

# Badanie kartometryczności zdjęcia lotniczego

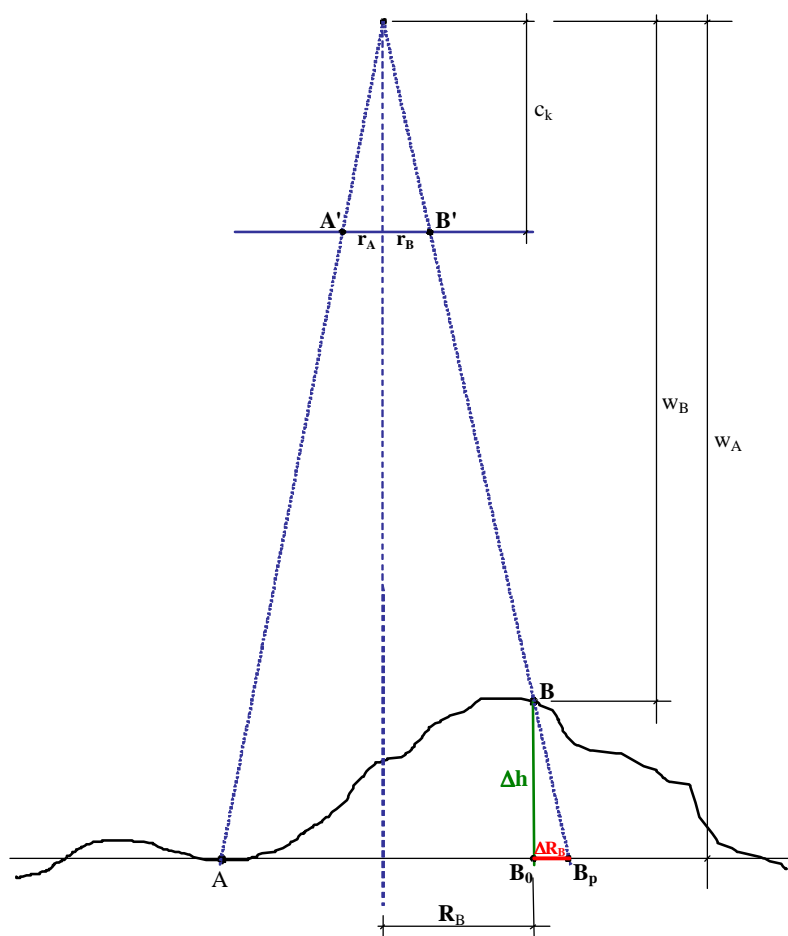
## Wstęp

Aby skorzystać z pomiarów na zdjęciach należy, zdawać sobie sprawę z ich kartometryczności. Jak wiadomo, zdjęcie wykonane kamerą fotogrametryczną jest rzutem środkowym.

Skala obrazu na zdjęciu fotograficznym opisana jest wzorem:

$$1 : m_z = c_k : W$$

gdzie  $W$  – wysokość lotu ponad terenem



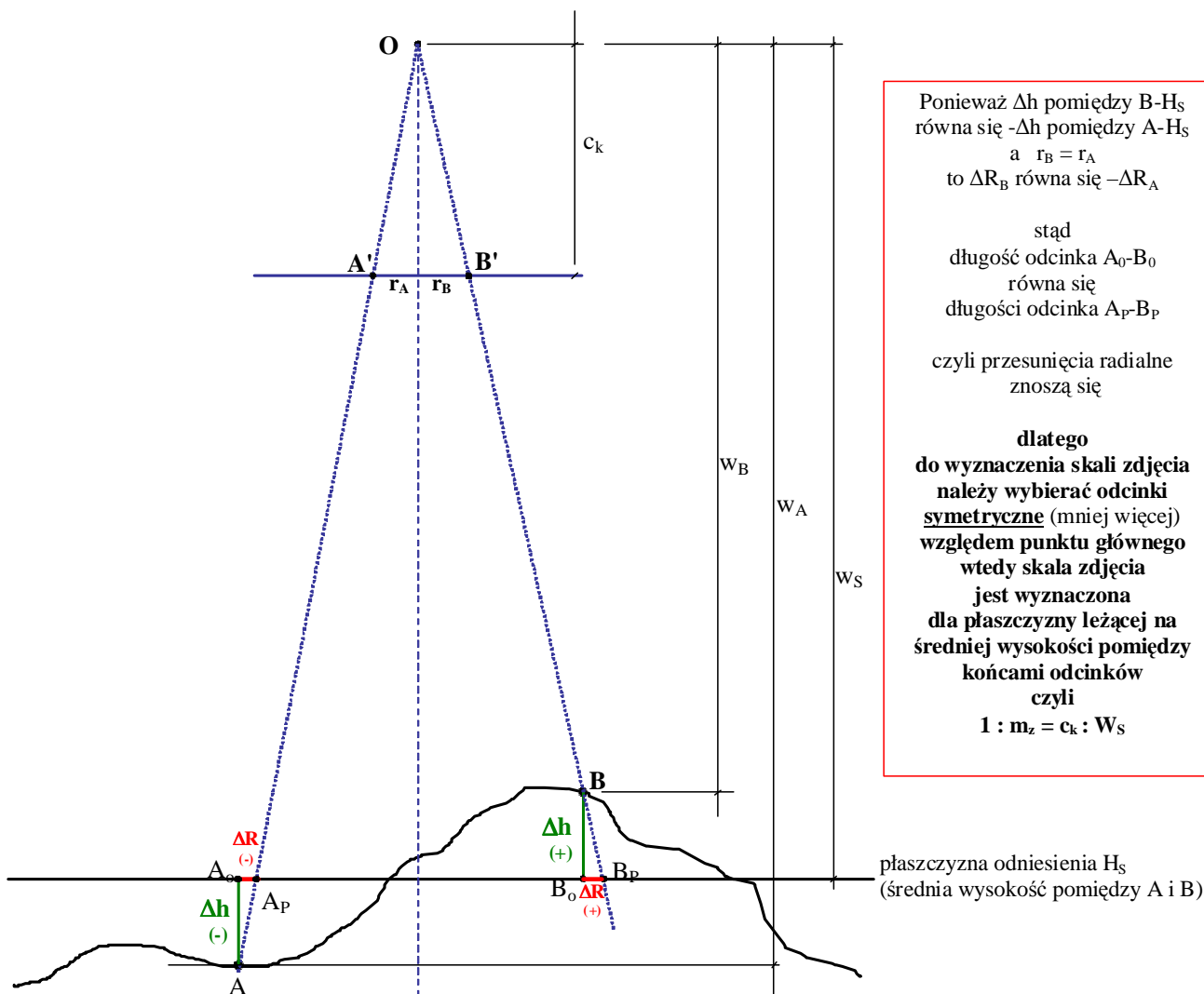
Rys.1. Skala zdjęcia lotniczego.

Jak widać skala zdjęcia lotniczego jest nierównomierna. Otoczenie punktu A (rys. 1) odfotografowane jest w skali mniejszej niż otoczenie punktu B ( $w_A > w_B$ ).

Rzutowi ortogonalnemu w skali  $1:m_z = c_k / W$  zdjęcie odpowiada tylko wtedy, gdy jest ściśle pionowe, a sfotografowany na nim teren jest płaski i poziomy. W przypadku zdjęcia nachylonego i przedstawiającego teren pofalowany, skala zdjęcia jest różna w różnych jego punktach.

Jeśli pominąć nachylenie zdjęcia (bo współczesne kamery lotnicze pozwalają na wykonanie zdjęć odchylonych od pionu o mniej niż  $\pm 0,5^\circ$ ), wpływ deniwelacji terenu na





Rys. .3 Wyznaczanie skali zdjęcia

**Badanie kartometryczności** obejmuje:

1.
  - a) Wyznaczenie skali zdjęcia na podstawie pomiaru na nim odcinków i porównaniu ich z odcinkami w terenie,
  - b) Obliczenie skali odpowiadającej średniej wysokości zobrazonego na nim terenu.
2. Sprawdzenie jakich maksymalnych przesunięć radialnych spowodowanych deniwelacją terenu można się spodziewać na zdjęciu.
3. Przy założeniu maksymalnego błędu fotomapy (a więc założeniu wielkości maksymalnego przesunięcia radialnego spowodowanego deniwelacją terenu) zbadanie, z jakiej części zdjęcia można korzystać uważając go za fotomapę.

**Ad 1 a)**

Skala zdjęcia przedstawiającego teren o zróżnicowanej wysokości jest skalą zmienną, odpowiadającą wysokości lotu w stosunku do poziomu punktów terenu.

$$m_z = \frac{W}{c_k} \quad (1)$$

Jeśli wyznaczamy ją na podstawie pomiaru długości odcinka na zdjęciu (symetrycznego względem punktu głównego zdjęcia) i porównaniu go z długością odpowiadającą mu w terenie, to obliczona skala odnosi się do wysokości lotu ponad średnią wysokość terenową punktów, pomiędzy którymi pomierzono ten odcinek.

$$m_z = \frac{L}{l} \quad (2)$$

Jeśli w celu wyznaczenia skali zdjęcia pomierzemy kilka odcinków, to wyznaczona średnia skala zdjęcia odpowiada takiej płaszczyźnie odniesienia, która jest na średniej wysokości punktów będących końcami odcinków.

$$m_{zsr} = \frac{\sum m_z}{n} \quad n - \text{ilość pomierzonych odcinków} \quad (3)$$

$$H_s = \frac{\sum H_i}{2n} \quad \begin{array}{l} H_i - \text{wysokości terenowe} \\ \text{punktów tworzących odcinki} \end{array} \quad (4)$$

Zatem tej właśnie płaszczyźnie odpowiada obliczona wysokość lotu:

$$W_s = m_{zsr} c_k \quad (5)$$

#### Ad.1b)

Jako płaszczyznę odniesienia dla obliczenia skali zdjęcia powinniśmy wybrać płaszczyznę poziomą znajdującą się na średniej wysokości terenu zobrazowanego na zdjęciu. Wysokość tą możemy poznać posługując się mapą sytuacyjno-wysokościową, uśredniając minimalną i maksymalną wysokość terenu w obrębie zdjęcia.

Praktycznie skalę zdjęcia wyznacza się za pomocą pomiaru odcinków na zdjęciu i znajomości odpowiadających im długości w terenie (też wyznaczone za pomocą mapy). Należy jednak zdawać sobie sprawę z tego, że obliczona w ten sposób skala zdjęcia odpowiada średniej wysokości punktów, między którymi odcinki były mierzone. Zatem nie zawsze średnia wysokość terenu odczytana np. z warstwic jako  $(H_{\max} + H_{\min})/2$  jest równa średniej wysokości końców pomierzonych odcinków. Mając średnią skalę zdjęcia  $m_{zsr}$  i obliczoną wysokość lotu  $W_s$  (5) obliczamy bezwzględną wysokość lotu:

$$H_0 = W_s + H_s \quad (6)$$

Średnia wysokość terenu wynosi:

$$H_{sr} = \frac{H_{\max} + H_{\min}}{2}, \quad (7)$$

gdzie  $H_{\max}$  i  $H_{\min}$  jest to odpowiednio maksymalna i minimalna wysokość terenu na obszarze zdjęcia

Wysokość lotu liczona od tej płaszczyzny to:

$$W_{sr} = H_0 - H_{sr} \quad (8)$$

Wysokość lotu odpowiednia dla maksymalnej i minimalnej wysokości terenu:

$$W_{\min} = H_0 - H_{\min} \quad (9)$$

$$W_{\max} = H_0 - H_{\max}$$

I odpowiadające im zakresy skal zdjęcia:

$$m_{z \min} = \frac{W_{\min}}{c_k} \quad (10)$$
$$m_{z \max} = \frac{W_{\max}}{c_k}$$

Dla prawidłowo rozpoznanej deniwelacji terenu objętego zdjęciem cząstkowe skale zdjęcia wyznaczone z odcinków jak i policzona z nich średnia powinny się zawierać w granicach wyznaczonych wzorami (10).

## Ad 2)

Mamy wyznaczyć wpływ deniwelacji terenu ( $\Delta h$ ) na przemieszczenia punktów terenowych ( $\Delta r$ ) od ich hipotetycznego położenia na poziomej płaszczyźnie odniesienia znajdującej się na wysokości  $H_{\text{sr}}$  odpowiadającej wysokości lotu  $W_{\text{sr}}$ :

$$\Delta r_{\max} = \frac{\Delta h_{\max} \cdot r_{\max}}{W} \quad (11)$$

gdzie:  $\Delta r_{\max}$  jest maksymalnym przesunięciem radialnym spowodowanym deniwelacją terenu,  $\Delta h_{\max}$  jest maksymalną wysokością terenu nad i pod średnią płaszczyznę odniesienia,  $r_{\max}$  – to maksymalny promień radialny występujący na zdjęciu, odpowiadający połowie przekątnej formatu zdjęcia,

$W_{\text{sr}}$  – wysokość lotu ponad płaszczyznę odniesienia obliczona ze wzoru (8)

## Ad 3)

Jeżeli chcemy traktować zdjęcie jako fotomapę musimy najpierw odpowiedzieć na pytanie jaka powinna być dokładność tej fotomapy. Zgodnie z Wytycznymi Technicznymi: „Zasady Wykonywania Ortofotomap w Skali 1:10000” (zdjęcie lotnicze wykorzystywane jako fotomapa możemy tu traktować na równi z ortofotomapą) jako maksymalną wartość błędu na ortofotomapie przyjmujemy  $\sigma = \pm 0.6$  mm.

Przy założeniu  $\Delta r_{\max} = \sigma$ , obliczamy:

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

## **Sprawozdanie ma zawierać:**

- Opis przebiegu pomiarów na zdjęciu.
- Zestawienie wielkości pomierzonych.
- Obliczenia (punkty 1, 2, 3).
- Wnioski

## **Materiały do wykonania ćwiczenia:**

Zdjęcie lotnicze terenu rejonu Beskidu Sądeckiego w postaci cyfrowej (plik 8\_8016\_grey), format 23 x 23 cm, piksel skanowania 25 µm, stała kamery 153,17 mm  
Zdjęcie lotnicze rejonu Nowa Huta w postaci cyfrowej (plik 3\_328\_grey), format 23x23 cm, piksel skanowania 25 µm, stała kamery 152,40 mm  
Mapa topograficzna rejonu Beskidu Sądeckiego w skali 1:10 000  
Mapa topograficzna rejonu Nowa Huta w skali 1:10 000

## **Założenia:**

Przyjmujemy:

- pionowość zdjęć,
- $\sigma = \pm 0,6$  mm

## **Pomiar długości odcinków**


Sprawdzić czy w katalogu D:\tify są pliki:

3\_328\_grey.mp#  
3\_328\_grey.mpr  
8\_8016\_grey.mp#  
8\_8016\_grey.mpr

Jeżeli nie ma należy te pliki skopiować z Klona:

pracownicy\awrobel\Inz\_Srod\_dzienne\kartometrycznosc\_zdjecia\

## **Pomiar długości odcinków na zdjęciach wykonywany jest w programie ILWIS:**

1. W oknie Navigator ustawić ścieżkę dostępu D:\tify
2. Należy wyświetlić odpowiednie zdjęcie.
3. Zdjęcie nie ma podpiętej georeferencji, więc można na nim odczytać tylko współrzędne obrazowe (w pikselach).
4. Po wybraniu punktu końcowego danego odcinka należy odpowiednio powiększyć obraz i na nim ustawić  i w oknie po prawej stronie na dole odczytać współrzędne w pikselach  $x_A$ ,  $y_A$ . To samo wykonać dla drugiego końca odcinka (odcinek ma być mniej więcej symetryczny względem punktu głównego!) i pomierzyć współrzędne  $x_B$ ,  $y_B$ .
5. Obliczyć długość odcinka  $d = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}$  (dane w pikselach = wynik w pikselach!).
6. Dla każdego następnego odcinka powtórzyć punkty 4 i 5.

Ponieważ długość odcinka jest w pikselach, aby otrzymać długość w mm należy pomnożyć ją przez wielkość piksela skanowania (patrz opis materiałów do zajęć).

Pomiar długości odcinków na mapie należy wykonać za pomocą linijki.