

A. Wpływ deniwelacji terenu na niejednorodność skali zdjęcia lotniczego (kartometryczność zdjęcia)

Cel:

Zapoznanie z problematyką kartometryczności zdjęcia. Opanowanie pojęć: zdjęcie ściśle pionowe, zdjęcie prawie pionowe (nachylone), przesunięcia radialne punktów na zdjęciu, promień radialny, maksymalne prognozowane przesunięcia radialne, średnia płaszczyzna odniesienia, dokładność fotomapy (ortofotomapy).

Materiały i narzędzia do wykonania ćwiczenia:

Zdjęcie lotnicze w postaci cyfrowej terenu rejonu Beskidu Sądeckiego (Wola Łużańska), format 23 x 23 cm, piksel skanowania 25 μm, stała kamery 153,17 mm (teren_g.tif)

Zdjęcie lotnicze w postaci cyfrowej rejonu Nowa Huta, format 23x23 cm, piksel skanowania 25 μm, stała kamery 152,40 mm (teren_n.tif)

Mapa topograficzna rejonu Beskidu Sądeckiego w skali 1:10 000

Mapa topograficzna rejonu Nowa Huta w skali 1:10 000

Program Gimp lub VSD

Mapy topograficzne terenów przedstawionych na zdjęciach w postaci cyfrowej lub papierowej. (mapa_g.tif i mapa_n.tif). **Piksel skanowania 0.070 mm**

Wyżej wymienione pliki znajdują się w katalogu **tify**.

Zdjęcie lotnicze w formie źródłowej lub wstępnie przetworzonej zarówno w postaci odbitki stykowej jak i zeskanowanego negatywu, może dostarczyć wielu informacji o geometrii obiektów na nim odwzorowanych. Może służyć na przykład do aktualizacji mapy topograficznej, do prac związanych z projektowaniem inwestycyjnym, kartowaniem wyników interpretacji i odczytania zdjęć, itd.

Dla świadomego korzystania z pomiarów na zdjęciach lotniczych należy, zdawać sobie sprawę z dokładności naszych pomiarów, czyli kartometryczności zdjęcia które używamy. Przez kartometryczność zatem będziemy uważać dokładność z jaką odwzorowane na zdjęciu punkty odpowiadają położeniu na mapie w takiej samej skali jak zdjęcie. Inaczej mówiąc z jaką dokładnością punkty odwzorowane na zdjęciu w rzucie środkowym odpowiadają mapie w rzucie prostokątnym (ortogonalnym). Wiadomo, że warunek taki jest spełniony tylko wtedy, gdy teren jest płaski i poziomy, a zdjęcie ściśle pionowe (płaszczyzna zdjęcia równoległa do terenu). W każdym innym przypadku (a z takimi zazwyczaj mamy do czynienia) położenie punktu na zdjęciu od położenia punktu na mapie będzie się różnić o tzw. przesunięcie radialne Δr (rys1). Przesunięcia takie spowodowane są niepłaskością terenu (deniwelacjami terenu) oraz nachyleniem zdjęcia (niepionowością osi kamery). Nachylenie zdjęcia można stosunkowo prosto wyeliminować poprzez przekształcenie zdjęcia metodą transformacji rzutowej (przekształcenia rzutowego). W tym celu należy znać na zdjęciu i mapie cztery pary homologicznych punktów dostosowania. Po wykonaniu takiego przetworzenia, nowe, przetworzone zdjęcie możemy traktować jako ściśle pionowe i obarczone wpływem jedynie błędów deniwelacji terenu. W dalszych naszych rozważaniach przyjmujemy, że zdjęcia są już ściśle pionowe.

Wpływ deniwelacji terenu na przemieszczenie punktów na zdjęciu w stosunku do rzutu środkowego odpowiadającego ich poprawnemu położeniu na płaszczyźnie odniesienia (rys1) wyraża się wzorem (1):

$$\Delta r = \frac{\Delta h \cdot r}{W} \quad (1)$$

gdzie:

Δr jest przesunięciem radialnym względem punktu nadirowego (dla zdjęć ściśle pionowych pokrywającego się z punktem głównym zdjęcia),

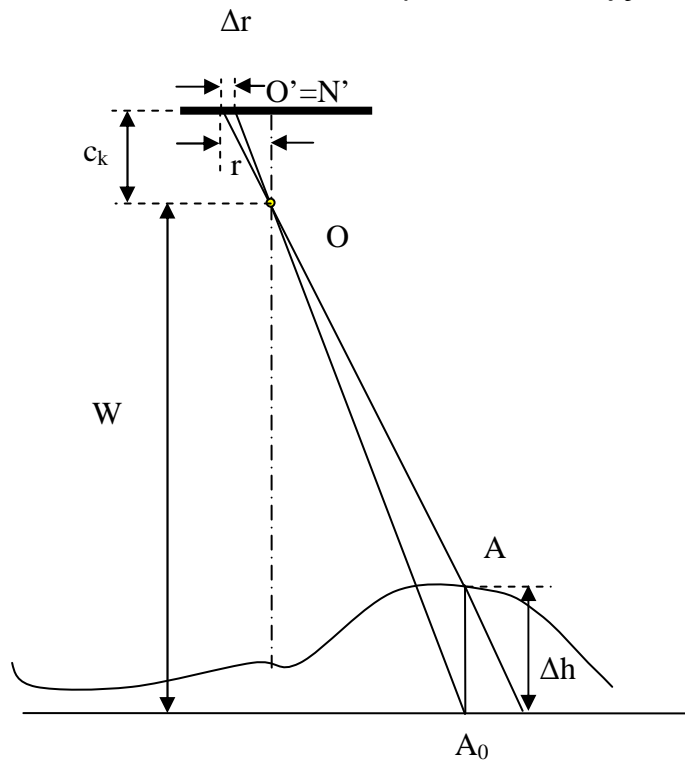
Δh – wysokościowe położenie punktu ponad płaszczyznę odniesienia,

r – promień radialny punktu – długość odcinka między punktem nadirowym = punktem głównym zdjęcia a rozpatrywanym punktem na zdjęciu,

W – wysokość lotu ponad płaszczyznę odniesienia.

Jeśli chcemy wykorzystać zdjęcie jako materiał kartometryczny (czyli fotomapę), musimy sobie zdawać sprawę z odstępstw jego punktów od ich położenia w rzucie ortogonalnym. Jeśli maksymalne przesunięcie radialne Δr_{\max} na zdjęciu będzie mniejsze lub równe maksymalnej dopuszczalnej odchyłce σ_{\max} dla fotomapy to takie zdjęcie możemy uznać za fotomapę o skali równej skali zdjęcia.

Jak widać ze wzoru (1) przesunięcia radialne są wprost proporcjonalne do różnic wysokości i wielkości promienia radialnego, a odwrotnie proporcjonalne do wysokości lotu. Wynika z tego, że największe błędy występują na skraju zdjęcia (r_{\max}) i dla punktów o ekstremalnych wysokościach w terenie (H_{\max} i H_{\min}). W pobliżu środka zdjęcia błędy są najmniejsze. Na dokładność zdjęcia ma również wpływ jego skala. Im jest ona mniejsza (W – większe) tym dokładność odwzorowania punktów na zdjęciu większa (Δr mniejsze).



Rys. 1

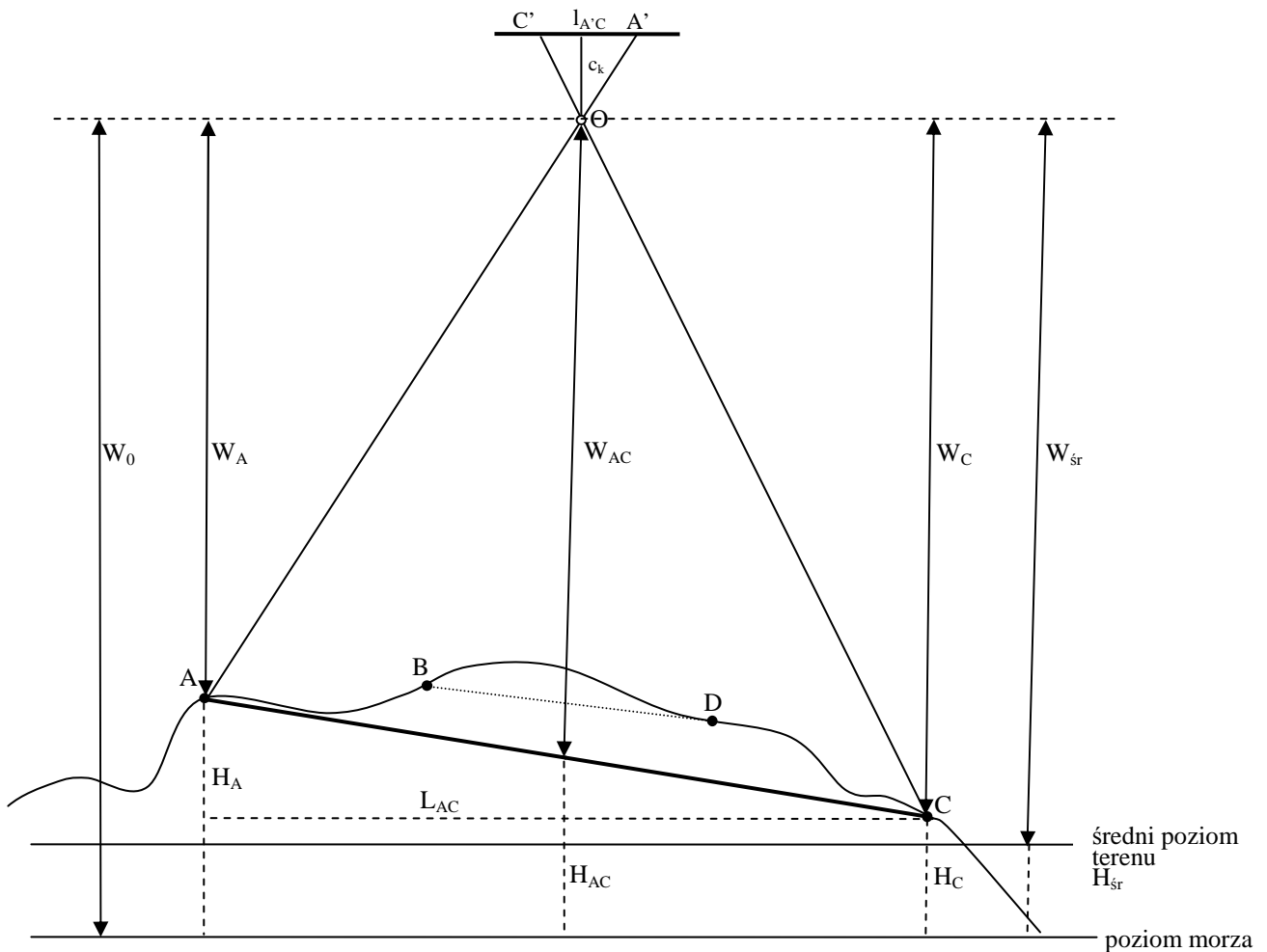
Badanie kartometryczności obejmuje:

1. Wyznaczenie skali zdjęcia i wysokości lotu z wykorzystaniem mapy topograficznej (lub ortofotomapy)

2. Określenie przesunięć radialnych dla punktów o ekstremalnych wysokościach
3. Określenie maksymalnych, prognozowanych przesunięć radialnych spowodowanych deniwelacjami terenu
4. Określenie prognozowanej powierzchni zdjęcia odpowiadającej kryterium dokładności fotomapy
5. Obliczenie wielkości dopuszczalnych deniwelacji terenu dla spełnienia warunku kartometryczności zdjęcia.

Ad 1 Wyznaczenie skali zdjęcia - realizacja

- a. Dokonanie wyboru dwóch jak najdłuższych odcinków symetrycznych w stosunku do punktu głównego, możliwych do jednoznacznego rozpoznania na zdjęciu i mapie,
- b. Pomiar długości tych odcinków w układzie pikselowym na zdjęciu (VSD, Gimp),
- c. Określenie długości terenowej tych odcinków z mapy topograficznej (ortofotomapy) lub ze współrzędnych,
- d. Obliczenie skali w jakiej każdy z odcinków odfotografował się na zdjęciu,
- e. Obliczenie wysokości lotu ponad średni poziom tych odcinków,
- f. Obliczenie średniej wysokości absolutnej lotu (ponad poziom morza),
- g. obliczenie średniej wysokości terenu $H_{sr} = (H_{max} + H_{min})/2$,
- h. Obliczenie wysokości lotu ponad średni poziom terenu W_s
- i. Obliczenie średniej skali zdjęcia,
- j. Obliczenie maksymalnej i minimalnej skali zdjęcia
- k. Obliczenie punktowej skali zdjęcia dla czterech pomierzonych końców odcinków,



Oznaczenia:

L_{AC} - terenowa odległość między punktami A i C z pomiaru na mapie

$l_{A'C'}$ - długość odcinka $A'C'$ na zdjęciu

H_{AC} - średni poziom odcinka AC

W_{AC} - wysokość lotu ponad średni poziom odcinka AC

H_{sr} - średni poziom terenu określony na podstawie mapy $H_{sr} = (H_{max} + H_{min})/2$

W_{sr} - wysokość lotu ponad średni poziom terenu

$W_{A...D}$ - wysokość lotu ponad określony punkt A...D

$H_{A...D}$ - wysokość punktu A...D

Obliczenia:

1. Wyznaczenie skali zdjęcia dla średniego poziomu odcinka AC oraz BD

$$m_{z_{AC}} = \frac{L_{AC}}{l_{A'C'}} \qquad m_{z_{BD}} = \frac{L_{BD}}{l_{B'D'}} \qquad (2)$$

2. Wyznaczenie wysokości lotu ponad średni poziom odcinka AC i BD

$$W_{AC} = m_{z_{AC}} \cdot c_k \qquad W_{BD} = m_{z_{BD}} \cdot c_k \qquad (3)$$

3. Wyznaczenie wysokości absolutnej lotu

$$W_0^{AC} = W_{AC} + H_{AC} \qquad W_0^{BD} = W_{BD} + H_{BD} \qquad (4)$$

stąd:

$$W_0 = \frac{W_0^{AC} + W_0^{BD}}{2} \qquad (5)$$

4. Wyznaczenie mianownika średniej skali zdjęcia

$$m_{z_{\acute{s}r}} = \frac{W_0 - H_{\acute{s}r}}{c_k} \qquad (6)$$

5. Wyznaczenia ekstremalnych mianowników skali zdjęcia m_{\max} , m_{\min}

$$m_{\max} = \frac{W_0 - H_{\min}}{c_k} \qquad (7)$$

$$m_{\min} = \frac{W_0 - H_{\max}}{c_k} \qquad (8)$$

6. Wyznaczenia mianowników skali dla wszystkich punktów (A,B,C,D)

$$m_{z_A} = \frac{W_0 - H_A}{c_k} \qquad (9)$$

$$m_{z_B} = \frac{W_0 - H_B}{c_k}$$

Po wykonaniu tych obliczeń należy przeanalizować wartości skal zdjęcia dla różnych wysokości punktów i wysokości lotu i napisać wnioski pokazujące zależność pomiędzy wysokością lotu, wysokością punktów a skalą zdjęcia.

Ad 2)

Aby określić przesunięcia radialne punktu na zdjęciu powinniśmy znać różnicę wysokości tego punktu od poziomu odniesienia, wysokość lotu ponad ten poziom oraz wielkość promienia radialnego tego punktu na zdjęciu. Dla określenia przesunięć radialnych punktów zdjęcia o ekstremalnych wysokościach H_{\max} i H_{\min} posiadamy już wszystkie te dane poza wielkością promieni radialnych do tych punktów. Promień radialny to odcinek pomiędzy punktem nadirowym zdjęcia (w naszym przypadku punktem głównym) a obrazem danego punktu na zdjęciu.

Wyznaczenie wielkości promieni radialnych należy przeprowadzić na obrazie cyfrowym zdjęcia w następujący sposób:

- wyznaczyć położenie punktu głównego zdjęcia jako punktu przecięcia dwóch przekątniowych łącznic znaczków tłowych.
- Narysować wektory promieni radialnych zawarte pomiędzy punktem głównym a analizowanym ekstremalnym wysokościowo punktem zdjęcia. Zmierzyć długości poszczególnych promieni radialnych w pikselach.
- Przeliczyć wielkość promienia radialnego na mm w skali zdjęcia z wykorzystaniem znajomości wielkości piksela skanowania.

Należy teraz wyliczyć wielkości przesunięć radialnych na zdjęciu dla punktów o ekstremalnych wysokościach i zastanowić się dlaczego pomimo takich samych różnic wysokości od płaszczyzny odniesienia mają inne przesunięcia radialne i dlaczego różnią się od siebie znakiem.

Ad 3)

Aby określić maksymalne prognozowane przesunięcia radialne punktów na zdjęciu powinniśmy znać maksymalną różnicę wysokości od poziomu odniesienia, wysokość lotu ponad ten poziom oraz maksymalną wielkość promienia radialnego na zdjęciu.

Analogicznie do wzoru (1) można napisać, że $\pm \Delta r_{\max} = \frac{\pm \Delta h_{\max} \cdot r_{\max}}{W_{sr}}$ (10)

Dla określenia maksymalnych prognozowanych przesunięć radialnych punktów zdjęcia o ekstremalnych wysokościach terenowych H_{\max} i H_{\min} posiadamy już wszystkie te dane poza wielkością maksymalnego promienia radialnego na zdjęciu. Przyjmuje się go arbitralnie jako połowę przekątnej formatu zdjęcia (największy promień radialny). Po obliczeniu maksymalnych prognozowanych przesunięć radialnych na zdjęciu należy pamiętać, że wyliczona wielkość jest wartością bezwzględną dlatego występujące na zdjęciu wartości przesunięć radialnych mogą przyjmować wartości z przedziału od $+\Delta r_{\max}$ do $-\Delta r_{\max}$. Teraz należy porównać obliczony przedział wielkości $\pm \Delta r_{\max}$ z obliczonymi wcześniej wielkościami Δr dla punktów o ekstremalnych wysokościach i skomentować ich wzajemną zależność.

Ad 4)

Zgodnie z Wytocznymi Technicznymi: ZASADY WYKONYWANIA ORTOFOTOMAP W SKALI 1:10000, jako maksymalną wartość odchyłki na ortofotomapie pomiędzy punktem na fotomapie a jego prawdziwymi współrzędnymi terenowymi przyjmuje się wielkość $\sigma = 0.6\text{mm}$ w skali fotomapy. Jeśli przyjmiemy tę wielkość jako kryterium kartometryczności zdjęcia $\sigma = \Delta r$, to możemy po przekształceniu wzoru (1) wyliczyć promień radialny opisujący na zdjęciu koło, w którym zawarte punkty zdjęcia spełniać będą kryterium kartometryczności. Promień taki obliczamy tylko wtedy, jeśli σ jest mniejsza od Δr_{\max} w innym razie całe zdjęcie możemy traktować jako fotomapę o skali równej skali zdjęcia.

Przy założeniu $\sigma = \Delta r$, obliczamy:

$$r_{\max} = \frac{\sigma \cdot W_{sr}}{\Delta h_{\max}} \quad (11)$$

Po wyznaczeniu wielkości promienia należy obliczyć teraz powierzchnię zdjęcia, która możemy traktować jako fotomapę i porównać ją do całkowitej powierzchni zdjęcia. Należy podać w procentach, jaka część zdjęcia spełnia kryterium kartometryczności σ , czyli inaczej jaką część zdjęcia możemy uznać za fotomapę.

Ad 5)

Wykonane wcześniej badanie kartometryczności odpowiada na pytanie jaka część analizowanego zdjęcia lotniczego może być traktowana jako mapa fotograficzna w skali zdjęcia o dokładności $\pm\sigma$. Przeprowadzona analiza dotyczy zdjęcia w określonej skali, wykonanego kamerą o znanym stożku na którym odfotografowany został teren o znanej rzeźbie. Spróbujmy odpowiedzieć na pytanie kiedy dla zdjęć o tych samych parametrach skali i ogniskowej obiektywu całe zdjęcie będziemy mogli nazwać fotomapą. Oczywiście zależeć to będzie od deniwelacji terenu odfotografowanego na tym zdjęciu. Jeśli przekształcimy wzór (2) w taki sposób, że za wielkość $\pm\Delta r_{\max}$ przyjmiemy $\pm\sigma$ to możemy wyznaczyć maksymalną deniwelację terenową $\pm\Delta H_{\max}$ odpowiadającą za spełnienie warunku kartometryczności. Po przekształceniu wzór (2) przybierz postać:

$$\pm \Delta H_{\max} = \frac{\pm \sigma \cdot W_{sr}}{r_{\max}} \quad (12)$$

Po wykonaniu obliczenia należy w sprawozdaniu sformułować poprawny wniosek wiążący obliczoną wielkość deniwelacji z geometria zdjęcia

Realizacja tematu: Ocena kartometryczności zdjęcia lotniczego

Temat jest tematem indywidualnym, wykonywanym w trakcie czterech godzin zajęć laboratoryjnych. Do dyspozycji każdego studenta są dwa zdjęcie cyfrowe i odpowiadające im mapy topograficzne w skali 1:10 000 w postaci papierowej. Do dyspozycji są również mapy w postaci cyfrowej udostępniane w Internecie na stronach Geoportalu.

Sprawozdanie z wykonania tematu obejmuje wyniki oceny kartometryczności dla obydwu zdjęć lotniczych oraz wnioski wynikające z tych badań

B. Określenie wysokości pionowego obiektu na zdjęciu lotniczym

Z pojedynczego zdjęcia można wyznaczyć wysokości pionowych obiektów spełniających kryterium widoczności na zdjęciu zarówno góry jak i podnóża obiektu. Obiektami takimi mogą być np. słupy, pionowe krawędzie budynków, kominy itp.

Wysokość obiektu można wyznaczyć ze wzoru:

$$\Delta h = \frac{\Delta r \cdot W_D}{r} \quad (15)$$

gdzie Δh – jest wyznaczaną wysokością

r - promień radialny do górnego punktu obiektu

W_D – wysokość lotu nad poziom podstawy obiektu, $W_D = H_0 - H_D$

H_0 – wysokość absolutna lotu,

H_D – wysokość podstawy obiektu.

Widoczny na zdjęciu odcinek zawarty pomiędzy górą i podnóżem obiektu, jest niczym innym tylko przesunięciem radialnym góry w stosunku do dołu. Jeśli wiemy, że jest to przesunięcie radialne to możemy na zdjęciu sprawdzić czy spełnione są warunki przyjęte w poprzedniej części tematu bez wizualnego dowodu. A mianowicie, czy przesunięcia radialne krawędzi budynków (długości odcinków krawędzi) rosną wraz z

wielkością promienia radialnego oraz czy kierunek krawędzi pokrywa się z kierunkiem promienia radialnego?

Należy przeanalizować widok budynków o takiej samej ilości kondygnacji na środku zdjęcia ($r \approx 0$), w połowie obszaru ($r \approx 50-70\text{mm}$), i w pobliżu ramki ($r \geq 100\text{mm}$) i przeanalizować wizualnie długości ich pionowych krawędzi. Również dla kilku obiektów, w różnych miejscach zdjęcia, narysować promień radialny do góry obiektu i sprawdzić czy dolny punkt znajduje się również na tym promieniu. Wnioski z tych badań należy umieścić w sprawozdaniu.

Realizacja tematu:

Temat wykonywany jest indywidualnie. W części pierwszej skalę zdjęcia należy wyznaczyć na podstawie pomiaru długości co najmniej 2 odcinków pomiędzy podanymi fotopunktami. Ich optymalnym rozmieszczeniem jest usytuowanie wzdłuż przekątnych zdjęcia, punkty odcinków winny znajdować się po obu stronach punktu głównego zdjęcia. Wysokość lotu ponad średnią płaszczyznę odniesienia należy obliczyć w sposób podany w części A tematu. Za średnią wysokość płaszczyzny odniesienia należy przyjąć średnią policzoną z granicznych wysokości fotopunktów.

Należy pomierzyć na zdjęciu promień radialny r do góry obiektu oraz przesunięcie radialne Δr góry względem dołu. Za wysokość H_D podnóża obiektu należy przyjąć wysokość najbliższego fotopunktu. Wielkość W_0 potrzebna do obliczeń zostaje wyznaczona wcześniej przy określaniu skali zdjęcia.

Przebieg ćwiczenia:

1. Wprowadzenie
2. Zapoznanie się z materiałami.
3. Pomiary niezbędne dla uzyskania szukanych wielkości.

Materiały do wykonania ćwiczenia:

Zdjęcie lotnicze w postaci cyfrowej (lotnicze.tif)

Wykaz współrzędnych fotopunktów (dane_zdj_cia.txt)

Lokalizacja fotopunktów (lokalizacja_fotopunkt_w.jpg)

Wyżej wymienione pliki znajdują się: klon\vsd\pomiar_wysokosci