielić się uwagami jak on sprawdza się w praktyce. Aby zapoznać się z działaniem modułu przeprowadzono pomiary na małym bloku (3 szeregi po 4 zdjęcia). Były to zdjęcia archiwalne terenu górskiego w skali ok. 1:5000, wykonane w latach 80-tych kamerą RC-10. Wtórne diapozytywy zeskanowano na skanerze Delta pikselem 24  $\mu\text{m}$ . W pełni automatyczny pomiar na znaczkach tłowych został wykonany z błędem nieprzekraczającym 4  $\mu\text{m}$ , co odpowiada 1/6 piksela

skanowania. W charakterze punktów łącznych i wiążących wybrano szczegóły terenowe, których dokładność identyfikacji w wielu przypadkach nie była wysoka zarówno ze względu na ich naturalne cechy (ostrość, kontrast z tłem) jak i niewysoką jakość fotograficzną skanowanych zdjęć. W każdej strefie wybrany został tylko 1 punkt. Pomimo tego współczynniki korelacji dla większości punktów przekraczały wielkość 0,9, ale były także punkty, dla których współczynnik korelacji tylko nieznacznie przekraczał wielkość 0,5, a nawet wystąpiło zupełnie nieprawidłowe dopasowanie odpowiadających sobie punktów na zdjęciach w szeregu, a szczególnie pomiędzy szeregami.



Rys. 5

Szeregi były wzajemnie przesunięte o ponad 1/3 część stereogramu. W takim przypadku konieczna była wizualna identyfikacja i ręczne naprowadzenie znacznika mierzącego (przy wciśniętym klawiszu Alt). Szczałkowa paralaksa po wykonaniu orientacji wzajemnej nie przekraczała  $8\mu\text{m}$ . Błędy na punktach wiążących sięgały wielkości prawie 0,4 m, a ich rozrzut wynosił od 0,05 do 0,36 m, przy wartości średniej 0,11 m, przy czym główną ich składową były odchyłki wysokości. Stosunkowo duże błędy na punktach wiążących i znaczny ich rozrzut zapewne spowodowany został m.in. niską jakością fotograficzną zdjęć analogowych, cechami własnymi szczegółów wybranych w charakterze punktów wiążących a również brakiem doświadczenia w wykonywaniu takich pomiarów.

Ponieważ odchyłki wysokości prawie wyłącznie decydują o wielkości tych błędów, to można je zmniejszyć powtarzając pomiar wizualnie przy identyfikacji monokularnej, a przede wszystkim wykorzystując tryb stereo (naciskając napis stereo).

Wykonane pomiary (plik TMF) przesłano do programu wyrównania MSG wykorzystującego równania kolinearności (niezależne wiązki) z włączoną opcją eliminowania błędów systematycznych. Otrzymano odchyłki na punktach łączenia modeli i punktach osnowy 0,11 m, po wyrównaniu średnie odchyłki na punktach osnowy wynosiły  $m_p = 0,02\text{ m}$ ,  $m_z = 0,04\text{ m}$ . , błędy systematyczne współrzędnych tlowych zawierały się w przedziale  $x -3 \div 8\ \mu\text{m}$ ,  $y -5 \div 2$ , a średnie poprawki do współrzędnych tlowych nie przekraczały  $\pm 2\mu\text{m}$ .

Przy wykorzystaniu punktów z aerotriangulacji do dalszych opracowań fotogrametrycznych istotna jest poprawność i dokładność ich identyfikacji, co znacznie ułatwia wydruk przedstawiony na rys. 5. Każdy wiersz wydruku idąc od lewej zawiera pomniejszone zdjęcie, na którym czerwonym kwadracikiem zaznaczony jest pomierzony punkt, powiększenie fragmentu z punktem, oraz duże powiększenie fragmentu zdjęcia lewego i prawego, na których mierzony punkt jest zaznaczony małym krzyżykiem. Możliwość bezpośredniego wykonania takiego wydruku jest zapewne zaletą modułu.

**Uwagi końcowe.** Kończąc to skrótowe omówienie modułu Triada należy podkreślić jego bardzo przyjazny dla użytkownika interfejs z logicznie rozmieszczonymi i w poglądowej formie przedstawionymi ikonami zawierającymi rozwijalne menu, które w połączeniu z oknami bezpośrednio umieszczonymi na ekranie i przyciskami z klawiatury umożliwiają szybkie wykonanie wszelkich operacji niezbędnych w trakcie pomiaru. Szczególnie przydatny jest analizator bloku, którego tabele zawierają wielkości charakteryzujące poprawność wykonanych pomiarów na każdym zdjęciu i na każdym wskazanym punkcie (jedno kliknięcie pozwala wybrać zdjęcie i konkretny punkt). Podświetlając w tabeli analizatora numer zdjęcia i punktu znaczek automatycznie zostaje na nim ustawiony. Możliwość szybkiego przemieszczania się po zdjęciach, przełączanie, przemieszczanie zdjęć zmiany ich skali znacznie ułatwia i przyspiesza wykonanie pomiarów.

Jak już wspomniano Triada jest modułem FSC Delta, której cena jest znacznie mniejsza od podobnych stacji innych firm, co wśród potencjalnych użytkowników ma niewątpliwie znaczenie dla jej ewentualnego upowszechnienia.

1. Butowtt J., Kaczyński R. *Fotogrametria*. WAT Warszawa 2003. 2. Kurczyński Z., Preuss R. *Podstawy fotogrametrii*. PW. – Warszawa, 2000. 3. Kaczyński R., Ziobro J. *Aerotriangulacja cyfrowa. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*. – Kraków, 1998. – Vol. 8. 4. *Instrukcja firmowa Geosystem Delta. Przewodnik operatora cz. 3*. – Winnica – Ukraina, 2000.

**Recenzował: Dr inż. Marek Plewko, AR Kraków.**