

A. Wpływ deniwelacji terenu na zróżnicowanie skali zdjęcia lotniczego

(Badanie kartometryczności zdjęcia lotniczego)

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, format 23 x 23 cm, piksel skanowania 25 μm, stała kamery 153,17 mm

Zdjęcie lotnicze w postaci cyfrowej rejonu Nowa Huta, 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

Program Gimp lub VSD

Mapy topograficzne w skali 1:10 000 terenów przedstawionych na zdjęciach w postaci cyfrowej lub papierowej.

Zdjęcie lotnicze w formie nieprzetworzonej niekiedy może dostarczyć wielu informacji o geometrii obiektów na nim odwzorowanych. Może posłużyć na przykład do aktualizacji mapy topograficznej, do prac związanych z projektowaniem inwestycyjnym itd.

Aby jednak skorzystać z pomiarów na zdjęciach należy, zdawać sobie sprawę z ich kartometryczności.

Jak wiadomo, zdjęcie wykonane kamerą fotogrametryczną jest rzutem środkowym, rzutowi ortogonalnemu w skali $m_z = W/c_k$ 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 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 przemieszczenie punktów na zdjęciu w stosunku do rzutu środkowego odpowiadającego ich hipotetycznemu położeniu na płaszczyźnie odniesienia wyraża się wzorem (Rys.1):

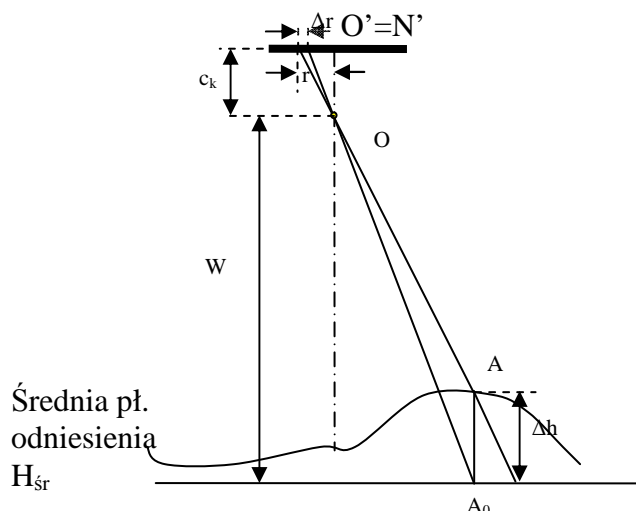
$$\Delta r = \frac{\Delta h \cdot r}{W} \quad (1)$$

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

Δh – to 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.



Rys.1

Jeśli chcemy wykorzystać zdjęcie jako materiał kartometryczny (czyli fotomapę), musimy sobie zdawać sprawę z odstępstwa jego punktów od ich położenia w rzucie ortogonalnym, czyli wyznaczyć poziom błędów takiej przybliżonej fotomapy. Jeśli uznamy zdjęcie za wystarczająco kartometryczne do określonych celów, to możemy uważać go za fotomapę o skali równej wyznaczonej skali zdjęcia.

Badanie kartometryczności obejmuje:

1. Wyznaczenie skali zdjęcia:
 - a) na podstawie pomiaru na nim odcinków i porównaniu ich z odcinkami w terenie,
 - b) odpowiadającej średniej wysokości zobrazonego na nim terenu.
2. Określenie przesunięć radialnych dla punktów o ekstremalnych wysokościach
3. Sprawdzenie, z jakimi maksymalnymi przesunięciami radialnymi spowodowanymi deniwelacją terenu można się spodziewać na zdjęciu,
4. Określenie prognozowanej powierzchni zdjęcia odpowiadającej kryterium dokładności fotomapy
5. Obliczenie wartości dopuszczalnych deniwelacji terenu dla spełnienia warunku kartometryczności zdjęcia.

Ad 1 a)

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

$$m_z = \frac{W}{c_k} \quad (2)$$

Jeśli wyznaczamy ją na podstawie pomiaru długości odcinka na zdjęciu i porównaniu go z długością mu odpowiadającą w terenie, to obliczona skala odnosi się do

wysokości lotu ponad średnią wysokość terenową punktów, pomiędzy którymi mierzono ten odcinek.

$$m_z = \frac{L}{l} \quad (3)$$

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

$$m_{z_{u\acute{s}r}} = \frac{\sum m_z}{n} \quad n - \text{ilość pomierzonych odcinków (4)}$$

$$H_{u\acute{s}ś} = \frac{\sum H_i}{2n} \quad \begin{array}{l} H_i - \text{wysokości terenowe} \\ \text{punktów tworzących odcinki} \end{array} \quad (5)$$

Zatem tej właśnie płaszczyźnie odpowiada obliczona wysokość lotu:

$$W_{u\acute{s}r} = m_{z_{u\acute{s}r}} C_k \quad (6)$$

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 $H_{śr} = (H_{max} + H_{min})/2$ jest równa średniej wysokości końców pomierzonych odcinków. Mając średnią skalę zdjęcia $m_{z_{u\acute{s}r}}$ i obliczoną wysokość lotu $W_{u\acute{s}r}$ (5) obliczamy bezwzględną wysokość lotu:

$$H_0 = W_{u\acute{s}r} + H_{śr} \quad (7)$$

Średnia wysokość terenu wynosi:

$$H_{śr} = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}, \quad (8)$$

a wysokość lotu liczona od tej płaszczyzny to:

$$W=H_0-H_{sr}. \quad (9)$$

Wysokość lotu odpowiednia dla maksymalnej i minimalnej wysokości terenu:

$$W_{\min}= H_0-H_{\min} \quad (10)$$

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

I odpowiadające im zakresy skal zdjęcia:

$$m_{z\min} = \frac{W_{\min}}{c_k} \quad (11)$$

$$m_{z\max} = \frac{W_{\max}}{c_k}$$

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)

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 z wykorzystaniem VSD 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)

Mamy wyznaczyć wpływ deniwelacji terenu na przemieszczenia punktów terenowych od ich hipotetycznego położenia na poziomej płaszczyźnie odniesienia znajdującej się na wysokości H odpowiadającej wysokości lotu W:

$$\Delta r_{\max} = \frac{\Delta h_{\max} \cdot r_{\max}}{W}, \quad (12)$$

gdzie: Δr_{\max} jest maksymalnym przesunięciem radialnym spowodowanym deniwelacją terenu,

Δh_{\max} jest maksymalną wysokością terenu nad i pod średnią płaszczyzną odniesienia,

r_{\max} – to maksymalny promień radialny występujący na zdjęciu, odpowiadający połowie przekątnej formatu zdjęcia,

W – wysokość lotu ponad płaszczyznę odniesienia obliczona ze wzoru (9)

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 Wytycznymi 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:

$$r_{\max} = \frac{\sigma \cdot W}{\Delta h_{\max}} \quad (13)$$

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 zależęć to będzie od deniwelacji terenu odfotografowanego na tym zdjęciu. Jeśli przekształcimy wzór (13) w taki sposób, że za wielkość $\pm\Delta r_{\max}$ przyjmujemy $\pm\sigma$ to możemy wyznaczyć maksymalną deniwelację terenową $\pm\Delta H_{\max}$ odpowiadającą za spełnienie warunku kartometryczności. Po przekształceniu wzór (13) przybierz postać:

$$\pm \Delta H_{\max} = \frac{\pm \sigma \cdot W_{sr}}{r_{\max}} \quad (14)$$

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 lub cyfrowej. Sprawozdanie z tej części 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. Ich optymalnym rozmieszczeniem jest usytuowanie wzdłuż przekątnych zdjęcia, punkty odcinków winny znajdować się po obu stronach punktu głównego zdjęcia. Wysokość budynku wyznacza się na zdjęciu lotniczym z rejonu Nowej Huty. Należy pomierzyć na zdjęciu promień radialny r do góry obiektu oraz przesunięcie radialne Δr góry względem dołu. Z mapy należy odczytać wysokość H_D podnóża obiektu. Ponieważ może się zdarzyć, że pomierzony na zdjęciu budynek będzie poza obszarem mapy, to za wysokość jego podstawy należy przyjąć wysokość z mapy obszaru znajdującego się najbliżej tego budynku. Wielkość W_0 potrzebna do obliczeń została wyznaczona wcześniej przy określaniu skali zdjęcia.

Przebieg ćwiczenia:

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

Materiały do wykonania ćwiczenia:

Zdjęcie lotnicze rejonu Nowa Huta (Osiedla: Mistrzejowice, Na Stoku, Złotego Wieku, Batowice) w postaci cyfrowej, format 23x23 cm, piksel skanowania 25 μ m, stała kamery 152,40 mm.

Plik zdjęcia o nazwie 252_gray.tif i plik mapy 65ca3-kdw.tif dostępne są w miejscu wskazanym przez prowadzącego.

Założenia:

Przyjmujemy:

- pionowość zdjęć

Sprawozdanie ma zawierać:

- Opis przebiegu pomiarów na zdjęciu.
- Zestawienie wielkości pomierzonych,
- Obliczenia,
- Wnioski