

Fotogrametryczne opracowanie elementów mapy zasadniczej na podstawie modelu ze zdjęć lotniczych

- A. Orientacja stereogramu zdjęć lotniczych na autografie cyfrowym VSD
- B. Stereodigitalizacja (wektoryzacja treści mapy) i pozyskanie danych do NMT

Dane do tematu:

- **stereogram 16497_16498** wykonany kamerą VEXCEL UltraCam Xp. Wielkość piksela terenowego 22 cm, skala zdjęć 1:36 000, wysokość lotu nad średnią powierzchnią terenu 3550 m, $c_k = 100,50$ mm, stosunek bazowy $W/B = 4$. (\\K_\text{LON}\VSD\Orientacja\Obrazy_do_o.bezwzględnej)
- **ramka.map** (zakres wygenerowanych automatycznie pikiet terenowych i obszar do uzupełnienia pikietami), **punkty.pnt** (punkty wygenerowane automatycznie), **warstwic.map** (warstwice wygenerowane na punktach automatycznych). (\\K_\text{LON}\VSD\Orientacja\NMT)

Załącznik. 1:Dane z kalibracji kamery

Załącznik 2: Współrzędne fotopunktów, ich współrzędne terenowe, rozmieszczenie na fotogramie i opisy fotograficzne

Ad. A. Orientacja stereogramu zdjęć lotniczych na autografie cyfrowym VSD

(materiały pomocnicze do ćwiczeń laboratoryjnych)

Autografem nazywamy przyrząd lub program komputerowy do opracowania ciągłego lub punktowego stereogramu zdjęć lotniczych lub naziemnych. W autografie realizowana jest bezpośrednio zależność pomiędzy położeniami (współzrędnymi x_1, y_1 i x_p, y_p) kursorów (znaczków pomiarowych) na obu zdjęciach a współzrędnymi 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 obu zdjęciach (punkty homologiczne), to w przecięciu promieni rzutujących uzyskamy współzrędną terenową (XYZ) punktu w układzie terenowym. Praca na autografie polega zatem na znajdowaniu na obu zdjęciach punktów homologicznych i po umieszczeniu na nich znaczków pomiarowych dokonaniu rejestracji wyznaczonych współzrędných terenowych. Zasada ta realizowana jest w praktyce z wykorzystaniem 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 autografu cyfrowego można wyjaśnić poprzez analizę równania kolinearności wiążącego układ tłowy zdjęcia (x, y) 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 zdjęcia (c_k, X_0, Y_0, Z_0 , oraz kąty φ, ω, κ zawarte w elementach macierzy obrotów a_{ij}) to znając współzrędną terenową punktu (X, Y, Z) możemy wyliczyć jego położenie na zdjęciu. Praktycznie realizowane jest to w ten sposób, że za pomocą manipulatora (myszy) generowane są przyrosty współzrędných terenowych $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$, 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 pod czy nad modelem. W zależności od tego dalej zmienia trzema generatorami myszy współrzędne terenowe 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 modelu.

Wieloetapowe strojenie modelu w autografie cyfrowym VSD

Przebiega ono w 3 etapach:

- 1. orientacja wewnętrzna**
- 2. orientacja wzajemna**
- 3. orientacja bezwzględna**

Ad.1. 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 VSD dostępne są następujące transformacje płaskie: transformacja Helmerta (przez podobieństwo) – min. 2 punkty dostosowania, transformacja afiniczna – min. 3 punkty dostosowania, transformacja biliniowa – min. 4 punkty dostosowania i transformacja rzutowa – min. 4 punkty dostosowania. Ta ostatnia jest wykorzystywana w orientacji wewnętrznej tylko w wyjątkowych przypadkach (np. dla zdjęć z siatką reseau, lub dla zdjęć nieprzylegających dobrze do ramki tłowej).

W VSD bez względu na wybór typu transformacji docelowej zawsze wykonywana jest również transformacja Helmerta, służąca głównie detekcji błędów grubych. Przyjmujemy na podstawie empirycznej, że jeśli błąd średni po transformacji Helmerta jest mniejszy od 1.5 piksela to docelowa transformacja np. biliniowa nie jest obciążona błędem grubym (dotyczy to jedynie przypadku, gdy na zdjęciu lotniczym posiadamy cztery znaczki tłowe, bowiem tylko wtedy transformacja biliniowa nie posiada obserwacji nadliczbowych). Wyników transformacji Helmerta w przypadku ośmiu znaczków tłowych można nie brać pod uwagę, ponieważ transformacja biliniowa (wybierana zazwyczaj jako ta która najlepiej eliminuje błędy skurczu materiału negatywowego) posiada obserwacje nadliczbowe i można obliczyć błąd, z jakim wpasowane są znaczki z obrazu cyfrowego we współrzędne nominalne z kalibracji. Z doświadczenia można przyjąć, że błąd ten nie powinien być większy niż ± 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 obrazu cyfrowego jest to lewy górny narożnik obrazu ($x_p=0$, $y_p=0$), a dla zdjęcia pomiarowego 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, która zawsze jest 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 VSD, który nie posiada takiej możliwości wykonuje się ją podobnie jak orientację wewnętrzną dla zdjęć analogowych z tym, że znaczkami tłowymi są narożniki obrazu cyfrowego. Należy określić ich współrzędne w układzie tłowym na podstawie znanych parametrów: wymiaru matrycy obrazu cyfrowego, wielkości

piksela matrycy i współrzędnych punktu głównego w układzie matrycy. Wystarczy pomierzyć tylko dwa narożniki obrazu i wykorzystać transformację Helmerta, aby wykonać orientację wewnętrzną. Ze względu na konieczność kontroli najlepiej pomierzyć jest co najmniej 3 (lub wszystkie 4) narożniki obrazu i wykonać transformację Helmerta. Jeśli odchyłki na punktach dostosowania będą równe zero a wielkość piksela w układzie tłowym obliczona przez program będzie równa wielkości rzeczywistej piksela matrycy to oznacza, że orientacja wykonana została poprawnie

Wyniki orientacji wewnętrznej zapisywane są w pliku *or_int.wyn*

Ad. 2 Orientacja wzajemna

jest procedurą analityczną, w wyniku, której doprowadzane są do przecięcia wybrane promienie homologiczne wiązek obu zdjęć stereogramu. Wybór promieni homologicznych (jednoimiennych tzn. takich, które niosą obraz tego samego punktu w obu wiązkach) powiązany jest z tzw. rejonami Grubera. W każdym z sześciu rejonów Grubera należy wybrać co najmniej jeden punkt (czyli dwa obrazy tego samego punktu na obu zdjęciach) i określić ich współrzędne tłowe. Geometrycznie orientację wzajemną należy rozumieć jako doprowadzenie do przecięcia wszystkich par promieni jednoimiennych obu wiązek poprzez doprowadzenie do przecięcia min. 5 par promieni. Ze względu na brak obserwacji nadliczbowych, a dzięki temu możliwości popełnieniu błędów grubych (zła identyfikacja punktów homologicznych na obu zdjęciach) zawsze liczba punktów do orientacji powinna być większa od pięciu. W przypadku pomiaru po jednym punkcie we wszystkich rejonach Grubera posiadamy jedną obserwację nadliczbową, zapewniającą możliwość analizy uzyskanych wyników przecięcia promieni.

Geometrycznie, doprowadzenie do przecięcia promieni jednoimiennych obu wiązek odbywa się z wykorzystaniem ośmiu niezależnych stopni swobody dla obu zdjęć. Należą do nich: po trzy kąty skreślenia (ω , ϕ , κ) dla każdej wiązki oraz różnice ΔZ i ΔY pomiędzy współrzędnymi środków rzutów obu wiązek (nazywanych składowymi bazy b_Y i b_Z). Składowa bazy b_X nie ma wpływu na przecinanie promieni jednoimiennych, a jedynie na skalę modelu, który powstanie jako miejsce geometryczne punktów przecięcia. To znaczy, że jej wartość należy jedynie przyjąć i stanowi ona wówczas parametr obliczeń orientacji wzajemnej, a nie niewiadomą.

Ze względu na to, że posiadamy do dyspozycji osiem stopni swobody dla obu zdjęć (wiązek) przy niezbędnych pięciu, to 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 liniowa). W pierwszej wykorzystujemy jako stopnie swobody tylko elementy kątowe obu wiązek (np. ω , ϕ , κ – lewego i ϕ , κ – prawego). W drugiej metodzie – liniowej wykorzystywane są trzy elementy kątowe zdjęcia prawego oraz b_Y i b_Z .

W VSD zaimplementowano metodę liniową.

Wielkość b_X przyjmowane jest przez program jako składowa bazy w skali zdjęcia. 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 powstaje w skali bardzo zbliżonej do skali zdjęcia.

Innym parametrem, który tym razem musi operator wpisać samodzielnie do programu dla obliczenia orientacji wzajemnej, jest stała kamery, niezbędną dla rekonstrukcji promienia rzutującego na podstawie współrzędnych tłowych jego rzutu środkowego. W przypadku skanowanych zdjęć analogowych wpisuje się jeszcze współrzędne punktu głównego w układzie znaczków tłowych.

Obliczenia 5 elementów orientacji wzajemnej oraz współrzędnych przecięcia promieni jednoimiennych wykonuje się w przestrzennym układzie tłowym zdjęcia lewego, które z założenia posiada elementy kątowe równe zero. Układ ten zaczepiony jest w środku rzutów zdjęcia lewego, 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 wyznaczane są elementy orientacji wzajemnej proces obliczeniowy przeprowadzany jest iteracyjnie, natomiast jako przybliżone wartości niewiadomych przyjmuje się zero.

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

Wyniki orientacji wzajemnej zapisywane są w pliku *or_rel.wyn*

Po wykonaniu orientacji wzajemnej w VSD pojawia się pierwszy układ przestrzenny (3D) nazywany układem modelu. Jest to oczywiście opisany wcześniej przestrzenny układ tłowy zdjęcia lewego.

Ad. 3 Orientacja bezwzględna

jest procedurą, w której wykonywane jest przejście do układu terenowego, realizowane poprzez transformację przestrzenną układu modelu do układu terenowego (geodezyjnego). Do wykonania tego zadania konieczne jest posiadanie na stereogramie co najmniej trzech fotopunktów, nieleżących na jednej prostej. 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: współrzędne bieguna w obu układach (średnie arytmetyczne współrzędnych punktów dostosowania), współczynnik skali pomiędzy układami (można traktować go jako mianownik skali zdjęć, ponieważ układ modelu posiadał skalę zdjęcia), oraz trzy kąty określające obroty jednego układu względem drugiego. Dodatkowo, program podaje odchyłki po transformacji pomiędzy punktami przetransformowanymi a wejściowymi zarówno dla układu modelu jak i terenowego (dla ilości punktów dostosowania większej od 3). Z odchyłek w układzie terenowym liczone są błędy wpasowania jednego zbioru punktów w drugi. Błędy m_x , m_y uznaje się za dopuszczalne, jeżeli nie przekraczają wielkości ± 0.75 piksela w skali terenowej zarówno dla współrzędnej X jak i Y. Błąd wysokości nie powinien przekraczać wielkości równej iloczynowi maksymalnej dopuszczalnej terenowej wielkości błędu m_x , m_y i współczynnika stosunku bazowego. Dla zdjęć analogowych i zeskanowanych do postaci cyfrowej terenową wielkość piksela oblicza się mnożąc wielkość piksela skanowania (podana w pliku wynikowym orientacji wewnętrznej) przez mianownik skali zdjęcia (z pliku wynikowego po orientacji bezwzględnej). Stosunek bazowy jest wielkością stałą dla różnych stożków kamery lotniczej, przy założeniu stałego pokrycia podłużnego pomiędzy zdjęciami. Sposób obliczenia tego współczynnika podany był przy okazji omawiania projektu lotu fotogrametrycznego.

Wyniki orientacji bezwzględnej zapisywane są w pliku *or_abs.wyn*

Instrukcja orientacji stereogramu na VSD

Przebieg orientacji wewnętrznej na VSD dla zdjęć z kamer analogowych

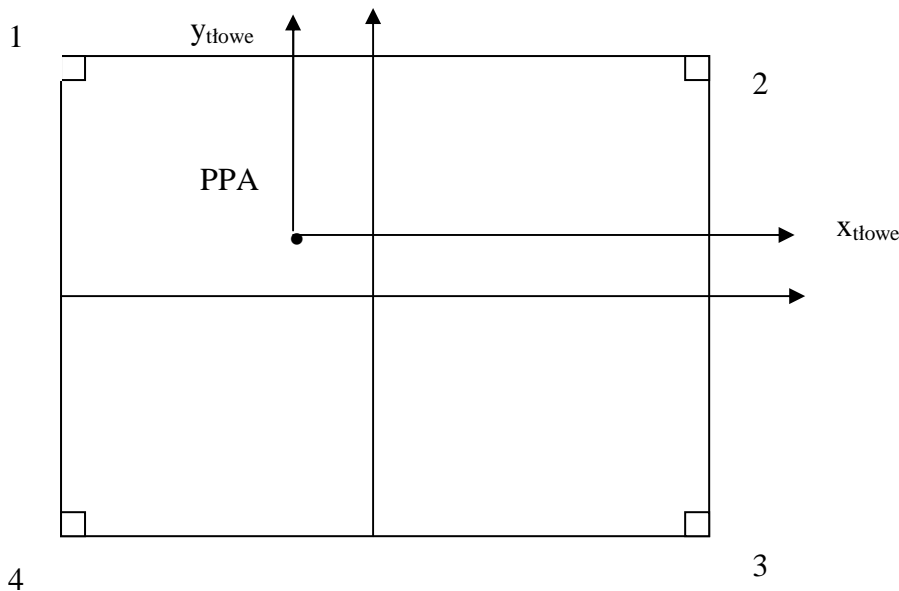
1. Na pomniejszeniach zdjęć stereogramu (tryb wyboru kadru [V]) wybieramy animowaną ramką te same obszary obu zdjęć zawierające ten sam znaczek tłowy. Najlepiej rozpocząć od lewego górnego znaczka tłowego, którego współrzędne tłowe posiadają odpowiednio znak $-$ dla x i znak $+$ dla y . Realizujemy to za pomocą myszki i klawisza [TAB] – przełączającego możliwość przemieszczania ramki kadru na obu zdjęciach. Po właściwym ustawieniu ramek **lewym przyciskiem myszy** lub klawiszem [ENTER] wyświetlamy ich zawartość na ekranie monitora w skali 1:1 (1piksel obrazu cyfrowego = 1piksel monitora).
2. Ustawiamy na obu obrazach znaczków tłowych odpowiedni znaczek pomiarowy (kursor) z wykorzystaniem klawisza [TAB] do przełączania się pomiędzy zdjęciami oraz myszki. Teraz z wykorzystaniem klawiszy [ALT] + [Z] należy bardzo powiększyć znaczek aby wykonać pomiar z jak największą dokładnością. Wykonuje się to przez wpisanie wartości współczynnika żadanego powiększenia np. 15, 20 itp. Dobór współczynnika zależy od wielkości znaczka pomiarowego (kursora) w stosunku do wielkości właściwego znaczka tłowego. Właściwie dobrany współczynnik powiększenia powinien zapewnić optymalny pod względem dokładności pomiar znaczków tłowych. Należy zwrócić uwagę, aby przy powiększeniu wyjściowym 1:1 kursory pokrywały się dokładnie ze znaczkami tłowymi, bowiem w innym przypadku po wykonaniu bardzo dużego powiększenia właściwy znaczek może nie być widoczny na ekranie. Jeśli tak się stanie, to należy wrócić do skali 1:1 ([ALT] + [R]) i poprawić ustawienie kursorów. Dokładne ustawienie kursorów na wybranym znaczku tłowym obu zdjęć można wykonać przy użyciu myszki lub klawiszy kierunkowych, przełączając się pomiędzy obu zdjęciami klawiszem [TAB]. Wykorzystując klawisze kierunkowe (strzałki) należy najpierw ustawić minimalny skok kursora poprzez wciśnięcie i przytrzymanie klawisza [-] klawiatury numerycznej tak długo, aż usłyszymy sygnał dźwiękowy. Praktycznie ustawienie kursora na znaczku tłowym należy zgrubnie wykonać z wykorzystaniem myszy, a precyzyjnie z wykorzystaniem klawiszy kierunkowych. Dla zwiększenia dokładności pomiaru należy wybrać najbardziej odpowiedni kolor [L] i kształt [X] kursora lub ograniczyć kursor do kropki [SPACE]. Po precyzyjnym ustawieniu obu kursorów na tym samym

znaczką słowną obu zdjęć dokonujemy jego rejestracji klawiszem [I]. Po wciśnięciu tego klawisza na ekranie pojawia się numer znacznika 1, który akceptujemy lub zmieniamy, jeśli numer jest inny. Następnie wpisujemy z klawiatury współrzędne słowne tego punktu z odpowiednimi znakami. Jeśli posiadamy przygotowany wcześniej plik nazwazadania.pkt zawierający współrzędne słowne znaczków to zamiast wpisywać je z klawiatury podczytujemy je z pliku klawiszem [INSERT]. Klawiszem [ENTER] potwierdzamy wprowadzone dane, a na potwierdzenia wykonanego pomiaru na obu znaczkach słownych pojawia się niebieski znacznik (gwiazdka). W identyczny sposób mierzone są wszystkie pozostałe znaczniki słowne. Najczęściej (przy czterech znaczkach słownych) wartości bezwzględne współrzędnych znaczków słownych posiadają te same wartości, a dla poszczególnych znaczków różnią się jedynie znakami współrzędnych. Jeśli tak jest, to wykonując pomiar poczynając od lewego górnego znacznika i przemieszczając się z pomiarem w prawo (zgodnie z ruchem wskazówek zegara) nie będzie potrzeby zmieniać znaków przy współrzędnych ani numerów znaczków, bowiem program będzie to wykonywał automatycznie. W takim przypadku wystarczy raz wpisać współrzędne znaczków słownych na pierwszym punkcie, a na pozostałych tylko zatwierdzić pojawiające się wartości.

3. Uruchomienie funkcji obliczania transformacji układu pikselowego obu zdjęć do układu słownego wykonuje się klawiszem [F5]. Wybieramy dla lewego i prawego zdjęcia transformację biliniową. Po wykonaniu obliczeń analizujemy uzyskane wyniki. W przypadku tylko czterech znaczków słownych wyniki wstępnej transformacji Helmerta mówią o możliwości popełnienia błędu grubego (źle wprowadzone współrzędne słowne, pomyłona numeracja punktów, błąd pomiaru na zdjęciach itp.). Jeżeli średni błąd po transformacji Helmerta nie przekracza wartości ± 1.5 piksela zarówno dla lewego jak i prawego zdjęcia to przyjmujemy, że wyniki transformacji biliniowej są poprawne. W innym przypadku należy znaleźć źródło błędu i powtórzyć pomiar. W przypadku ośmiu znaczków słownych należy sprawdzić wielkość błędu wpasowania po transformacji biliniowej. Jeżeli jest on mniejszy od 0.5 piksela zarówno na lewym jak i prawym zdjęciu to możemy uznać orientację wewnętrzną za wykonaną poprawnie. Poza podaniem wyliczonych współczynników transformacji dla obu zdjęć program oblicza wartość piksela w układzie słownym czyli w skali zdjęcia. Z tego modułu obliczeniowego wychodzimy klawiszem [F10]. Raport z przeprowadzonej orientacji wewnętrznej (wyniki obliczeń) zapisywane są w pliku *or_int.wyn*.

Przebieg orientacji wewnętrznej na VSD dla zdjęć z kamer cyfrowych

1. Obliczenie współrzędnych słownych narożników obrazu cyfrowego w mm należy poprzedzić obliczeniem wymiarów matrycy kamery w mm, korzystając z wymiarów matrycy w pikselach R (ilość wierszy) \times C (ilość kolumn) oraz wielkości detektora matrycy s (wielkości rzeczywistej piksela matrycy). Następnie należy obliczyć współrzędne słowne w mm narożników obrazu cyfrowego w układzie równoległym do układu pikselowego i zaczepionym w punkcie głównym. W metryce kalibracji podany jest on jako punkt główny autokolimacji (PPA). Współrzędne x_0 i y_0 punktu głównego podawane są w mm w układzie zaczepionym w środku obrazu cyfrowego. Znając wartości x_0 i y_0 oraz wymiary w mm matrycy obrazu cyfrowego możemy wyznaczyć poszukiwane współrzędne słowne narożników zgodnie z poniższymi wzorami.



$$\begin{aligned}
 x_1 &= -\frac{C \cdot s}{2} - x_0 & x_3 &= \frac{C \cdot s}{2} - x_0 \\
 y_1 &= \frac{R \cdot s}{2} - y_0 & y_3 &= -\frac{R \cdot s}{2} - y_0 \\
 x_2 &= \frac{C \cdot s}{2} - x_0 & x_4 &= -\frac{C \cdot s}{2} - x_0 \\
 y_2 &= \frac{R \cdot s}{2} - y_0 & y_4 &= -\frac{R \cdot s}{2} - y_0
 \end{aligned}$$

Gdzie:

C – liczba kolumn matrycy

R – liczba wierszy matrycy

s – rozmiar rzeczywisty piksela matrycy w mm

x_0, y_0 - współrzędne punktu głównego w mm w układzie zaczepionym w środku obrazu cyfrowego

Obliczone współrzędne można wpisać do pliku tekstowego *nazwazadania.pkt* o formacie wiersza: nr punktu – spacja--wsp x -spacja - wsp y. W pliku nie mogą znajdować się żadne litery tylko liczby. Części dziesiętne oddzielane są kropką. Nazwa pliku taka jak nazwa zadania w Vsd, a rozszerzenie zawsze .pkt.

2. Na pomniejszeniach zdjęć stereogramu (tryb wyboru kadru [V]) wybieramy animowaną ramką te same obszary obu zdjęć zawierające ten sam narożnik zdjęcia. Najlepiej rozpocząć od lewego górnego narożnika, którego współrzędne tłowe posiadają odpowiednio znak – dla x i znak + dla y. Realizujemy to za pomocą myszki i klawisza [TAB] – przełączającego możliwość przemieszczania ramki kadru na obu zdjęciach. Po właściwym ustawieniu ramek lewym przyciskiem myszy lub klawiszem [ENTER] wyświetlamy ich zawartość na ekranie monitora w skali 1:1 (1piksel obrazu cyfrowego = 1piksel monitora). Teraz dobrze jest ustawić skok kursora na 1 piksel tak aby można było za pomocą strzałek kierunkowych na klawiaturze precyzyjnie ustawiać kursor w narożnikach obrazu. Wykonujemy to poprzez wciśnięcie i przytrzymanie klawisza [-] (minus) tak długo aż usłyszymy dźwięk wskazujący, że największa rozdzielczość została ustawiona.
3. Przesuwając mysz ustawiamy jednocześnie na obu obrazach znaczki tłowe w lewym górnym narożniku obrazu. Sprawdzamy, czy odczyt współrzędnych na licznikach obu zdjęć dla x i y wynosi zero. Jeśli nie jest równy zero to klawiszem [C] (centrum) powodujemy, że narożnik obrazu pojawi się na środku obu ekranów. Wykorzystując klawisz [TAB] do przełączania się pomiędzy zdjęciami (ekranami), oraz mysz i klawisze kierunkowe ustawiamy na licznikach obu zdjęć wartości zerowe. Kursory na obu zdjęciach

znajdują się wtedy dokładnie w tym samym narożniku obu obrazów. Następnie dokonujemy jego rejestracji klawiszem [I]. Po wciśnięciu tego klawisza na ekranie pojawia się numer znacznika 1, który akceptujemy lub zmieniamy jeśli numer jest inny. Następnie wpisujemy z klawiatury współrzędne słowne tego punktu z odpowiednimi znakami. Jeśli posiadamy przygotowany wcześniej plik nazwazadania.pkt zawierający współrzędne słowne znaczków to zamiast wpisywać je z klawiatury podczytujemy je z pliku klawiszem [INSERT]. Klawiszem [ENTER] potwierdzamy wprowadzone dane, a na potwierdzenia wykonanego pomiaru na obu znaczkach słownych pojawia się niebieski znacznik (gwiazdka). W podobny sposób mierzymy dwa (lub 3) dalsze narożniki obrazu cyfrowego, z tym, że współrzędne narożników, które trzeba nastawić to: dla narożnika drugiego $x = \text{liczba kolumn}, y = 0$; dla narożnika trzeciego $x = \text{liczba kolumn}, y = \text{liczba wierszy}$ (ze znakiem minus), dla narożnika czwartego: $x = 0, y = \text{liczba wierszy}$ (ze znakiem minus).

4. Uruchomienie funkcji obliczania transformacji układu pikselowego obu zdjęć do układu słownego wykonuje się klawiszem [F5]. Wybieramy dla lewego i prawego zdjęcia transformację Helmerta. Po wykonaniu obliczeń analizujemy uzyskane wyniki. Odchyłki na punktach dostosowania powinny wynosić zero, a obliczona przez program wartość piksela w układzie słownym powinna być równa wielkości piksela matrycy. Z tego modułu obliczeniowego wychodzimy klawiszem [F10]. Raport z przeprowadzonej orientacji wewnętrznej (wyniki obliczeń) zapisywane są w pliku *or_int.wyn*.

Przebieg orientacji wzajemnej na VSD

5. Na pomniejszeniach zdjęć stereogramu (tryb wyboru kadru [V]) wybieramy animowaną ramką te same obszary obu zdjęć odpowiadające jednemu z 6 rejonów Grubera. Realizujemy to za pomocą myszki i klawisza [TAB] – przełączającego możliwość przemieszczania ramki kadru na obu zdjęciach. Po właściwym ustawieniu ramek **lewym przyciskiem myszy** lub klawiszem [ENTER] wyświetlamy ich zawartość na ekranie monitora w skali 1:1 (1 piksel obrazu cyfrowego = 1 piksel monitora).
6. Wyszukujemy na obu obrazach ten sam szczegół (punkt homologiczny) charakteryzujący się jak największą dokładnością identyfikacji (najlepszymi punktami są odpowiadające sobie malutkie plamki na obu zdjęciach). Ustawiamy na nich odpowiednio: lewy i prawy kursor (**myszka** i klawisz [TAB]). Następnie jedno-, dwu- lub trzykrotnym wciśnięciem klawisza [Z] realizujemy odpowiednio: dwu-, trzy-, lub czterokrotne powiększenie obrazów wokół ustawionych kursorów. Dopiero na powiększonym obrazie możemy dokonać właściwego pomiaru punktów homologicznych. Dokładne ustawienie kursora na wybranym punkcie można wykonać przy użyciu myszki lub klawiszy kierunkowych, przełączając się pomiędzy obu zdjęciami klawiszem [TAB]. Wykorzystując klawisze kierunkowe (strzałki) należy najpierw ustawić minimalny skok kursora poprzez wciśnięcie i przytrzymanie klawisza [-] klawiatury numerycznej tak długo, aż usłyszymy sygnał dźwiękowy. Praktycznie ustawienie kursora na punkcie należy zgrubnie wykonać z wykorzystaniem myszki, a precyzyjnie z wykorzystaniem klawiszy kierunkowych. Dla zwiększenia dokładności pomiaru należy wybrać najbardziej odpowiedni kolor [L] i kształt [X] kursora lub ograniczyć kursor do kropki [space]. Ten ostatni sposób wyświetlania kursora jest najczęściej stosowany. Po precyzyjnym ustawieniu obu kursorów na tym samym punkcie obu zdjęć dokonujemy jego rejestracji klawiszem [H]. Po wciśnięciu tego klawisza na ekranie pojawia się numer rejestrowanego punktu proponowany przez program; możemy go zaakceptować [ENTER] lub wpisać inny i dopiero wtedy zaakceptować [ENTER]. Na ekranie pojawi się zielony krzyżyk informujący o wykonanym pomiarze. Najlepiej jest zaakceptować numery podpowiadane przez program.
7. Zgodnie z opisaną wyżej częścią teoretyczną wystarczy w każdym z 6 rejonów Grubera pomierzyć tylko jeden taki sam punkt na obu zdjęciach, niemniej jednak ze względu na często występujące u niedoświadczonych obserwatorów błędy identyfikacji punktów najlepiej pomierzyć w każdym rejonie po 2 punkty. Postępowanie takie umożliwi bardzo szybkie znalezienie błędnej obserwacji po wykonaniu obliczeń elementów orientacji wzajemnej. Aby szybko pomierzyć w pobliżu drugi punkt najlepiej postępować następująco: wcisnąć klawisze [ALT]+[R] (powrót do skali 1:1) i wybrać wizualnie drugą parę punktów homologicznych. Dalej jak w p.2.
8. Po wykonaniu pomiaru dwóch punktów w pierwszym rejonie Grubera powracamy do wyboru kadru [V]. Po wyświetleniu pomniejszeń zdjęć ramki kadru umieszczamy w drugim rejonie Grubera (p.1). Warto zauważyć, że klawisz [*] powoduje wyświetlenie na pomniejszeniach oznaczeń wszystkich pomierzonych punktów, umożliwiając analizę poprawności wyboru rejonów pomiaru. Dalej

postępujemy identycznie jak w p.2 i p.3 dla tego nowego i wszystkich pozostałych czterech rejonów Grubera.

9. Po wykonaniu pomiaru wszystkich 12 punktów przystępuje się do wykonania obliczeń. [F6] – uruchomienie obliczeń. Akceptujemy proponowane przez program $X_0=0$ i $Y_0=0$ (współrzędne punktu głównego w układzie łącznic znaczków tłowych), wpisujemy z klawiatury wartość stałej kamery C_k i nie wprowadzamy dystorsji. Następnie, po analizie wyników wyznaczenia elementów orientacji wzajemnej po 5 iteracjach (tyle iteracji program wykonuje zawsze) akceptujemy lub nie kontynuowanie iteracji. Praktycznie obliczenie w pięciu iteracjach jest zawsze wystarczające. Na następnych ekranach widoczne są dane wejściowe do orientacji wzajemnej (X_0 , Y_0 i C_k), przyjęta przez program wielkość b_x , oraz obliczone wielkości b_y i b_z , $\Delta\omega$, $\Delta\phi$, $\Delta\kappa$. Podane są również elementy macierzy obrotu zdjęcia lewego w stosunku do prawego. Dla wszystkich wyznaczonych z przecięcia promieni homologicznych punktów podane są ich współrzędne X_m , Y_m , Z_m w przestrzennym układzie tłowym lewego zdjęcia (układzie modelu). Najważniejsze, dla analizy uzyskanych wyników są wielkości szcztątkowych błędów nie przecięcia się promieni jednoimiennych (paralaksy szcztątkowe). Program wylicza je w trzech kolumnach. W pierwszej podane są one w [mm] i obrazują wielkość wektora najmniejszej odległości pomiędzy promieniami w przestrzennym układzie modelu, w drugiej kolumnie, również w [mm] pokazane są wielkości z pierwszej przerzutowane na płaszczyznę zdjęcia. Natomiast w trzeciej są to te same wielkości co w kolumnie drugiej ale wyrażone w pikselach. Wielkość błędu średniego paralaksy poprzecznej wyrażonej w pikselach nie powinna być większa od 0.5 piksela. Jeżeli błąd jest dopuszczalny wychodzimy z obliczeń [F10] i akceptujemy uruchomienie trybu autogrametrycznego. Na ekranie pojawiają się fioletowe liczniki obrazujące współrzędne w przestrzennym układzie modelu. Od tego momentu paralaksa poprzeczna na modelu eliminowana jest automatycznie. Jeśli natomiast błąd szcztątkowej paralaksy jest większy od dopuszczalnego to należy na podstawie analizy indywidualnych odchyłek stwierdzić, który z punktów jest błędny i albo go usunąć albo pomierzyć nowy w jego miejsce. Jeśli odchyłki (paralaksy szcztątkowe) na bliskich sobie punktach będą miały duże wartości i różnic będą się znakami świadczyć to będzie o tym, że jeden z nich jest błędnie pomierzony. Ponieważ nie wiemy który to najlepiej usunąć jeden z nich (klawisz [H] i wprowadzić numer punktu do wyrzucenia ze znakiem minus), a następnie powtórzyć obliczenia. Jeśli błąd jest teraz dopuszczalny to znaczy, że został usunięty właściwy punkt, a jeśli nie to należy powtórzyć pomiar tego który pozostał. Dopuszczalne jest usunięcie punktu bez powtórnego pomiaru ponieważ pomierzyliśmy ich aż 12 (przy minimalnej liczbie 6). Natomiast nie jest dopuszczalne aby nie były reprezentowane wszystkie rejonu Grubera tzn, nie można usunąć obu punktów z żadnego rejonu. Dla wyświetlenia numeru punktu na zdjęciu należy użyć kombinacji klawiszy [ALT]+[8], a dla ich usunięcia klawisza [R].

Przebieg orientacji bezwzględnej na VSD

1. Dla wykonania orientacji bezwzględnej powinniśmy posiadać współrzędne geodezyjne XYZ co najmniej trzech fotopunktów oraz dane umożliwiające odszukanie tych punktów na zdjęciach. W przypadku fotopunktów sygnalizowanych wystarczy zaznaczyć rejon na odbitce stykowej (sygnalizacja jest na tyle jednoznaczna, że nie można się pomylić przy identyfikacji), natomiast w przypadku fotopunktu naturalnego (szczegół terenowy) należy posiadać szczegółowy opis fotograficzny na podstawie, którego można taki punkt jednoznacznie zidentyfikować na zdjęciu. W VSD współrzędne fotopunktów można wprowadzać z klawiatury lub zapisać do pliku, z którego program sam będzie pobierał współrzędne po wprowadzeniu numeru punktu. Plik taki powinien posiadać nazwę taką jak nazwa zadania w VSD i rozszerzenie *.pkt. Na podstawie odbitki stykowej lub opisu fotograficznego znajdujemy rejon fotopunktu na obu zdjęciach stereogramu tak samo jak znajdowaliśmy rejonu Grubera (patrz p.1 orientacji wzajemnej). Następnie powiększając obraz próbujemy odszukać sygnał lub szczegół będący fotopunktem. Po jego odnalezieniu należy postępować analogicznie do pomiaru punktu w orientacji wzajemnej (patrz p. 2) . Po precyzyjnym ustawieniu obu cursorów na tym samym fotopuncie obu zdjęć dokonujemy jego rejestracji klawiszem [G]. Po wciśnięciu tego klawisza na ekranie pojawia się tabelka do której należy wpisać numer fotopunktu i jego współrzędne. Jeśli posiadamy plik ze współrzędnymi to po wpisaniu numeru fotopunktu, wstawiamy współrzędne tego punktu zapisane w pliku klawiszem [INSERT]. Po zaakceptowaniu [ENTER]em danych z tabelki na ekranie pojawi się czerwony krzyżyk informujący o wykonanym pomiarze fotopunktu.

2. W taki sam sposób należy znaleźć i pomierzyć wszystkie fotopunkty na stereogramie.
3. Uruchomienie obliczenia orientacji bezwzględnej, czyli transformacji z układu modelu do układu terenowego wykonuje się klawiszem [F7]. Należy użyć wszystkich pomierzonych punktów oraz nie wprowadzać środków rzutów. Program wykonuje obliczenia i podaje następujące parametry: ilość fotopunktów, kąty omega, fi i kappa, współczynnik skali (możemy go traktować jako mianownik skali zdjęcia), współrzędne bieguna w obu układach, współrzędne obu środków rzutów, oraz odchyłki po transformacji zarówno w układzie terenowym jak i w układzie modelu. Dalej z tych odchyłek wyliczone są błędy średnie wpasowania punktów pomierzonych na modelu w punkty dane współrzędnymi terenowymi. Przyjmujemy, że błędy sytuacyjne MX i MY nie powinny przekraczać wielkości ± 1 piksela terenowego (piksel terenowy = piksel skanowania x mianownik skali zdjęcia), a błąd wysokościowy nie powinien być większy od $MZ = k \cdot MXY$, gdzie k - stosunek bazowy (ck/b). Jeżeli powyższe warunki dokładnościowe są spełnione to orientację bezwzględną należy uznać za zakończoną i wychodząc z obliczeń [F10], zatwierdzić obliczenie współczynników DLT i uruchomienie trybu autogrametrycznego. W wyniku uruchomienia trybu autogrametrycznego w układzie terenowym (wykonania orientacji bezwzględnej) na ekranie pojawią się żółte liczniki pokazujące współrzędne w układzie terenowym (geodezyjnym). Jeśli błędy są zbyt duże należy powrócić do pomiaru. Jeśli wyrzucimy z obliczeń punkt na którym są największe odchyłki i po powtórnych obliczeniach błędy są dopuszczalne to ten wyrzucony punkt należy powtórnie pomierzyć, lub sprawdzić czy nie zostały podane dla niego błędne wartości współrzędnych geodezyjnych. Do orientacji bezwzględnej należy użyć wszystkich dostępnych fotopunktów lub tylko wskazanych przez prowadzącego.

Ad. B. Stereodigitalizacja (wektoryzacja treści i pozyskanie danych do NMT)

Wprowadzenie do stereodigitalizacji

Na zestrojonym modelu możliwe jest realizowanie następujących pomiarów:

1. Wektoryzacja
 - wektoryzacja płaskich, poziomych obiektów (np. dachy budynków prostopadłościennych, linia brzegowa zbiorników wodnych itp.)
 - wektoryzacja dowolnych obiektów przestrzennych (np. obiekty wektoryzowane po powierzchni terenu, niepoziome dachy, itp.)
2. Pomiar wysokości obiektów
 - przez pomiar długości wektora pionowego (np. długość krawędzi pionowej budynku prostopadłościennego)
 - przez obliczenie różnicy wysokości znacznika pomiarowego umieszczonego na granicznych elementach (np. na terenie przy podstawie budynku i na kalenicy dachu itp.)
3. Pomiar odległości poziomych pomiędzy dowolnymi punktami.
4. Pomiar powierzchni poligonu zamkniętego.
5. Pomiar pikiet dla potrzeb Numerycznego Modelu Terenu.
6. Bezpośrednia wektoryzacja linii o stałej wysokości (warstwice).

W ramach zajęć obowiązuje wykonanie pomiarów opisanych w pierwszych 5 punktach.

Wszystkie pomiary powinny być wykonane z wykorzystaniem sztucznego efektu stereoskopowego i przestrzennego znacznika pomiarowego.

Instrukcja stereodigitalizacji na VSD

Przygotowanie

W pierwszym rzędzie należy ustawić poprawnie stereoskop przed monitorem tak, aby obserwacja stereoskopowa nie nastęrczała problemów. Wykonuje się to w następujący sposób:

- Wybrać na pomniejszeniach ten sam obszar na obu zdjęciach, (ramka) i wyświetlić go w skali 1:1 (klawisz [ENTER]),

- Ustawić znaczek pomiarowy monokularnie na tym samym punkcie na obu zdjęciach [TAB] i sprzągnąć znaczki [1] a następnie klawiszem [C] scentrować oba obrazy wokół tego samego punktu,
- Teraz należy poprzez odpowiednie nachylenie obu zwierciadeł stereoskopu uzyskać najbardziej naturalny efekt stereoskopowy. Jeśli obrazy rozdają się w kierunku pionowym (paralaksa poprzeczna) należy skrócić cały stereoskop w płaszczyźnie pionowej równoległej do ekranu monitora, do usunięcia tego efektu. Tak ustawiony stereoskop nie powinien być już zmieniany do końca pomiarów. Ponieważ nie wszyscy od razu dobrze będą widzieć stereoskopowo należy wiedzieć, że znaczek pomiarowy tylko wtedy znajduje się na powierzchni modelu stereoskopowego, kiedy znajduje się na tym samym punkcie na obu zdjęciach, co można łatwo sprawdzić monokularnie. Jeśli ktoś w ogóle nie widzi stereoskopowo to może prowadzić pomiar poprzez ustawianie niezależne znaczków pomiarowych na lewym i prawym zdjęciu na tych samych punktach. Mierzac w taki sposób należy pamiętać, że obserwator stacji fotogrametrycznej musi widzieć bardzo dobrze stereoskopowo, bo pomiar przestrzenny jest nie tylko o wiele szybszy i dokładniejszy od monokularnego, ale również możliwy w miejscach gdzie nie da się wyróżnić tych samych punktów na obu zdjęciach (np. pikietą na środku łąki) gdzie pomiar monokularny nie jest możliwy.

1. Wektoryzacja sytuacji na stereogramie:

Przed rozpoczęciem pomiarów wektorowych należy zdefiniować warstwę rysunkową [B] poprzez jej nazwę i kolor linii (R-czerwony, B-niebieski, G-zielony, Y-żółty, Cyjan, M-magenta, W-biały).

Podczas wektoryzacji używane są najczęściej następujące funkcje:

[P]-rejestracja punktów pośrednich polilinii, [K] – końcowy punkt polilinii lub wektora, [D] domknięcie poligonu (skapowanie, zatraskiwanie), [.] – dowiązanie do punktu na linii, [U] -usunięcie wskazanego wektora, [F1] i [F2] - zmiany wysokości kursora, [X], zmiana kształtu kursora, [L] – zmiana koloru kursora, [SPACE] – zastąpienie kursora kropką i odwrotnie, Budynki wektoryzuje się nie po przyziemiu lecz po dachach. Dach wektoryzowany jest w taki sposób aby na mapie 2D ukazany został poprawnie tzn. nie rysuje się niepotrzebnych linii np. kalenicy, a jedynie te krawędzie obrysu, które w rzucie na płaszczyznę X,Y dadzą poprawny widok budynku. Wszystkie inne szczegóły wektoryzowane są po ich właściwych krawędziach, lub osiach (drogi, linie energetyczne, granice skarp itp.) Wektoryzujemy w powiększeniu przynajmniej 2:1(klawisz [Z]). Jeśli dochodzimy z wektoryzacją do krawędzi obrazu przemieszczamy się dalej na modelu poprzez funkcję „centruj” [C].

Pierwszy punkt obiektu najlepiej ustawić monokularnie na obu zdjęciach ([TAB], [TAB], [1], [C]). Dopiero teraz obserwując model stereoskopowo należy skorygować położenie sytuacyjno wysokościowe znaczka przestrzennego.

• Realizacja ćwiczenia z wektoryzacji budynków

Należy znaleźć na modelu budynek z dachem płaskim i poziomym. Osadzić znaczek na jego narożniku w płaszczyźnie dachu i zarejestrować początek wektora. Jeśli dach jest poziomy rejestracja pozostałych narożników wymagać będzie jedynie przesunięcia kursora na kolejny narożnik i rejestracji kolejnego punktu poliginii, po dojściu do punktu pierwszego należy dowiązać wektor ostatni do pierwszego. Wizualną kontrolą poprawności przeprowadzonej wektoryzacji jest dokładne pokrywanie się narysowanych krawędzi dachu z ich obrazami zarówno na jednym jak i na drugim zdjęciu. Należy zwektoryzować **kilka takich budynków.**

Następnie należy znaleźć budynek o dachu dwu- lub wielospadowym. Postępowanie w tym przypadku różni się tym, że należy narysować tylko te wektory, które są konieczne dla poprawnego pokazania obrysu budynku. Również może zaistnieć konieczność zmiany wysokości znaczka pomiarowego pomiędzy kolejnymi narożnikami (narożniki dachu nie leżą na jednej wysokości). W ten sposób należy wektoryzować **kilka takich budynków.**

• Realizacja ćwiczenia z wektoryzacji dowolnego obiektu terenowego

Należy wybrać na modelu obiekt terenowy (np. droga, ulica, skarpa, itp.) i wektoryzować zgodnie z zasadami pomiaru dachu, pamiętając o tym, że przed rejestracją kolejnego punktu poligonu należy upewnić się, że znaczek znajduje on na powierzchni terenu. Można dla tego typu obiektów założyć nową warstwę

[B] –**dodaj warstwę**. Wystarczy narysować reprezentatywny fragment wybranego obiektu (np. nie jedną krawędź drogi, ale zawsze dwie krawędzie, itp.). Ogółem obiekt powinien zawierać **co najmniej 20 wektorów**.

2. Pomiary liniowe i powierzchniowe

• Ćwiczenie z pomiaru wysokości budynków.

Zwektoryzowanym wcześniej budynkom należy pomierzyć wysokości jedną z dwóch metod. Wysokość budynków prostopadłościennych można pomierzyć poprzez zwektoryzowanie jednej z jego krawędzi pionowych (jeśli są widoczne). Następnie na lewym zdjęciu należy wskazać kursorem ten wektor i klawiszem [I] włączyć funkcję pomiaru długości wektora. Odczytać wysokość budynku na ekranie i zapisać w zeszycie.

Druga metoda polega na odczytaniu z licznika „Z” współrzędnych terenowych, gdy znaczek osadzony jest na dachu a następnie na terenie u podnóża budynku. Z różnicy wysokości, należy określić wysokość obiektu i zapisać w zeszycie. **Należy pomierzyć dwoma metodami wysokość przynajmniej jednego budynku.** W sprawozdaniu należy odnieść się do uzyskanych wyników z porównania obu metod.

• Ćwiczenie z pomiaru odległości (czołówek) i powierzchni (budynku)

Na podstawie zwektoryzowanych dachów należy określić długości czołówek. Wykonuje się to tak samo jak pomiar wysokości budynku metodą wektorową. Teraz wskazuje się na lewym zdjęciu wybrany wektor obrysu. W przypadku budynków o kształcie prostokąta przeciwległe boki powinny być identyczne. Należy sprawdzić czy różnica jest dopuszczalna. Przyjmujemy, że nie może ona być większa niż 1 piksel w skali terenowej. Jeśli jest większa należy poprawić wektoryzację tego obiektu. Pomiar powierzchni poligonu zamkniętego wykonuje się następująco: na lewym zdjęciu wskazać kursorem jeden z wektorów poligonu zamkniętego, a następnie wcisnąć [=]. Na ekranie pojawi się powierzchnia tego poligonu, którą należy zanotować. Jeśli to nie nastąpi to znaczy, że poligon nie został domknięty i należy powtórnie go obwieść domykając na końcu.

Należy określić długości czołówek i powierzchnię dla przynajmniej jednego budynku.

Wprowadzenie do NMT- podstawowe pojęcia

1. Definicja Numerycznego Modelu Terenu (Gaździcki):

„NMT to numeryczna reprezentacja powierzchni terenowej utworzonej zazwyczaj poprzez zbiór odpowiednio wybranych punktów tej powierzchni oraz **algorytmy interpolacyjne** umożliwiające odtworzenie jej kształtu w określonym obszarze”

2. Numeryczny Model terenu a Numeryczny Model Rzeźby Terenu.

3. Najczęściej stosowane metody przestrzennej reprezentacji powierzchni:

- TIN (Triangular Irregular Network) - reprezentacja w postaci elementów powierzchniowych będąca siecią nieregularnych trójkątów opartych na punktach pomiarowych;

- regularna siatka (kwadratów, prostokątów, trójkątów) uzupełniona o punkty reprezentujące formy terenowe, takie jak:

- linie szkieletowe (grzbiety, cieki)
- linie nieciągłości (skarpy, urwiska)
- powierzchnie wyłączeń (wody, zabudowa, lasy)
- ekstremalne pikiety (wierzchołki, dna).

4. Metody pozyskiwania danych do NMT:

- metoda bezpośredniego pomiaru terenowego (tachimetria elektroniczna albo techniki GPS),

- metoda kartograficzna (poprzez przetwarzanie istniejących opracowań mapowych),
- metoda fotogrametryczna (poprzez opracowanie zdjęć lotniczych lub obrazów satelitarnych),
- lotniczy skaning laserowy (tzw. LIDAR),
- metoda interferometrii radarowej - InSAR.

5. Dokładności pomiaru metodami fotogrametrycznymi.

$m_{X,Y \text{ pom}} = \pm 0.5$ piksela terenowego

$m_{Z \text{ pom}} = \pm 0.5$ piksela terenowego * stosunek bazowy (W/B lub c_k/b)

Dokładność NMT to błąd średni wysokości wyinterpolowanej z wynikowego NMT.

Na błąd ten składają się:

- błędy pomiaru wysokości punktów,
- gęstość pomiaru punktów,
- charakter terenu.

$$m_z^2_{DTM} = m_z^2_{\text{pom.}} + (\alpha * d)^2$$

gdzie: m_z_{DTM} - błąd średni wyinterpolowanej wysokości,

m_z_{pom} - błąd średni danych pomiarowych,

d - średnia odległość punktów pomiarowych

α - współczynnik opisujący charakter terenu (0.004-0.007 dla terenów łatwych 0.01-0.02 dla terenów średnich 0.022-0.044 dla terenów trudnych)

Wykonanie pomiarów na VSD

- wczytanie projektu i ramki z zakresem opracowania (*ramka.map*),
- próby posadowienia znacznika mierzącego w zakresie ramki,
- wczytanie punktów wygenerowanych automatycznie (*punkty.pnt*),
- kontrola poprawności automatycznego generowania i ewentualna korekta,
- wczytanie warstwicy celem sprawdzenia czy wszystkie miejsca zostały poprawione (*warstwice.map*),
- ponowna kontrola modelu i korekta w miejscach, gdzie warstwica odbiega od terenu,
- pomiar linii nieciągłości,
- pomiar „nowych” pikiet w dolnej ramce,
- całościowa kontrola modelu,
- zapis wyników pracy w VSD.

1. Wczytanie swojego projektu (zestrojony stereogram 16497_16498) i ramki z zakresem opracowania (*ramka.map*) -> klawisz „E” (wczytanie pliku z rozszerzeniem *.map, po akceptacji „enter”-em). Ramka obejmuje zakres opracowania. Górny prostokąt zawiera fragment, gdzie pikiety zostały wygenerowane automatycznie. Dolna ramka zwiera obszar, gdzie należy pomierzyć pikiety wysokościowe.

Ćwiczenie zaczynamy od próby posadowienia znacznika mierzącego w dolnym prostokącie ramki. Po wstawieniu kilku pikiet, należy poprosić prowadzącego o skontrolowanie. Po uzyskaniu akceptacji można przystąpić do dalszej części tematu.

2. Wczytanie pliku *punkty.pnt* poprzez klawisze „ALT + j”. W ramce górnej powinny pojawić się punkty (317 pikiet wysokościowych) wygenerowane automatycznie na stacji fotogrametrycznej SocetSet o siatce 15 m. Należy je przeglądać i sprawdzić pod kątem ich prawidłowego położenia. W przypadku błędnej wysokości, należy dany punkt usunąć (wcześniej sprawdzając jego nr poprzez „ALT + SHIFT + 8”). Usuwanie błędnej pikiety odbywa się poprzez klawisz „J” i wpisanie nr punktu ze znakiem minus „-”. Pomiar nowej pikiety „J”. Numery poprawianych punktów należy zanotować w zeszycie i podać później w sprawozdaniu.

3. Celem sprawdzenia poprawności modelu należy wczytać plik *warstwic.map* -> „E”. Po wczytaniu sprawdzić czy jest potrzeba domierzania jeszcze pikiet czy ewentualnie dorysowania linii nieciągłości (*breaklines*). Linie nieciągłości (np. skarpy w górnej części modelu) należy zwektoryzować po uprzednim założeniu odpowiedniej warstwy (klawisz „B”). Po wykonaniu prac wyniki pokazać prowadzącemu. Po jego akceptacji można przystąpić do następnego punktu.
4. Na zakończenie należy wstawić pikiety w ramce dolnej zachowując ciągłość modelu tj. odległości 15 m od dolnego rzędu pikiet wygenerowanych automatycznie.
5. Zapisanie wyników pracy. Przy wyjściu z VSD (klawisz „Q”) program pyta o zapisanie rysunku wektorowego. Należy potwierdzić i zapisać jako *Nazwisko_Studenta.map*, następnie odpowiednio **.abs* i **.dxf*.

Sprawozdanie winno zawierać:

z części tematu: strojenia stereogramu zdjęć lotniczych

Krótki opis przeprowadzonych prac z rozbiciem na etapy i odwołaniem do załączników (wydruków plików wynikowych pobranych ze swojego katalogu roboczego). Odwołanie powinno dotyczyć uzyskanych dokładności z informacją o jakości uzyskanych wyników. W opisie należy podać liczbę pomierzonych punktów i przebieg obliczeń (ilość odrzuconych z obliczeń punktów itp.)

W formie załączników dołączyć należy zawartość plików: *or_int.wyn*, *or_rel.wyn*, i *or_abs.wyn*,

Proszę nie pisać teorii, nie przepisywać tekstu konspektu i nie opisywać używanych klawiszy VSD. Sprawozdanie powinno obejmować podanie celu, materiałów wyjściowych, przebiegu prac, oraz podanie najważniejszych informacji zawartych w plikach wynikowych. W treści sprawozdania należy się odwoływać do załączników, które powinny posiadać swoje numery.

z części tematu: stereodigitalizacja:

Krótki opis przeprowadzonych prac z załączeniem zrzutu (slajdu) zwektoryzowanej części modelu oraz dodatkowo wydruku z pliku „*.dxf” oraz wykazu pikiet wysokościowych zawartych w pliku *NazwaProjektu.or*. Jeżeli w czasie pomiaru pikiet do utworzenia NMT narysowano również wektory przedstawiające linie nieciągłości należy do sprawozdania dołączyć zrzut z ekranu przedstawiający położenie tych linii a do załączników pik „*.dxf” z zapisem tych linii.

Do sprawozdania i załączników należy dołączyć pliki projektu takie jak: *NazwaProjektu.cfg*, *NazwaProjektu.lu* i *NazwaProjektu.vfp*,

Załącznik 1.

Parametry techniczne kamery VEXCEL UltraCam Xp.

Format obrazu	podłużny	67.860 mm	11310 pikseli
	poprzeczny	103.860 mm	17310 pikseli
Rzeczywisty obraz		(-33.91, -51.95) mm	(33.91, 51.95) mm
Rozmiar piksela		6.000 μm * 6.000 μm	
Stała kamery	ck	100.500 mm	+/- 0,002 mm
Punkt główny	X_ppa=x ₀	-0.18 mm	+/- 0,002 mm
	Y_ppa=y ₀	0.12 mm	+/- 0,002 mm
Dystorsja obiektywu	Dystorsja szczątkowa poniżej 0,002 mmm		

Współrzędne naroży skrajnych pikseli nastawiane do orientacji wewnętrznej

1 (lewy górny) 0 0

2 (prawy górny) 11310 0

3 (prawy dolny) 11310 -17310

4 (lewy dolny) 0 -17310

Załącznik 2

Przydział fotopunktów.

Nr studenta	Fotopunkty do orientacji bezwzględnej
1	11, 22, 31, 51,62
2	11, 22, 41, 51,62
3	12, 21, 31, 52,61
4	12, 21, 41, 52,61
5	11, 21, 31, 52,62
6	11, 21, 41, 52,62
7	12, 22, 31, 51,61
8	12, 22, 41, 51,61
9	11, 22, 31, 51, 61
10	11, 22, 41, 51, 61
11	12, 21, 31, 51, 62
12	12, 21, 41, 51, 62
13	11, 22, 31, 52, 62
14	11, 22, 41, 52, 62
15	12, 21, 31, 52, 62
16	12, 21, 41, 52, 62

Wykaz współrzędnych fotopunktów

Nr pkt.	X	Y	Z
11	588362.84	233372.42	273.14
12	588415.07	233095.84	267.08
21	589429.15	233354.74	241.61
22	589412.71	233133.26	236.25
31	588259.80	231611.96	263.73
41	589504.24	231662.67	228.88
51	588329.96	230292.58	221.51
52	588294.64	229898.60	228.88
61	589536.37	230270.18	222.85
62	589614.11	229881.61	225.53



Rozmieszczenie fotopunktów na modelu