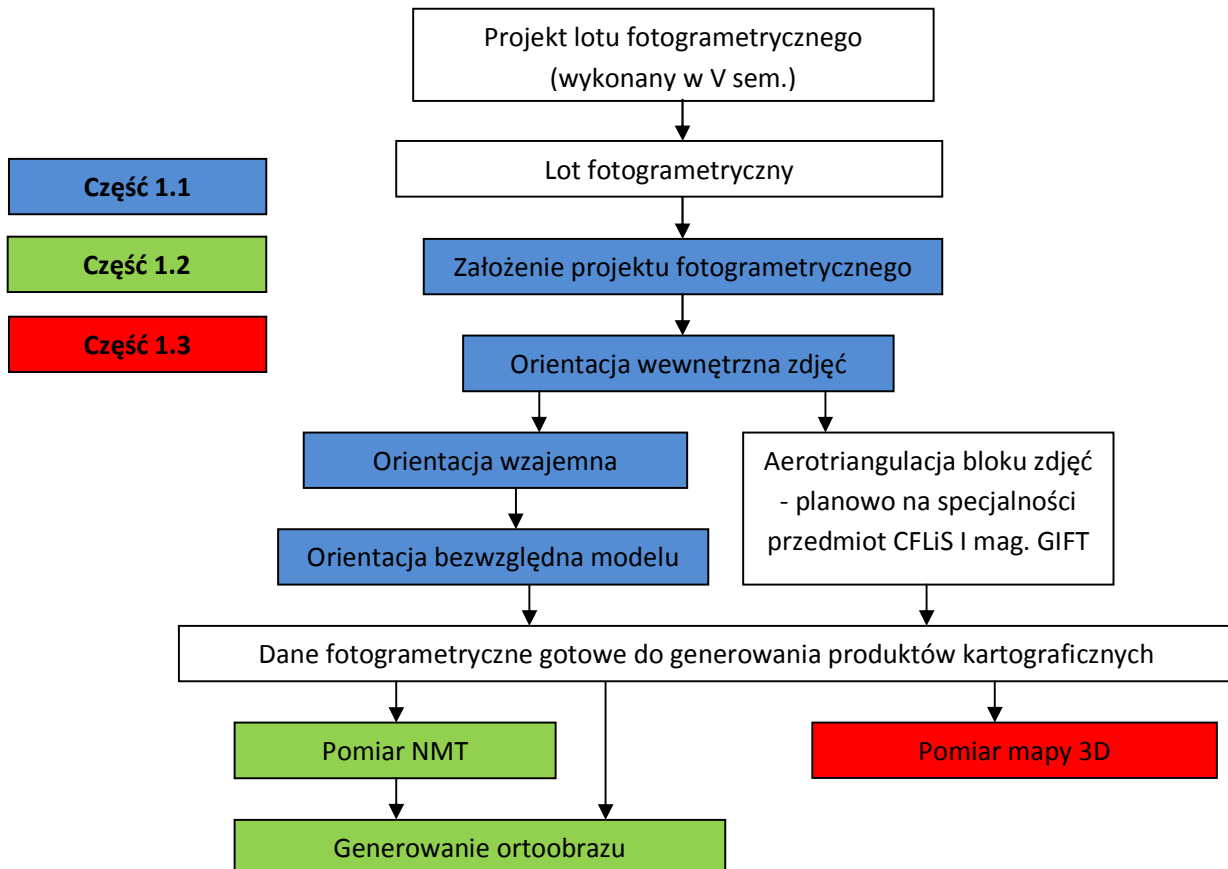


Temat 1:

Część 1.1: Orientacja stereogramu cyfrowych zdjęć lotniczych z wykorzystaniem systemu DEPHOS



1. PRZYGOTOWANIE DANYCH

- 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 **OrientacjaDEPHOS_2014**, tylko sprawdzić, czy są.
- założyć własną strukturę katalogów w **D:\Stud\GiK\Tif2\Nazwisko_prowadzącego\Nazwisko_studenta\temat_1**;

c) do katalogu **\temat_1** przekopiować zawartość 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_Mapas.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. W szczególności dla naszego ćwiczenia wybrano pojedynczy stereogram. 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 wyznaczonymi 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. Praca na stacji fotogrametrycznej polega, zatem na znajdowaniu na obu zdjęciach punktów homologicznych i po umieszczeniu na nich znaczków pomiarowych dokonaniu rejestracji wyznaczonych współrzednych terenowych. Zasada ta realizowana jest w praktyce z wykorzystaniem sztucznego efektu stereoskopowego i niejako od tyłu. Zgodnie z zasadą sztucznego efektu stereoskopowego przestrzenny znaczek pomiarowy (dwa znaczki pomiarowe kojarzone w naszym umyśle w jeden punkt przestrzenny) dotyka powierzchni modelu stereoskopowego tylko wtedy, gdy oba znaczki materializują na zdjęciach ten sam punkt. Zatem jeśli obserwowany znaczek przestrzenny znajduje się poza powierzchnią modelu (nad lub pod), wtedy wyznaczany w przecięciu promieni punkt nie należy do zbioru punktów terenowych, a kursory nie mogą pokazywać tego samego punktu na obu zdjęciach.

Zasadę pracy stacji fotogrametrycznej można wyjaśnić poprzez analizę równań kolinearności wiążących układy tłów zdjęcia lewego (x_l, y_l) i prawego (x_p, y_p) z przestrzennym układem terenowym (X, Y, Z):

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

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

Jeśli znamy elementy orientacji zewnętrznej i wewnętrznej 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. Praktycznie realizowane jest to w ten sposób, że za pomocą manipulatora (myszy) generowane są przyrosty współrzędnych terenowych ΔX , ΔY , ΔZ , a program oblicza dla prawego i lewego zdjęcia położenie (x, y) kursorów na tych zdjęciach. Równocześnie obserwator śledzi efekt w postaci położenia przestrzennego kursora na stereogramie stwierdzając, czy jest on pod czy nad modelem. W zależności od tego dalej zmienia współrzędne terenowe trzema generatorami myszy zbliżając się coraz bardziej do celu, czyli osadzenia kursora na powierzchni modelu. Po zrealizowaniu tego zadania następuje rejestracja współrzędnych, będących szukanymi współrzędnymi terenowymi punktu.

Jak widać z tych równań, praca w trybie autogrametrycznym jest możliwa pod warunkiem wyznaczenia elementów orientacji zewnętrznej każdego zdjęcia stereogramu (elementy orientacji wewnętrznej są znane). Wyznaczenie wartości tych elementów jest celem procedury zwanej 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

Orientacja wewnętrzna jest procedurą, w której wykonywana jest transformacja płaska układu obrazu cyfrowego (pikselowego) do układu tłowego zdjęcia. 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 tłowe, których współrzędne w układzie tłowym zdjęcia znamy z metryki kalibracji kamery lotniczej.

W systemie DEPHOS do tego celu 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 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 jest to lewy górny narożnik obrazu ($x_p=0$, $y_p=0$), a dla układu tłowego punkt główny (x_0 , y_0), który najczęściej znajduje się w środku obrazu cyfrowego albo w jego pobliżu ($x_0=x_p$, $y_0=y_p$). 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 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. Geometrycznie, doprowadzenie do przecięcia promieni jednoimiennych obu wiązek można wykonać wykorzystując dziewięć stopni swobody obu zdjęć. Należą do nich: po trzy kąty skręcenia (ω , ϕ , κ) dla każdej wiązki oraz różnice ΔX , ΔY i ΔZ pomiędzy współrzędnymi środków rzutów obu wiązek (nazywanych 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. 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 w systemie Dephos jest ustalona i stanowi wówczas parametr obliczeń orientacji wzajemnej, a nie niewiadomą.

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 wykorzystujemy jako stopnie swobody tylko elementy kątowe obu wiązek (np. ϕ , κ – lewego i ω , ϕ , κ – prawego). W drugiej metodzie kątowo-liniowej lewe zdjęcie przyjmuje się jako ściśle pionowe (ω , ϕ , κ przyjmuje się zero), a wykorzystywane są wszystkie dostępne stopnie swobody prawego zdjęcia -trzy elementy kątowe 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.

Obliczenie 5 elementów orientacji wzajemnej oraz współrzędnych przecięcia promieni jednoimiennych wykonuje się w przestrzennym układzie modelu, który pokrywa się z przestrzennym układem tłowym zdjęcia lewego (w metodzie kątowo-liniowej z założenia elementy kątowe lewego zdjęcia są równe zero). Układ ten zaczepiony jest w środku rzutów lewego zdjęcia, osie X i Y są odpowiednio równoległe do osi x i y na zdjęciu, a oś Z pokrywa się z osią kamery.

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 kątowno-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. sześciu rejonach Grubera. Takie rozmieszczenie punktów zapewnia korzystne geometryczne uwarunkowania rozwiązania a ponadto dysponujemy jedną obserwacją nadliczbową, co umożliwia ocenę dokładności wykonanych pomiarów i wykrycie błędów. Błędy mogą być spowodowane np. pomyłką w identyfikacji punktów. Uściślając, mierząc sześć lub więcej punktów wiążących, dążymy do jak najlepszego przecięcia się promieni jednoimiennych, czyli takiego, dla którego promienie jednoimienne będą przechodzić jak najbliżej siebie.

Ad. 4. Orientacja bezwzględna

Orientacja bezwzględna jest procedurą, w której wyznaczone są współczynniki 7-parametrowej transformacji przestrzennej układu modelu do układu terenowego (geodezyjnego). 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. Umożliwia to określenie elementów orientacji zewnętrznej zdjęć, co pozwala na generowanie dalszych produktów kartograficznych. W skrócie można powiedzieć, że 12 elementów orientacji zewnętrznej uzyskujemy w drodze wyznaczenia 5 elementów orientacji wzajemnej oraz 7 elementów orientacji bezwzględnej ($5+7=12$).

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:\Tilij\Orientacja\DEPHOS\1649
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	
Oryginal	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:

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

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:

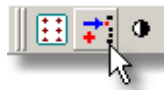
Set point **Alt+E** – pomiar punktu,

Zoom In **Alt+Z** – powiększ zdjęcie,

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

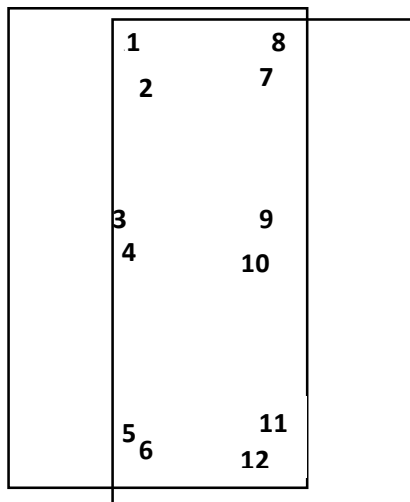
Next point & display **Shift+Q** – przejdź do następnego punktu i pokaż wszystkie zdjęcia, na których występuje.

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



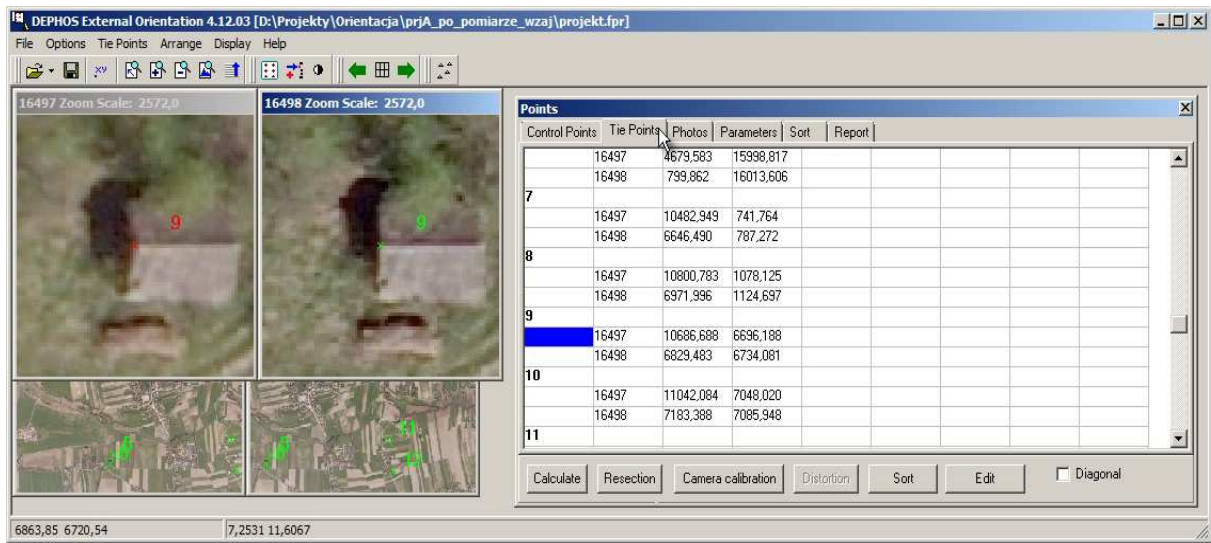
Tryb pomiaru **Set point** włącza się prawym klawiszem w menu kontekstowym. Następnie wskazuje się punkt wiążący w jednym z rejonów Grubera na obu zdjęciach (okna **Photo**). Punkty wiążące są punktami dostosowania dla orientacji wzajemnej...

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.





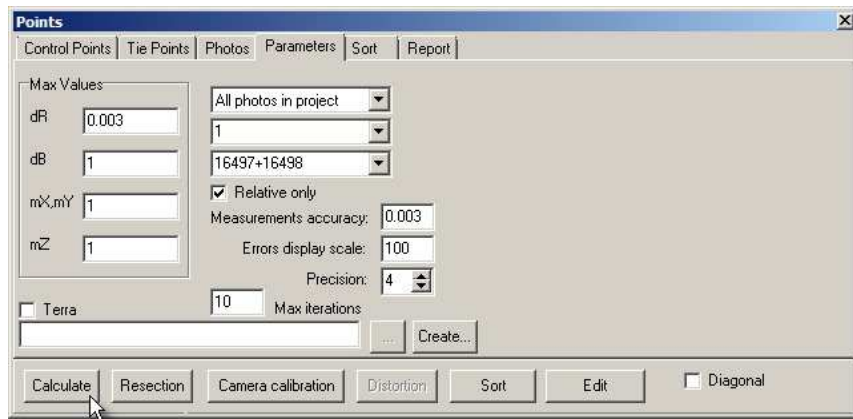
Każdy punkt posiada podane: nazwę zdjęcia, na którym został pomierzony, oraz współrzędne w pikselach.

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**.

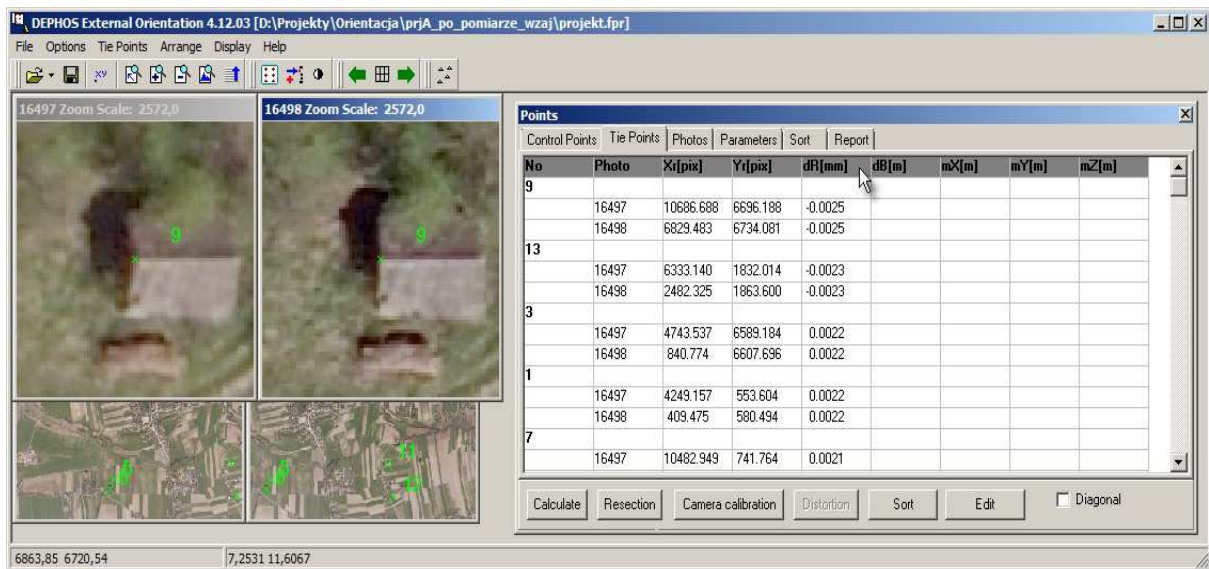
Trzeba przejść do trybu pomiaru (**Alt+E** lub prawy klawisz opcja: **Set point**), regulując dogodne powiększenie (**Alt+Z/Alt+X**), wstawiamy punkt precyzyjnie na obu zdjęciach, na których został zgrubnie pomierzony. Następnie z menu kontekstowego wybieramy pozycję **Next point & display (Shift+Q)** 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 ich wartości **dR** - poprzecznych paralaks szczątkowych 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 konwencją, 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).

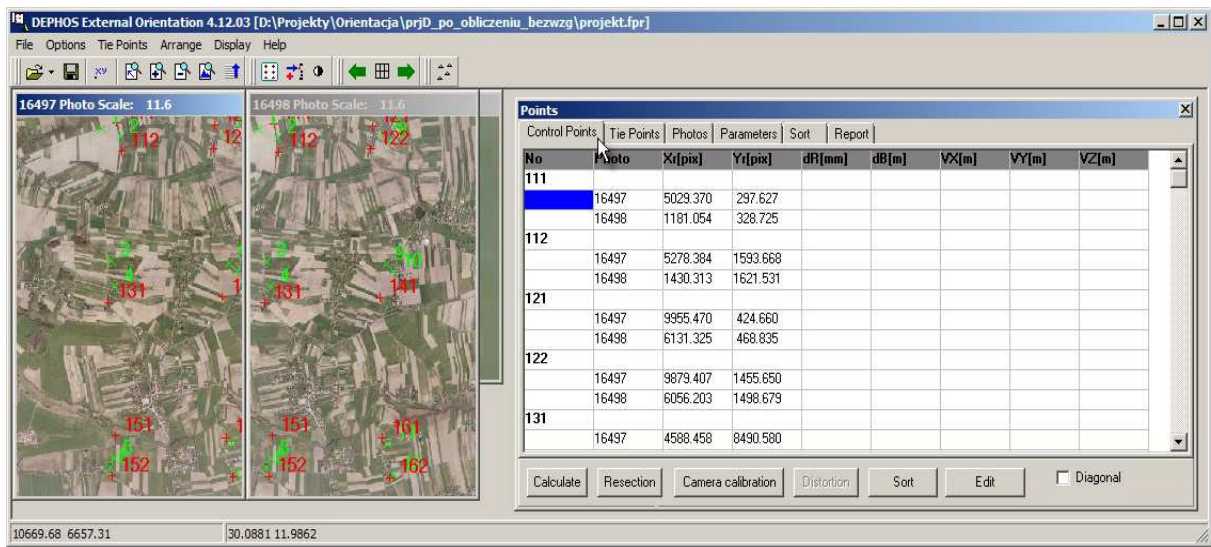


Fotopunkty mierzymy ikoną **Add Control Points**



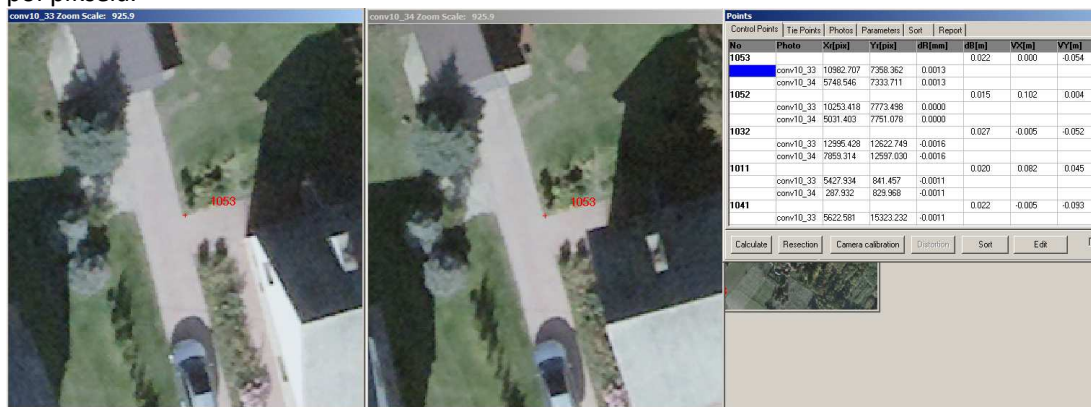
i zaznaczamy punkt na liście według rozdziału danych do ćwiczenia.

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.



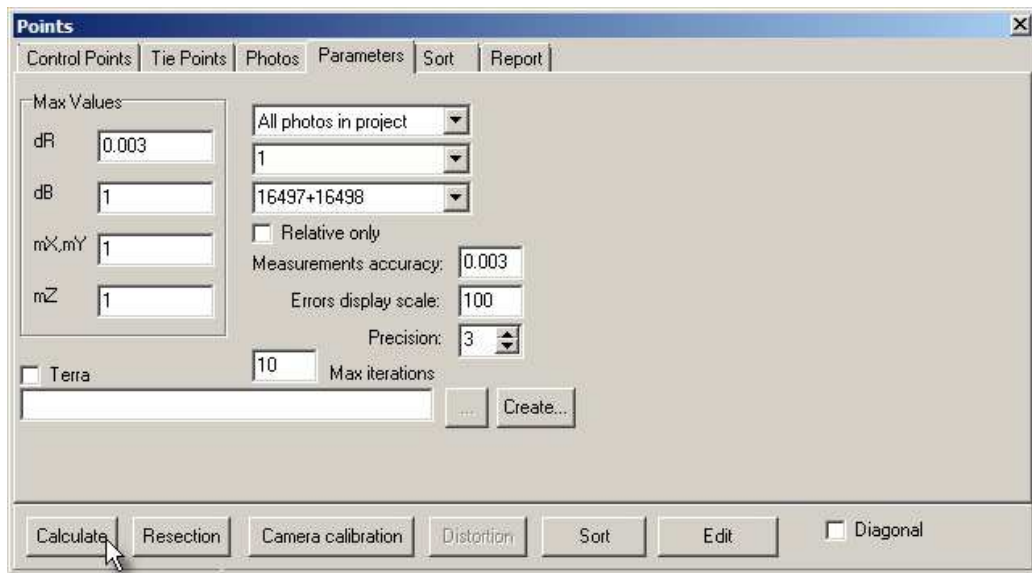
Poprawiamy pomiar na powiększeniach zdjęć (**Alt+W**). Należy wstępnie sprawdzić poprawność pomiaru jeszcze raz licząc orientację wzajemną po pomiarze punktów kontrolnych (przy zaznaczonym **Relative only** w zakładce **Parameters** dialogu **Points** nacisnąć klawisz **Calculate**) i sprawdzając zawartość 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.



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 wartości **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	A0
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**.