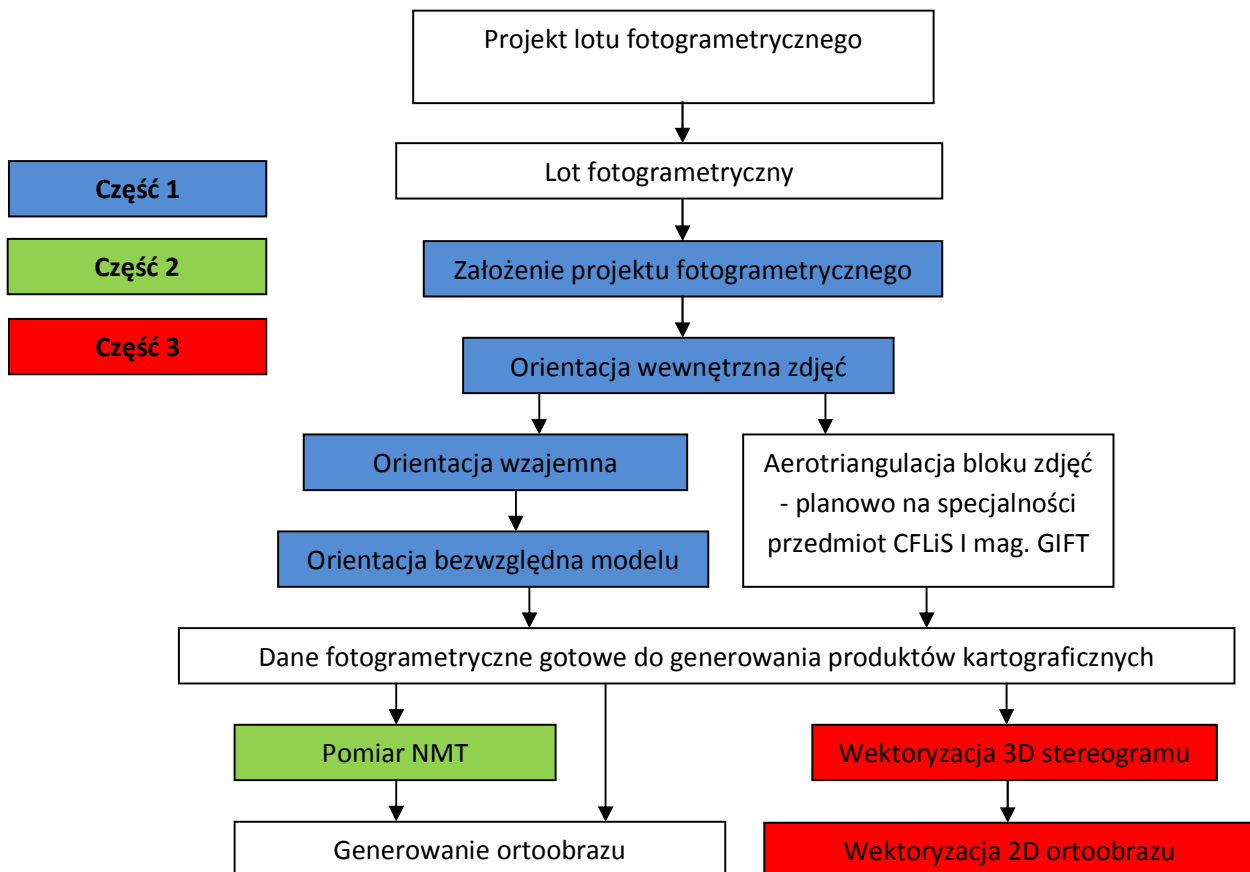


Temat: Fotogrametryczne opracowanie elementów mapy zasadniczej na podstawie stereogramu zdjęć lotniczych.

Część 1: Orientacja stereogramu cyfrowych zdjęć lotniczych z wykorzystaniem systemu DEPHOS



1. PRZYGOTOWANIE DANYCH

- a) sprawdzić, czy w katalogu **D:\Tify\OrientacjaDEPHOS_2014** znajdują się pliki obrazowe **conv10_33.tif** oraz **conv10_34.tif**. Jeśli nie, należy je przekopiować z serwera **klon\pracownicy\awrobel\3_GiK\OrientacjaDEPHOS_2014**. Obrazów nigdzie nie kopiować z katalogu **D:\Tify\ OrientacjaDEPHOS_2014**, tylko sprawdzić, czy są.

b) założyć własną strukturę katalogów w

D:\Stud\GiK\TIF2\Nazwisko_prowadzącego\Nazwisko_studenta\;

c) do założonego katalogu przekopiować z katalogu **D:\Tify\ projekt-Dephos-14:**

- **7 plików projektu fotogrametrycznego o nazwie:**

- tif2.fcm
- tif2.fct
- tif2.fmc
- tif2.fmd
- tif2.fmt
- tif2.fpr
- tif2.fpt

- plik **50mOK.det**
- plik **sidebar_AGH_Mapa.txt**
- plik **sidebar_AGH_NMT.txt**
- plik **triang_AGH.txt**

Uwaga: nie kopiujemy plików obrazowych TIF!!!

2. Orientacja stereogramu zdjęć lotniczych na stacji fotogrametrycznej DEPHOS

Cyfrową stacją fotogrametryczną nazywamy zestaw programów komputerowych do opracowania zdjęć lotniczych lub naziemnych. W ogólności programy te służą do pracy na zdjęciach zgrupowanych najczęściej w bloki zdjęć, składające się z szeregow, a te - ze stereogramów. Dla naszego ćwiczenia wybrano pojedynczy stereogram. Opracowanie stereogramu będzie wykonywane na tzw. autografie cyfrowym. Jest to oprogramowanie, w którym z wykorzystaniem obserwacji stereoskopowej wykonuje się pomiar współrzędnych terenowych punktów odfotografowanych na zdjęciach. W programie służącym do obserwacji stereoskopowej (w naszym przypadku **DEPHOS Mapper Stereo**) realizowana jest bezpośrednio zależność pomiędzy położeniami (współrzednymi x_l, y_l i x_p, y_p) kursorów (znaczków pomiarowych) na obu zdjęciach a współrzednymi terenowymi punktów wyznaczonych przez przecięcie dwóch promieni rzutujących zdefiniowanych środkami rzutów i położeniem kursorów na zdjęciach. Mówiąc inaczej, każdemu położeniu kursorów na obu zdjęciach odpowiada jeden punkt przecięcia w przestrzeni przedmiotowej (punkt terenowy). Jeżeli kursory zostaną umieszczone na obrazie tego samego punktu na obu zdjęciach (punkty homologiczne), to w przecięciu promieni rzutujących uzyskamy współrzedne terenowe (XYZ) punktu.

Kursory z obydwu zdjęć obserwowane stereoskopowo widzimy jako przestrzenny znaczek pomiarowy. Praca na autografie cyfrowym polega na umieszczaniu tego przestrzennego znaczka pomiarowego na obserwowanych przestrzennie (z wykorzystaniem obserwacji stereoskopowej) obiektach odfotografowanych na zdjęciach. Pomiar w autografie cyfrowym nie polega na umieszczaniu kursorów na punktach homologicznych na zdjęciach. Sterowanie przestrzennym znaczkiem pomiarowym odbywa się przez zmianę jego współrzednych terenowych, czyli jego położenia w przestrzeni. Po osadzeniu

przestrzennego znacznika pomiarowego na danym punkcie operator rejestruje współrzędne terenowe znacznika, jako współrzędne terenowe mierzonego punktu.

Zasadę pracy autografu cyfrowego można wyjaśnić poprzez analizę równań kolinearności wiążących przestrzenne współrzędne terenowe (X, Y, Z) punktu w terenie ze współrzędnymi tłowymi obrazu tego punktu na zdjęciu (lewym x_l, y_l i prawym x_p, y_p) :

$$x = -c_k \frac{a_{11}(X - X_0) + a_{21}(Y - Y_0) + a_{31}(Z - Z_0)}{a_{13}(X - X_0) + a_{23}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)}$$
$$y = -c_k \frac{a_{12}(X - X_0) + a_{22}(Y - Y_0) + a_{32}(Z - Z_0)}{a_{13}(X - X_0) + a_{23}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)}$$

Jeśli znamy elementy orientacji wewnętrznej i zewnętrznej zdjęć (c_k, X_0, Y_0, Z_0 , oraz kąty φ, ω, κ zawarte w elementach macierzy obrotów a_{ij}) to znając współrzędne terenowe punktu (X, Y, Z) możemy wyliczyć jego położenie na zdjęciu lewym i prawym. W autografie cyfrowym realizowane jest to w ten sposób, że współrzędne terenowe przestrzennego znacznika pomiarowego przeliczane są na współrzędne tłowe i w wyznaczonych w ten sposób miejscach na obu zdjęciach umieszczane są obrazy znaczków pomiarowych. Praktycznie za pomocą manipulatora (myszy) generowane są przyrosty współrzędnych terenowych $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$, a program oblicza nowe współrzędne terenowe przestrzennego znacznika, a następnie dla prawego i lewego zdjęcia położenie (x,y) kursorów na tych zdjęciach. Równocześnie obserwator obserwując zdjęcia stereoskopowo śledzi efekt wykonanego ruchu w postaci zmiany położenia przestrzennego kursora na stereogramie stwierdzając, czy został umieszczony w oczekiwanym miejscu. Jeżeli celu nie osiągnął to dalej zmienia manipulatorem (myszą) współrzędne terenowe zbliżając się coraz bardziej do celu, czyli osadzenia kursora na powierzchni modelu. Po zrealizowaniu tego zadania następuje rejestracja współrzędnych znacznika, będących szukanymi współrzędnymi terenowymi punktu.

Jak widać z tych równań, praca w trybie autogrametrycznym jest możliwa pod warunkiem znajomości elementów orientacji zewnętrznej każdego zdjęcia stereogramu (elementy orientacji wewnętrznej są znane z kalibracji kamery). Elementy orientacji zewnętrznej zdjęć można wyznaczyć wcześniej w procesie aerotriangulacji (dla bloku zdjęć) lub bezpośrednio na autografie stosując procedurę zwaną orientacją lub strojeniem stereogramu.

Orientacja stereogramu w systemie DEPHOS przebiega w 4 etapach:

- 1. założenie projektu fotogrametrycznego**
- 2. orientacja wewnętrzna**
- 3. orientacja wzajemna**
- 4. orientacja bezwzględna**

Ad.1. Projekt fotogrametryczny

Jest to plik lub zestaw plików zawierających dane i metadane fotogrametryczne. W naszym przypadku projekt fotogrametryczny założono dla jednego stereogramu. W praktyce stosuje się zasadę: jeden projekt - jeden blok. W różnych systemach fotogrametrycznych projekt jest reprezentowany przez różne formaty plików. Na ogół są to pliki tekstowe (lub jeden plik tekstowy). Przykładowo w systemie **INPHO** jest to plik ***.prj**, w systemie **Z/I (Zeiss Imaging)** - katalog z zestawem plików bez rozszerzeń (np. **camera**, **photo**, **model** itd.). W systemie Dephos jest to zestaw plików o wspólnej nazwie – ale z różnymi rozszerzeniami. Każdy z plików zawiera informację na temat konkretnej części informacji koniecznej do jednoznacznego zdefiniowania danego bloku. Te dane to: ogólne dane o projekcie, dane kamer/kamery, dane zdjęć, dane modeli, dane fotopunktów, dane pomiarów wykonanych na zdjęciach (punktów wiążących oraz fotopunktów).

Ad. 2. Orientacja wewnętrzna

Pomiar czy też wyświetlanie znaczków pomiarowych na zdjęciach cyfrowych odbywa się zawsze w układzie obrazowym, czyli przez podanie kolumny i wiersza. Z równania kolinearności uzyskujemy współrzędne tłówce na zdjęciu. Dlatego też, zanim rozpoczniemy jakikolwiek pomiar na zdjęciach w autografie cyfrowym należy wykonać transformację płaską układu obrazu cyfrowego (pikselowego) do układu tłowego zdjęcia. Procedura ta nosi nazwę orientacji wewnętrznej. Przebiega ona w różny sposób w zależności od tego, czy wykonujemy ją dla zeskanowanych zdjęć z kamer analogowych, czy też dla zdjęć z kamer cyfrowych.

- Orientacja wewnętrzna dla zdjęć z kamer analogowych

Punktami dostosowania na zeskanowanych obrazach zdjęć lotniczych są znaczki tłówce, których współrzędne w układzie tłowym zdjęcia znamy z metryki kalibracji kamery lotniczej.

W systemie DEPHOS do orientacji wewnętrznej służy program **DEPHOS Interior Orientation**. W projekcie fotogrametrycznym, w danych kamery (plik FCM), są podane współrzędne znaczków tłowych w układzie łącznic znaczków tłowych pochodzące z raportu z kalibracji kamery. Współrzędne pikselowe tych znaczków są mierzone przez operatora i obliczana jest orientacja wewnętrzna unikalna dla każdego zdjęcia analogowego, skanowanego. Przyjmuje się, że średni błąd nie powinien przekraczać 0.5 piksela.

- Orientacja wewnętrzna dla zdjęć z kamer cyfrowych

Na zdjęciach z kamer cyfrowych układ tłowy jest zawsze równoległy do układu obrazu cyfrowego (pikselowego). Układy te różnią się jedynie położeniem punktów początkowych i jednostkami. Dla układu obrazu początek układu jest to lewy górny narożnik obrazu, a dla układu tłowego punkt główny (x_0, y_0), który najczęściej znajduje się w środku obrazu cyfrowego albo w jego pobliżu. Różnicę jednostek obu układów determinuje wielkość piksela matrycy kamery (**Pixel Size**), która musi być znana. Współrzędne w układzie pikselowym to wielkości niemianowane, określające numer wiersza i kolumny mierzonego piksela. W skali obrazu 1:1 zawsze są wartościami całkowitymi. Przy powiększeniu obrazu mogą przyjmować wartości rzeczywiste wynikające z interpolacji współrzędnych. Przeliczenie jednostek z układu pikselowego na układ tłowy wymaga przemnożenia współrzędnych pikselowych przez wielkość rzeczywistą piksela matrycy obrazu. Ponieważ transformacja układu pikselowego do układu tłowego w tym przypadku sprowadza się do przesunięcia (translacji) i zmiany jednostek układu pikselowego, dlatego w większości stacji fotogrametrycznych wystarczy podać wielkość matrycy obrazu, współrzędne pikselowe (lub w mm w stosunku do środka zdjęcia) punktu głównego oraz rozmiar piksela matrycy, aby program sam wykonał orientację wewnętrzną. W systemie DEPHOS operację tę wykonuje się w programie do zarządzania danymi - **DEPHOS Manager**.

Ad. 3. Orientacja wzajemna

Celem tego etapu orientacji stereogramu jest wyznaczenie parametrów opisujących wzajemne położenie i orientację kątową zdjęć. Orientacja wzajemna jest procedurą analityczną w wyniku, której doprowadzane są do przecięcia wybrane promienie homologiczne wiązek obu zdjęć stereogramu. Po wykonaniu orientacji wzajemnej powstaje model sfotografowanego na zdjęciach terenu o przypadkowej orientacji i skali. W autografie cyfrowym model ten przedstawiany jest za pomocą współrzędnych (w układzie współrzędnych modelu) pomierzonych na zdjęciach punktów. Początkiem układu modelu jest środek rzutów lewego zdjęcia. W tej sytuacji geometrycznie, doprowadzenie do przecięcia promieni jednoimiennych obu wiązek można wykonać wykorzystując dziewięć stopni swobody obu zdjęć. Należą do nich: po trzy kąty skręcenia (ϕ, ω, κ) dla każdej wiązki oraz współrzędne prawego środka rzutów. Ponieważ początek układu jest w lewym środku rzutów, to współrzędne prawego środka rzutów są praktycznie różnicami $\Delta X, \Delta Y$ i ΔZ pomiędzy współrzędnymi środków rzutów obu wiązek (nazywane składowymi bazy B_x, B_y i B_z). Długość bazy nie ma wpływu na przecinanie promieni jednoimiennych, a jedynie na skalę modelu, który powstanie jako miejsce geometryczne punktów przecięcia promieni. Próba wyznaczenia w procesie orientacji wzajemnej jednocześnie trzech składowych bazy (B_x, B_y i B_z) spowoduje, że zadanie będzie praktycznie nierozwiązywalne, gdyż będzie posiadać nieskończoną liczbę rozwiązań. Należy, zatem ustalić jedną z tych trzech składowych, aby z nieskończonej liczby rozwiązań wybrać jedno. Ustala się wartość składowej bazy B_x , ponieważ jest ona najbardziej zbliżona do długości bazy B . Praktycznie w orientacji wzajemnej nie ma większego znaczenia jaką wartość przyjmujemy. Wartość ta jest ustalona i stanowi wówczas parametr obliczeń orientacji wzajemnej, a nie niewiadomą. W systemie Dephos składowa B_x przyjmowana jest jako długość bazy w skali zdjęcia.

Po ustaleniu wartości B_x pozostaje osiem stopni swobody w sumie dla obu wiązek. Do rozwiązania zagadnienia wystarczy pięć stopni swobody. Z tego względu istnieje możliwość uzyskania tego samego efektu (przecięcia promieni) różnymi drogami: metodą dostrajania obu zdjęć do siebie (**metoda kątowa**) oraz metodą dostrajania zdjęcia prawego do nieruchomego lewego (**metoda kątowo-liniowa**). W pierwszej metodzie zakłada się, że oś X układu modelu pokrywa się z bazą, stąd składowe B_Y i B_Z są równe zero. Wykorzystuje się wtedy jako stopnie swobody tylko elementy kątowe obu wiązek (przyjmując dodatkowe założenie, że ω lewego zdjęcia wynosi zero otrzymamy: φ , κ – lewego i φ , ω , κ – prawego). W drugiej metodzie kątowo-liniowej przyjmuje się, że elementy orientacji kątowej lewego zdjęcia (φ_L , ω_L , κ_L) są równe zero (wówczas oś Z układu modelu pokrywa się z osią lewej kamery, a oś X układu modelu jest równoległa do osi x układu tłowego lewego zdjęcia), a wyznaczone są wszystkie dostępne stopnie swobody prawego zdjęcia - trzy elementy kątowe (φ_P , ω_P , κ_P) oraz składowe bazy B_Y i B_Z .

W systemie **DEPHOS** zaimplementowano metodę kątowo-liniową.

Wielkość B_x przyjmowana jest przez program jako składowa bazy w skali zdjęcia (b_x). Nie jest to wielkość podawana przez operatora, lecz obliczana przez program, jako średnia paralaksa podłużna ze współrzędnych x' i x'' wszystkich punktów użytych do obliczeń. W takim przypadku model, przez który rozumiemy punkty przecięcia promieni jednoimiennych powstaje w skali bardzo zbliżonej do wymiarów matrycy kamery cyfrowej.

Ze względu na nieliniowość równań kolinearności, z których wyznaczone są elementy orientacji wzajemnej, proces obliczeniowy przeprowadzany jest iteracyjnie, natomiast jako przybliżone wartości elementów orientacji wzajemnej przyjmuje się wartości zerowe.

Miarą poprawności przeprowadzonej orientacji wzajemnej jest szczytkowy błąd nieprzecięcia promieni jednoimiennych. Ponieważ wektor nieprzecięcia promieni (definiowany jako odcinek najkrótszej odległości pomiędzy promieniami skośnymi) występuje w kierunku prostopadłym do bazy (kierunek zbliżony do kierunku osi Y), dlatego nazywa się go błędem szczytkowym paralaksy poprzecznej. Przyjmujemy, że dla dobrze wykonanej orientacji wzajemnej wielkość tego błędu w skali zdjęcia nie powinna przekraczać 0.5 piksela.

W wyniku orientacji wzajemnej uzyskujemy tak zwany model fotogrametryczny. Nie posiada on jeszcze właściwej orientacji bezwzględnej, ale pozwala na prowadzenie pomiaru stereoskopowego w skali modelu. Układ modelu w przypadku kątowo-liniowej metody orientacji jest tożsamy z przestrzennym układem tłowym zdjęcia lewego. Mierzone na zdjęciach punkty homologiczne uzyskują współrzędne w tym właśnie układzie.

W celu realizacji orientacji wzajemnej należy pomierzyć, co najmniej 5 par punktów, reprezentujących promienie homologiczne (czyli jednoimienne tzn. takie, które reprezentują obraz tego samego punktu w obu wiązkach). Punkty te mierzymy w tzw. rejonach Grubera. Takie rozmieszczenie punktów zapewnia korzystne geometrycznie uwarunkowania rozwiązania. Rejonów Grubera jest sześć w związku, z tym

praktycznie mierzy się sześć punktów. Dysponujemy, więc jedną obserwacją nadliczbową, co umożliwia ocenę dokładności wykonanych pomiarów i wykrycie błędów. Błędy mogą być spowodowane np. pomyłką w identyfikacji punktów. Aby osiągnąć większą dokładność orientacji wzajemnej oraz by łatwiej znaleźć ewentualne błędy pomiarowe często mierzy się po dwa lub po trzy punkty wiążące w każdym z rejonów Grubera.

Ad. 4. Orientacja bezwzględna

Orientacja bezwzględna jest procedurą, w której wyznaczane są współczynniki 7-parametrowej transformacji przestrzennej układu modelu do układu terenowego (skala, trzy współrzędne wektora przesunięcia początku układu i trzy kąty obrotu modelu Ω , Φ , K). Do wykonania tego zadania konieczne jest posiadanie na stereogramie, co najmniej trzech fotopunktów, nieleżących na jednej prostej. Współrzędne terenowe tych fotopunktów uzyskujemy np. w wyniku pomiaru geodezyjnego. Współrzędne fotopunktów w układzie modelu uzyskujemy w drodze ich pomiaru na zdjęciach po orientacji wzajemnej. Jak w każdym z poprzednich etapów należy dążyć do tego, aby posiadać spostrzeżenia nadliczbowe umożliwiające wykonanie analizy dokładności przeprowadzonego etapu. W ramach wykonanej transformacji obliczane są elementy orientacji bezwzględnej modelu. Po przeliczeniu wyznaczonych wcześniej elementów orientacji wzajemnej umożliwia to określenie elementów orientacji zewnętrznej zdjęć.

W systemie **DEPHOS** obliczenie orientacji wzajemnej oraz bezwzględnej wykonuje się w programie **DEPHOS External Orientation**.

3. ZAPOZNANIE SIĘ Z PROJEKTEM FOTOGRAMETRYCZNYM W PROGRAMIE DEPHOS MANAGER

Skrótem **DEPHOS41103virtual.exe**, z menu rozwijalnego **Start** należy uruchomić program **DEPHOS Manager**.

W menu głównym programu należy wybrać **File->Open** i wskazać plik **projekt.fpr** we własnym katalogu.

Zapisać projekt pod własnym nazwiskiem: **File->Save As...** (Nazwa pliku: **Nazwisko_studenta**)

W systemie **DEPHOS** na projekt fotogrametryczny składa się zestaw plików, które posiadają taką samą nazwę, a różnią się rozszerzeniami. Treść plików jest możliwa do zobaczenia w odpowiednich zakładkach programu **DEPHOS Manager**.

Program **DEPHOS Manager** posiada 5 zakładek, które odpowiadają poszczególnym plikom projektu fotogrametrycznego:

Plik projektu fotogrametrycznego	Zakładka programu DEPHOS Manager	Opis zawartości
*.fpr (file project)	PROJECT	ogólne informacje na temat bloku
*.fcm (file-camera)	CAMERA	dane kamer
*.fpt (file photo)	PHOTO	dane zdjęć
*.fmd (file model)	MODEL	dane modeli
*.fct (file control)	CONTROLS	dane fotopunktów
*.fmt (file measure tie points)	Uzupełniane w programie DEPHOS ExternalOrientation	pomiary na zdjęciach punktów wiążących
*.fmc (file measure control points)	Uzupełniane w programie DEPHOS ExternalOrientation	pomiary na zdjęciach fotopunktów

Klikając w klawisze:



otwiera się odpowiednie zakładki. Należy zwrócić uwagę na:

- dane ogólne w zakładce **Project** dotyczące naszego projektu: ilość kamer, zdjęć, modeli i fotopunktów, podana przybliżona wysokość lotu oraz średnia wysokość terenu,
- dane dotyczące kamery w zakładce **Camera**: brak parametrów dystorsji, elementy orientacji wewnętrznej, rozmiar piksela itd,
- dane zdjęć w zakładce **Photo**: rozróżnienie nazwy zdjęcia w projekcie (**Name**) od nazwy pliku na dysku (**Image File**), przyporządkowanie do szeregu, przyporządkowanie kamery, brak wartości macierzy orientacji wewnętrznej **IO Ax ... IO Dy** (przed obliczeniem orientacji wewnętrznej) oraz brak elementów orientacji zewnętrznej **EO X ... EO Kappa**.
- dane modelu w zakładce **Model**: wskazanie zdjęcia lewego i prawego, brak elementów orientacji bezwzględnej **Left AO X ... Right AO Kappa**.
- dane fotopunktów w zakładce **Controls**: numery, współrzędne i błędy wyznaczenia współrzędnych.

4. OBLICZENIE ORIENTACJI WEWNĘTRZNEJ (Uwaga w czasie pracy na sali 508 należy często zapisywać projekt (menu File/save) lub wyniki pomiaru)

W zakładce **Camera** należy wpisać parametry z metryki kamery:

Serial Number	00120742	
Number of rows/columns [pixels]	15552 x 14144	
Pixel Size [μm]	5.600 x 5.600	
Image Size [mm]	87.0912 x 79.2064	
Focal Length [mm]	92.0071 mm	+ /- 0.002 mm
Principal Point [mm]	X= 0.000 mm, Y= 0.000 mm	+ /- 0.002 mm

UWAGA: Wszystkie wartości do programu wpisujemy w mm. Do uzupełnienia są wiersze Focal Length, Pixel Size, Film Format X, Film Format Y, PPAC X, PPAC Y. PPAC X, PPAC Y to współrzędne punktu głównego (Principal Point)

Obliczenie orientacji wewnętrznej dla zdjęć cyfrowych przeprowadza się w programie **DEPHOS Manager**. W zakładce **Photo** należy zaznaczyć oba zdjęcia, a następnie z menu głównego **Photos -Calculate IO for digital cameras**, wybrać opcję **Use Pixel Size and Film Format**. Po obliczeniu powinny pojawić się parametry macierzy orientacji wewnętrznej w polach **IO** tabeli danych w zakładce **Photos**.

Name	16497
Image File	D:\Tif\Orientacja\DEPHOS\16497.tif
Invert	off
Strip	1
Camera name	UltracamXP
View geometry	nadir
Camera orientation	0
Fiducials	Array [3x4]
Internal Orientation type	Affine
IO Ax	-33.93
IO Bx	0.006
IO Cx	0
IO Dx	0
IO Ay	51.93
IO By	0
IO Cy	0.006
IO Dy	0
EO X	
EO Y	
EO Z	
EO Omega	
EO Fi	
EO Kappa	
Original	Text list [...]

Należy zwrócić uwagę, czy wartości **IO** pojawią się dla obu zdjęć. Sprawdzenia dokonujemy klikając kolejno na oba zdjęcia.

Warto zwrócić uwagę na wyznaczone wartości parametrów **IO**. Przykładowo, **IO Ax** to połowa formatu w mm w kierunku x ze znakiem minus. Natomiast **IO Bx** to rozmiar piksela (**PixelSize**), a **IO Ay** to połowa formatu w kierunku y.

Macierz orientacji wewnętrznej przelicza współrzędne pikselowe na współrzędne tłowe:

$$\begin{bmatrix} x_{\text{tłowe}} \\ y_{\text{tłowe}} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Bx & -Cx & (Ax - PPACx) \\ By & -Cy & (Ay - PPACy) \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_{\text{pix}} \\ y_{\text{pix}} \\ 1 \end{bmatrix}$$

Ostatecznie zapisujemy zmiany w projekcie i opuszczamy program **DEPHOS Manager**.

5. POMIAR PUNKTÓW WIĄŻĄCYCH I OBLICZENIE ELEMENTÓW ORIENTACJI WZAJEMNEJ

Otwieramy program **DEPHOS External Orientation**.

Wybieramy własny projekt w oknie **Open project**.

Następnie wyświetlamy zdjęcia klawiszem **Open photos**.



w oknie **Select photos** zaznaczamy **First strip**, wybrać szereg **1** oraz zdjęcie początkowe **First photo** w naszym modelu. Aby zdjęcia wyświetliły się prawidłowo, należy ustawić parametry wyświetlania bloku, jak poniżej :



W przypadku komunikatu o braku obrazów, należy w programie **DEPHOS Manager** (zakładka **Photo**) sprawdzić, czy ścieżki do obrazów są prawidłowe i czy obrazy istnieją we wskazanym. Jeśli ścieżka dostępu (pole **Details** tabeli **Photo** - pozycja **Image file**) wskazuje błędną lokalizację, należy ją zmienić dla obu zdjęć osobno. Jeśli nie ma obrazów pod wskazanym adresem - należy je skopiować z serwera do **D:\Tify\OrientacjaDEPHOS_2014**.

Rozmiar okien wyświetlających całe zdjęcia reguluje się poprzez zmianę wielkości danego okna, a następnie zapis ustawień pozycją menu głównego - **Options -> Windows size -> Photo**.

Przełączanie się pomiędzy oknami **Photo** i **Zoom** wykonuje się skrótami klawiszowymi:

Show zoom window **Alt+W** – pokaż okno z powiększeniem,

Show photos **Alt+D** – pokaż okna zdjęć

lub wybierając opcję w menu kontekstowym (przy położeniu kursora nad oknami zdjęć lub powiększeń)

Inne przydatne opcje menu kontekstowego oraz służące do pomiaru i jego kontroli są następujące:

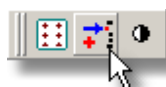
Set point **Alt+E** – pomiar punktu,

Zoom In **Alt+Z** – powiększ zdjęcie,

Zoom Out **Alt+X** – pomniejsz zdjęcie,

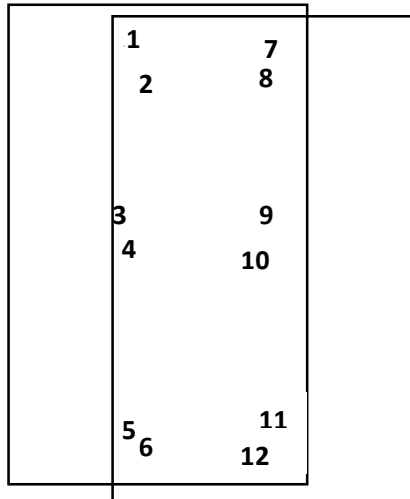
Next point & display **Shift+Q** – przejdź do następnego punktu i pokaż wszystkie zdjęcia, na których występuje.

Pomiar punktów wiążących **Tie points** odbywa się poprzez wybór klawisza **Add tie point**:



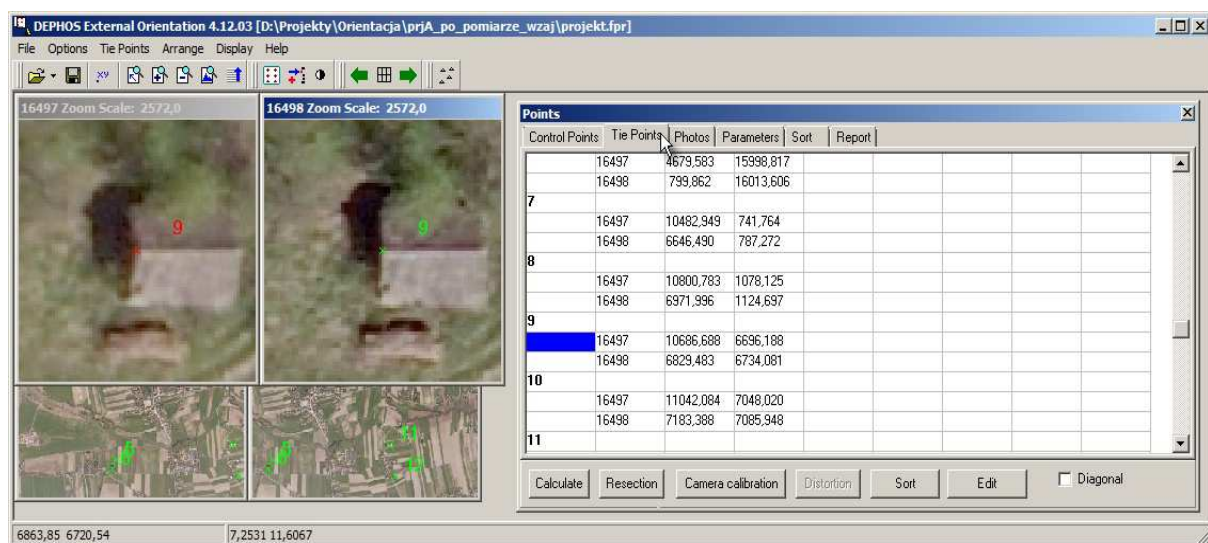
Tryb pomiaru **Set point** włącza się prawym klawiszem w menu kontekstowym. Następnie wskazuje się punkt wiążący w jednym z rejonów Grubera na obu zdjęciach (okna **Photo**). Punkty wiążące są punktami dostosowania dla orientacji wzajemnej...

Należy pomierzyć po dwa punkty w każdym z rejonów Grubera. Dla porządku proponowana kolejność pomiaru jest następująca:



Po wskazaniu punktów w przybliżonych obszarach na zdjęciach, należy poprawić ich położenie wykorzystując powiększenia zdjęć (okna **Zoom**). Otwieramy dialog **Points** klawiszem **Show dialog**, który zawiera dane pomiarowe i narzędzia obliczeniowe, wskazujemy jego zakładkę **Tie Points** zawierającą tabelę pomiarów naszych punktów wiążących.





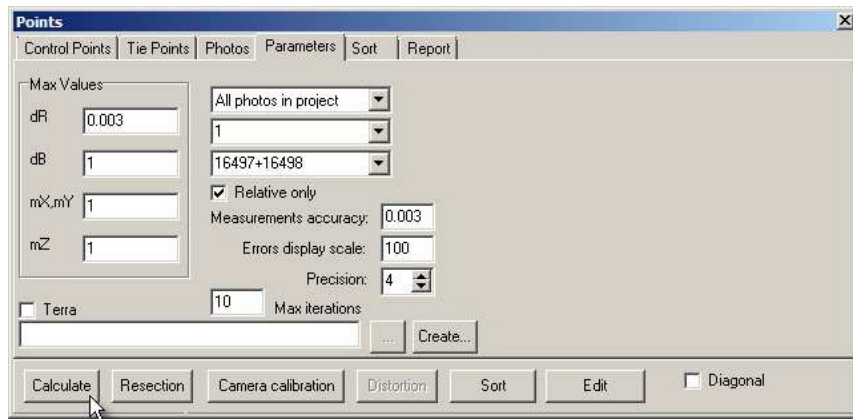
Każdy punkt posiada podane: nazwę zdjęcia, na którym został pomierzony, oraz współrzędne w pikselach.

Teraz trzeba doprecyzować nasze wstępne pomiary. W dialogu **Points** dwukrotnie klikamy poniżej numeru pierwszego punktu wiążącego, w puste pole obok numeru zdjęcia i kombinacją klawiszy **Alt+W** wyświetlamy powiększenie zdjęcia w obszarze danego punktu. Zmiana obszaru okien powiększeń **Zoom** możliwa jest analogicznie, jak w przypadku zmiany wielkości okien zdjęć **Photo** (z menu głównego **Options - Windows size - Zoom**). Przy ustawianiu wielkości okien **Zoom** zaleca się stosowanie okien zbliżonych kształtem i wielkością do okien **Photo**.

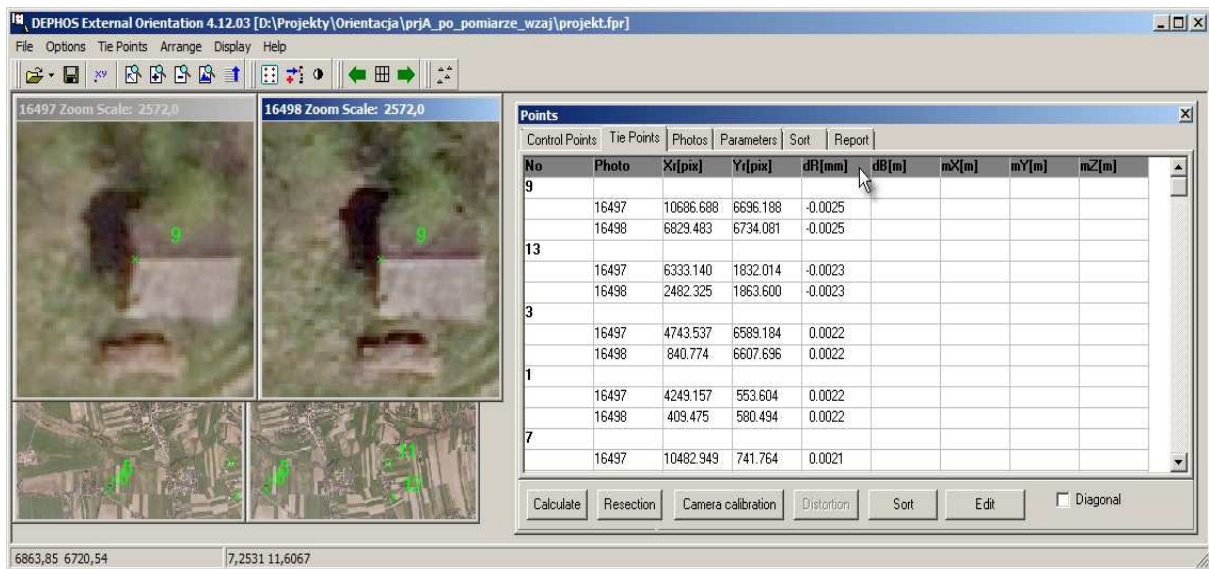
Trzeba przejść do trybu pomiaru (**Alt+E** lub prawy klawisz opcja: **Set point**), regulując dogodne powiększenie (**Alt+Z/Alt+X**), wstawiamy punkt precyzyjnie na obu zdjęciach, na których został zgrubnie pomierzony. Następnie z menu kontekstowego wybieramy pozycję **Next point & display (Shift+Q)** i wyświetlamy kolejny punkt, którego położenie poprawimy. Znaczne przyspieszenie pracy uzyskuje się używając skrótów klawiszowych dla poleceń menu kontekstowego.

Po pomiarze punktów wiążących wykonuje się obliczenia. W zakładce **Parameters** dialogu **Points** należy zaznaczyć opcję **Relative only** oraz wpisać maksymalną, dopuszczalną wartość paralaksy szczątkowej **dR** jako połowę wielkości piksela obrazowego **PixelSize**, czyli w naszym przypadku 0.003mm. Po naciśnięciu ikony **Calculate** w zakładce **Tie points** dialogu **Points** zostaną wyświetlone szczątkowe paralaksy.

Należy ustawić w polu **Max. Values** wartość **dR 0.003 mm** jako graniczną dopuszczalną (połowa wielkości piksela, która wynosi **0.0056 mm**) oraz przewidywaną dokładność pomiaru **Measurement accuracy** również **0.003 mm**.



Kontrola jakości orientacji wzajemnej, wynikającej z dokładności pomiaru punktów wiążących, odbywa się poprzez sprawdzenie wartości **dR** - poprzecznych paralaks szcztkowych uzyskanych na punktach. Nie powinny one przekraczać połowy wielkości piksela (**Pixel Size**), czyli **0.003mm**. Sortowanie tabeli według wartości w kolumnie **dR** odbywa się przez dwukrotne kliknięcie w nagłówek tej kolumny. W razie konieczności położenie danego punktu na zdjęciu można poprawić. Istnieje możliwość skasowania punktu lub danego pomiaru (**Remove** w menu kontekstowym w polu tabeli) lub tymczasowego wyłączenia (**Freeze**) danego pomiaru (jeden wiersz tabeli) lub wszystkich pomiarów dla danego punktu. Kasowanie lub wyłączenie danego pomiaru odbywa się przez wybór opcji z menu kontekstowego z kursorem umieszczonym na numerze zdjęcia, natomiast kasowanie lub wyłączenie całego punktu odbywa się przez wybór opcji z menu kontekstowego z kursorem umieszczonym na numerze punktu.



Menu w polu dialogu Points

Remove	– usuń punkt (na stałe) z obliczeń
Freeze	– wyłącz (tymczasowo) punkt z obliczeń
Show Photos	– pokaż wskazany punkt na zdjęciu
Select From Map	– pokaż wskazany punkt na rysunku poglądowym 3D
Next Point on photos	– przejdź do następnego punktu na aktywnym zdjęciu
Next Point	– przejdź do następnego punktu
Next Point & display	– przejdź do następnego punktu i wyświetl
Rename	– zmień nazwę

Po skontrolowaniu (i ewentualnej poprawie pomiaru i ponownym przeliczeniu) wartości szczątkowej paralaksy poprzecznej należy zapisać wyniki ikoną **Save**:



W celu zobaczenia wyników orientacji wzajemnej, czyli obliczonych elementów orientacji wzajemnej należy uruchomić program **DEPHOS Manager**, otworzyć projekt (**File->Open**), a następnie klawiszem **Model** otworzyć zakładkę z danymi modeli. Obliczone elementy orientacji wzajemnej są tymczasowo wstawione do pól **Left AO X ... Right AO Kappa**. Zgodnie z przyjętymi założeniami (dla kątowno-liniowej metody orientacji wzajemnej), lewe zdjęcie posiada (tymczasowo, zanim nie obliczy się orientacji bezwzględnej) zerowe elementy orientacji bezwzględnej **Left AO X ... Left AO Kappa** (jedynie **Left AO Z = 1000**), natomiast wartości elementów orientacji bezwzględnej zdjęcia prawego (**Right AO X ... Right AO Kappa**) są faktycznie wartościami elementów orientacji wzajemnej tego modelu. Po późniejszym obliczeniu orientacji bezwzględnej w odpowiednie miejsca zostaną już wstawione elementy orientacji zewnętrznej obu zdjęć, a elementu orientacji wzajemnej nie będą miały znaczenia i zostaną nadpisane elementami orientacji bezwzględnej, które są konieczne do prawidłowego wyświetlenia modelu stereoskopowego we współrzędnych przyjętego układu terenowego.

Name	16497+16498
Left photo	16497
Right Photo	16498
EO to use	AO
Left AO X	0
Left AO Y	0
Left AO Z	1000
Left AO Omega	0
Left AO Fi	0
Left AO Kappa	0
Right AO X	23.1822229532366
Right AO Y	0.0585518298158216
Right AO Z	1000.07710903961
Right AO Omega	0.0757750816344547
Right AO Fi	0.0136432457075148
Right AO Kappa	0.182514851269297
Center X	
Center Y	
Original	Text list [...]

6. POMIAR FOTOPUNKTÓW

Wracamy do programu **DEPHOS External Orientation**.

Otwieramy nasz projekt w oknie **Open Project**.

Wyświetlamy nasz model :



...

i otwieramy dialog **Points**:



Orientacja bezwzględna jest transformacją układu modelu do układu terenowego. Punktami dostosowania są fotopunkty, które mierzone są na zdjęciach, a znane są ich współrzędne terenowe. Należy pomierzyć te fotopunkty, które wynikają z podziału danych przez prowadzącego zajęcia. Każdy student mierzy 5 fotopunktów. Ich współrzędne terenowe są zapisane w projekcie i można je zobaczyć w zakładce **Controls** programu **DEPHOS Manager**. Ich rozmieszczenie na zdjęciach przedstawione jest poniżej (w pliku osnowa.jpg po powiększeniu obrazu można zobaczyć dokładną lokalizację fotopunktów).



Fotopunkty mierzymy ikoną **Add Control Points**



i zaznaczamy punkt na liście według rozdziału danych do ćwiczenia.

Następnie w oparciu o powyższy fotoszkiełko mierzymy go zgrubnie w oknach zdjęć na zdjęciach (włączamy tryb **Set point** kombinacją klawiszy **Alt+E** lub z menu kontekstowego), jak w przypadku punktów wiążących.

No	Photo	Xi[pix]	Yi[pix]	dR[mm]	dB[m]	VX[m]	VY[m]	VZ[m]
111	16497	5029.370	297.627					
	16498	1181.054	328.725					
112	16497	5278.384	1593.668					
	16498	1430.313	1621.531					
121	16497	9955.470	424.660					
	16498	6131.325	468.835					
122	16497	9879.407	1455.650					
	16498	6056.203	1498.679					
131	16497	4588.458	8490.580					

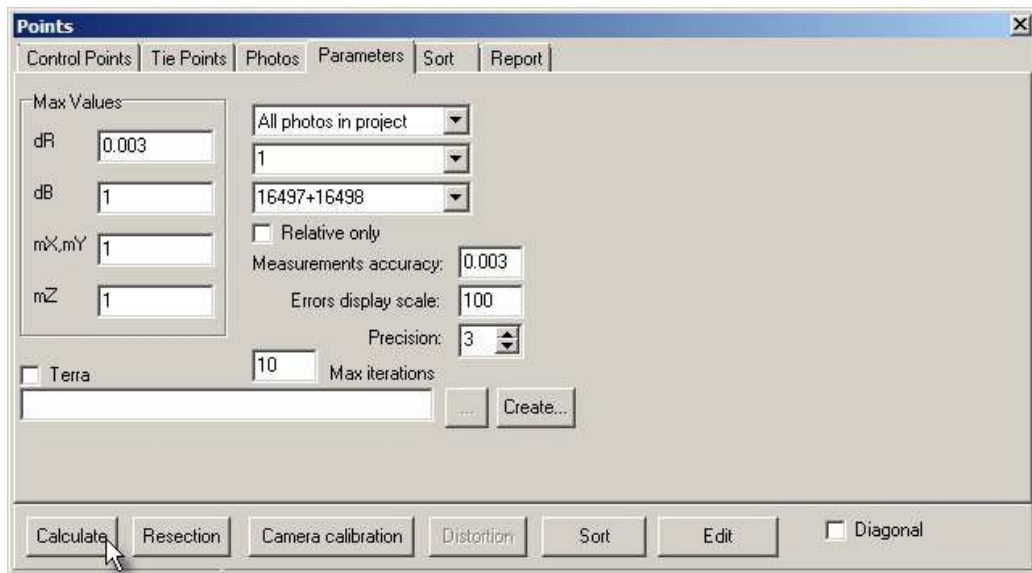
Poprawiamy pomiar na powiększeniach zdjęć (**Alt+W**). Należy wstępnie sprawdzić poprawność pomiaru jeszcze raz licząc orientację wzajemną po pomiarze punktów kontrolnych (przy zaznaczonym **Relative only** w zakładce **Parameters** dialogu **Points** nacisnąć klawisz **Calculate**) i sprawdzając zawartość kolumny **dR** w zakładkach **Control points** oraz **Tie points**. Sortowanie według wartości **dR** odbywa się poprzez dwukrotne kliknięcie na nagłówek tej kolumny w tabeli.

Mogło się zdarzyć podczas pomiaru fotopunktów, że został popełniony błąd i pojawiła się szczytkowa paralaksa poprzeczna na którymś z fotopunktów lub punktów wiążących, przekraczająca dopuszczalne pół piksela.

No	Photo	Xi[pix]	Yi[pix]	dR[mm]	dB[m]	VX[m]	VY[m]	VZ[m]
1053	conv10_33	10982.707	7358.362	0.0013	0.022	0.000	-0.054	
	conv10_34	5748.546	7333.711	0.0013				
1052	conv10_33	10253.418	7773.498	0.0000	0.015	0.102	0.064	
	conv10_34	5031.403	7751.078	0.0000				
1032	conv10_33	12996.438	12622.749	-0.0016	0.027	-0.005	-0.052	
	conv10_34	7859.314	12587.030	-0.0016				
1011	conv10_33	5427.934	841.457	-0.0011	0.020	0.082	0.045	
	conv10_34	287.932	829.968	-0.0011				
1041	conv10_33	5622.581	15323.232	-0.0011	0.022	-0.005	-0.083	

7. OBLICZENIE ELEMENTÓW ORIENTACJI BEZWZGLĘDNEJ I ELEMENTÓW ORIENTACJI ZEWNĘTRZNEJ ZDJĘĆ

W zakładce **Parameters** dialogu **Points** odznaczamy **Relative only** i otwieramy zakładkę **Report** dialogu **Points**. Naciskamy klawisz **Calculate** i czekamy.



Kontrola jakości orientacji bezwzględnej - dokładności pomiaru fotopunktów w terenie i na zdjęciach - odbywa się poprzez sprawdzenie wartości odchyłek **VX**, **VY**, **VZ** podanych w zakładce **Control Points** dialogu **Points**. Przyjmuje się, że średni błąd pomiaru fotopunktów wynosi od 0.5 piksela do jednego piksela. W związku z tym przyjmujemy, że wartości odchyłek **VX**, **VY**, **VZ** nie powinny przekraczać podwójnej wartości terenowego rozmiaru piksela (w naszym przypadku **0.20 m**). Sortowanie tabeli według wartości w kolumnach **VX**, **VY**, **VZ** odbywa się przez dwukrotne kliknięcie w nagłówek tej kolumny. dB - różnica pomiędzy położeniem wiązki przed i po wyrównaniu. W razie konieczności położenie danego punktu na zdjęciu można poprawić. Istnieje możliwość:

- skasowania punktu (prawe kliknięcie na numerze punktu, polecenie **Remove**)
- tymczasowego wyłączenia punktu (prawe kliknięcie na numerze punktu, polecenie **Freeze**).

Points								
Control Points Tie Points Photos Parameters Sort Report								
No	Photo	Xr[pix]	Yr[pix]	dR[mm]	dB[m]	VX[m]	VY[m]	VZ[m]
152	16497	4794.360	16393.651	0.0001	0.073	-0.142	-0.199	0.058
	16498	922.206	16408.730	0.0001				
121	16497	9955.470	424.660	0.0033	0.119	-0.132	-0.240	0.176
	16498	6131.325	468.835	0.0033				
112	16497	5278.384	1593.668	0.0028	0.112	0.129	0.130	-0.136
	16498	1430.313	1621.531	0.0028				
161	16497	10507.375	14646.709	0.0029	0.115	0.118	0.000	-0.283
	16498	6644.075	14679.534	0.0029				
162	16497	10879.314	16443.581	-0.0001	0.077	0.108	0.023	0.173

Po stwierdzeniu poprawności obliczeń zapisujemy zmiany w projekcie:



i możemy wyjść z programu **DEPHOS External Orientation**.

Wyniki w postaci obliczonych elementów orientacji zewnętrznej można zobaczyć w zakładce **Model** programu **DEPHOS Manager**, po uprzednim otwarciu naszego projektu.

Project Manager 4.12.03 [D:\Projekty\Orientacja\prjD_po_obliczeniu_bezwzg\projekt.fpr]		
File Cameras Photos Models Controls Options Help		
Project	Camera	Photo
Model	Controls	
Show strip: [All]		
16497+16498		
details		
Name	16497+16498	
Left photo	16497	
Right Photo	16498	
EO to use	AO	
Left AO X	588490.76023982	
Left AO Y	231565.662691073	
Left AO Z	3866.42827449994	
Left AO Omega	0.223769472829875	
Left AO Fi	0.129271557485469	
Left AO Kappa	-0.262461752678292	
Right AO X	589326.08999337	
Right AO Y	231563.83269901	
Right AO Z	3867.37016014393	
Right AO Omega	0.301208363948657	
Right AO Fi	0.145110424059905	
Right AO Kappa	-0.080717761280324	
Center X		
Center Y		
Original	Text list [...]	

Projekt jest gotowy do pomiaru autogrametrycznego - do wykorzystania w programie **DEPHOS Mapper Stereo**.