

PRZYGOTOWYWANIE OSNOWY TOPOGRAFICZNEJ DLA POLIGONOWYCH CIĄGÓW KARTOGRAFICZNO- -GEOLOGICZNYCH PRZEZ OPACOWYWANIE FOTOGRAMÓW LOTNICZYCH

KARTUJĄCY GEOLOG, wykonujący w terenie poligonowe ciągi lokalizacyjne, staje często wobec szeregu trudnych do rozwiązania zadań, których trudność wynika z braków topograficznego podkładu zdjęcia geologicznego, podkładu jakim są mapy topograficzne różnej wartości i w różnym stopniu zdezaktualizowane.

Jako najczęstsze i najtypowsze braki wymienić należy:

1. Zdezaktualizowanie treści sytuacyjnej na „sztabówkach” w skali 1:25 000, wykonanych przed pierwszą wojną światową. Zdezaktualizowane są na ogół wszystkie drogi, osiedla, granice lasne, przy czym jako szczególnie dotkliwą formę takich braków wymienić należy zmiany lokalizacji, np. dróg, w sposób, wprowadzający kartującego geologa w błąd (np. aktualny przebieg drogi, równoległy do dawnej dziś nieistniejącej itp.).

2. Niezgodność z rzeczywistością, błędne przedstawienie na mapie topograficznej tak sytuacji, jak i hipsometrii (częsty przypadek na niektórych sztabówkach austriackich). Braki tego rodzaju są szczególnie dokuczliwe przy kartowaniu w terenach górskich (np. w Karpatach), gdzie dość często zdarza się, że np. zbieg potoków jest przesunięty względem rzeczywistości lub nawet błędnie wykreślony.

3. Zbyt daleko doprowadzone zgeneralizowanie sytuacji i hipsometrii w stosunku do skali mapy. Brak ten występuje w każdym niemal przypadku powiększania, zwłaszcza kilkukrotnego, mapy topograficznej. Jako wyjątek w tym względzie wymienić należy międzywojenne mapy W.I.G., a szczególnie fotogrametryczną mapę Tatrzańskiego Parku Narodowego w skali 1:20 000, którą dla celów geologicznych można powiększyć z zachowaniem jej topograficznej i sytuacyjnej wierności — nawet do skali 1:5000.

Niezależnie od wymienionych braków, każdy niemal podkład topograficzny „sztabowy”, zwłaszcza w terenach górskich, lesistych i słabo zamieszkałych, zawiera zbyt mało elementów orientacyjnych dogodnych dla nawiązania kartograficzno-geologicznych ciągów lokalizacyjnych do podkładu mapowego, oraz dla wyrównania tych ciągów jako ciągów poligonowych.

Częste kumulowanie się opisywanych braków podkładu topograficznego narzuca kartującemu geologowi konieczność wykonywania w czasie prac terenowych szeregu prac topograficznych czasochłonnych, dezorganizujących program kartowania, często dokuczliwych przez swą dokładność, zwłaszcza dla wymagającego geologa.

W terenach o skomplikowanej budowie lub problematycznej geologicznej zachodzi również konieczność wykonywania analitycznych zdjęć geologicznych nie raz bardzo szczegółowych na „własnym” podkładzie topograficznym, który w tym przypadku sporządza geolog tylko wyjątkowo tachymetrycznie lub stoliczkiem, a najczęściej ciągami poligonowymi taśmowymi, azymutalnymi, redukowanymi na kąt pionowy lub wprost — zwyczajnymi krokówkami.

Wszystkie wymienione braki podkładu topograficznego jak i problemy oraz zadania topo-geologiczne przy wykonywaniu zdjęć kartograficzno-geologicznych mogą być usunięte i rozwiązane przy wykorzystaniu w pracach kartograficzno-geologicznych fotogramów lotniczych kartowanego geologicznie terenu. Przy

czym należy zaznaczyć, że wykorzystywanie fotogramów lotniczych dla usunięcia prawie wszystkich wymienionych braków podkładu topograficznego może być dokonane przed pracami terenowymi przez odpowiednio opracowania kameralne.

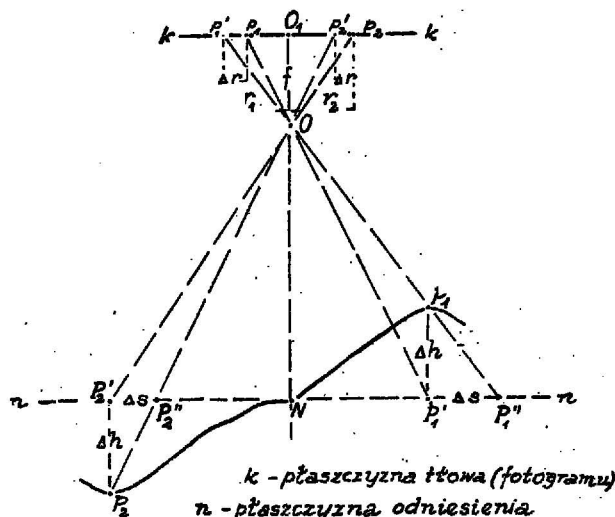
Opracowania te będą polegały na:

a) przygotowaniu „własnego” podkładu topograficznego w skali dowolnej w pewnych granicach — podkładu, obejmującego wycinek terenu bądź szczególnie interesującego ze względu na jego problematykę geologiczną, bądź też szczególnie trudnego topograficznie (np. zawiłą ściecą dolinną w lesistym terenie górskim — wielkie obszary bez punktów nawiązań lub ubogie w terenowe elementy orientacyjne);

b) zreambulowaniu podkładu topograficznego w zakresie podyktowanym potrzebami kartograficzno-geologicznymi.

Fotogramy lotnicze są zdjęciami fotograficznymi, dokonywanymi specjalną kamerą fotograficzną przy spełnieniu odpowiednich warunków, które redukują do minimum nieuniknione niedokładności geodezyjne lotniczego, fotogrametrycznego odwzorowania terenu.

Te niedokładności (fotogram lotniczy jak każde zdjęcie fotograficzne jest odwzorowaniem zdjętego obiektu w rzucie środkowym) powodują, że fotogramu lotniczego nie można traktować jako wiernej mapy terenu, objętego fotogramem.



Ryc. 1

W praktyce kartograficzno-geologicznej ważne są przede wszystkim skutki odwzorowania terenu górzystego w rzucie środkowym na fotogramie-odwzorowania, które wyraża się zniekształceniem wedle schematu przedstawionego na ryc. 1 (opracowany na podstawie ryc. 68 z podręcznika: „Fotogrametria” M. B. Piaseckiego).

Ryc. 1 zakłada, że zdjęcie lotnicze zostało wykonane na kliszy poziomej, a więc równoległej do poziomej płaszczyzny odniesienia, na której leży punkt nadirowy N, będący rzutem prostym po

osi optycznej kamery punktu głównego fotografamu O_1 oraz środka rzutów O . Środek rzutów jest oddalony od płaszczyzny obrazu o ogniskową f .

Punkty P_1 i P_2 , leżące na terenie, odfotografowane zostały na kliszy (rzuczone na płaszczyznę obrazu) odpowiednio jako punkty: P_1' oraz P_2' . Ponieważ prostokątnymi rzutami na płaszczyznę odniesienia punktów P_1 oraz P_2 są odpowiednio punkty P_1'' oraz P_2'' , przeto jak wynika z rysunku, rzuty środkowe punktów P_1 oraz P_2 zostały przesunięte radialnie względem punktów p_1 i p_2 fotografamu o wartości delta r i odpowiednio o wartości delta s względem punktów P_1' i P_2' .

Wartości r_1 oraz r_2 są radialnymi odległościami fotograficznych odwzorowań punktów P_1 i P_2 na fotografamie — od punktu głównego fotografamu O_1 .

Jak widzimy, zniekształcenie, o którym mowa, polega na przesunięciu radialnym punktów p_1 i p_2 o odpowiednio wartości Δr , przy czym, jak to wynika z ryciny, przesunięcie to zależy od Δh oraz od f — dla danej skali zdjęcia, jak również od odległości punktów P_1'' i P_2'' od punktu N i odpowiednio — od odległości punktów p_1' i p_2' od punktu O_1 , gdyż:

$$\Delta s = \Delta h \frac{r}{f} \dots \dots \quad (1)$$

przy czym $\Delta r = \Delta s$ wyrażonej w skali fotografamu dla płaszczyzny odniesienia (tu dla płaszczyzny nadirowej) terenu. Z ryciny wynika, iż przesunięcie radialne Δr zależy również od znaku Δh względem płaszczyzny odniesienia. Dla Δh punkt p_2' na fotografamie jest przysunięty o Δr względem punktu p_2 , zaś dla $+\Delta h$ punkt p_1' jest odsunięty radialnie o Δr względem punktu p_1 .

W naszych warunkach topograficznych (poza Tatrami) należy przyjąć, że dla opracowań kartograficzno-geologicznych możemy pominąć wszelkie inne zniekształcenia fotografamów lotniczych. Omówieniu usunięcia tych innych zniekształceń w opracowaniach kartograficzno-geologicznych większych obszarów lub przy realizowaniu specjalnych opracowań fotografometryczno-geologicznych poświęcę osobną pracę.

Wracając do tematu, możemy zatem stwierdzić, że fotografam lotnicze mogą być odpowiednio opracowane, mianowicie w kierunku ich wykorzystania dla wypełnienia zadań wymienionych powyżej pod punktami a oraz b.

Jeśli np. zachodzi konieczność przygotowania osnowy topograficznej (zageszczenia punktów nawizań) lub własnego podkładu topograficznego dla zdjęcia geologicznego, które dysponuje podkładem topograficznym niedoskonałym, to wówczas dla terenów pagórkowatych i górskich można wykorzystać fotografam lotnicze, po odpowiednim ich opracowaniu, które przykładowo zostanie omówione dla przypadku przygotowania kameralnego planu potoku w skali 1:2000, planu opartego na opracowaniu fotografamu lotniczego w skali np. 1:20 000 (dla płaszczyzny punktu nadirowego) wykonanego kamerą o ogniskowej $f = 120$ mm.

Ryc. 2 przedstawia nam fotografam, na którym widoczny jest potok podlegający naszemu opracowaniu. Na rycinie znaczki tiowe oznaczono przez z, t , punkt główny przez O_1 , wyznaczony przez przecięcie się prostych, które łączą przeciwległe znaczki tiowe. Na mapie 1:25 000 oraz na fotografamie zidentyfikowaliśmy punkty 1 do 6 leżące na potoku. Na mapie tej również zostało wyznaczone położenie punktu O_1 , za pomocą wcięcia z kilku punktów, zidentyfikowanych także na mapie i na fotografamie (punkty np. A, B, C, D, E).

Wcięcie to wykonujemy za pomocą arkusza „kodatrasu” (wielkości fotografamu) na którym po nałożeniu go na fotografam, wykreślamy punkt O_1 oraz celowe z tego punktu do punktów A, B ... E. Podobnie wykreślamy celowe $r_1 \dots r_6$ do punktów 1 ... 6 oraz nurt potoku, jak również te elementy topograficzne, jakie są nam potrzebne do nawizań i lokalizacji szczegółów (mosty, granice lasu dochodzące do potoku, pojedyncze drzewa, krawędzie tarasów, kamieńce itp.) widoczne na fotografamie, a niezaznaczone na mapie 1:25 000.

Następnie szacujemy z hipsometrii mapy 1:25 000 różnice wysokości punktów 1 ... 6, A ... E oraz punktu O_1 i otrzymujemy w ten sposób Δh dla tych punktów z dokładnością np. do ± 5 m (taka dokładność zezwala nam na lokalizację punktów, oddalonych na fotografamie omawianym od punktu O_1 np. o wartość $r = 10$ cm z dokładnością do 2 mm na planie 1:2000, zaś dla $r = 5$ cm — z dokładnością do 1 mm jak to możemy wyliczyć z podanego wzoru na Δs).

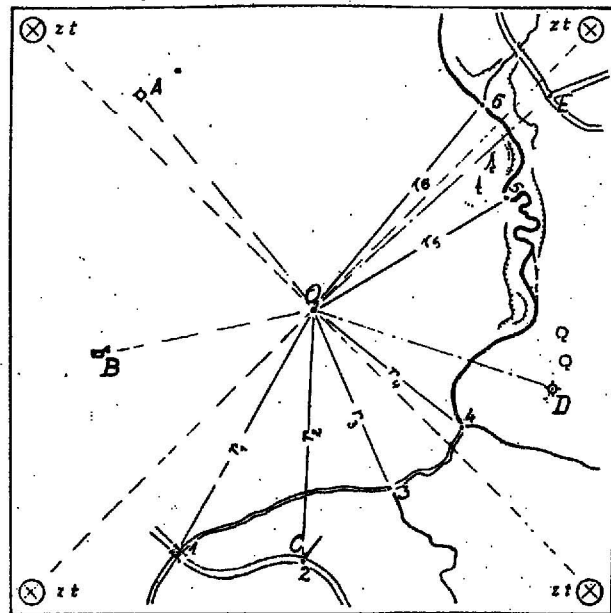
Wartości $r_1 \dots r_6$ odmierzamy z fotografamu z dokładnością do 0,2 mm cyrklem i podziałką transwersalną.

Otrzymane wartości Δh i r podstawiamy do wzoru (1), po czym obliczamy dla każdego z punktów 1 ... 6 Δs w metrach i przystępujemy do kreślenia planu 1:2000 (ściślej, do lokalizacji punktów 1 ... 6 na takim planie).

W tym celu wyznaczamy na dostatecznie dużym arkuszu papieru punkt O_1 , przykładamy do papieru kodatras tak, by jego punkt O_1 pokrył się z punktem O_1 na papierze i przedłużamy wykreślone na kodatrasie „celowe” $r_1 \dots r_6$ do punktów 1 ... 6 na papier. Na tak wykreślonych prostych odcinamy następnie odległości $d_1 \dots d_6$ punktów 1 ... 6 pomniejszone lub powiększone o Δs . Odległości $d_1 \dots d_6$ równają się wartościom $r_1 \dots r_6$, pomierzonym na fotografamie i pomnożonym przez skalę fotografamu dla płaszczyzny nadirowej:

$$d = (r \cdot m) \pm \frac{\Delta s}{m} \dots \dots \quad (2)$$

gdzie m równa się mianownikowi skali fotografamu.



Ryc. 2

Przedstawiony sposób kameralnego wykreślenia elementów topograficznych (potoków, dróg, sieci zageszczonej punktów wiazań itp.) jest szybki i w większości przypadków dostatecznie dokładny dla celów kartograficzno-geologicznych. Ma jednak tę wadę, że wymaga dość dużej ilości punktów, zidentyfikowanych jednocześnie na mapie (na podkładzie topograficznym) i na fotografamie, a to dla możliwie dokładnego usunięcia zniekształcenia przenoszonych na plan z fotografamu elementów sytuacyjnych, co jest szczególnie ważne w terenach górskich i pagórkowatych.

Jeśli mapa, będąca podkładem topograficznym zdjęcia geologicznego zawiera zbyt mało punktów, nadających się do jednoznacznego zidentyfikowania ich na fotografamie, oraz w przypadku, gdy mapa taka

budzi poważne wątpliwości co do swej sytuacji i hipsometрії, wreszcie w przypadku, gdy chodzi nam o dokładniejsze opracowanie planu pomocniczego w podanej przykładowo skali, to wówczas stosujemy inne postępowanie, oparte na stereofotogrametrycznym wykorzystaniu fotografumów.

Jak wiadomo, zdjęcia (fotogramy) lotnicze wykonywane są w szeregu tak, iż ich pokrycie dochodzi do 60%. Dzięki temu każda interesująca nas treść topograficzna jednego fotografumu jest odfotografowana również albo na sąsiednim lewym lub na prawym fotografumie z ich szeregu, albo jednocześnie także na lewym i na prawym. Dwa fotografumy z ich szeregu pokrywające ten sam wycinek terenu, tworzą „stereoparę”, która zezwala nam, po odpowiednim opracowaniu na:

a) wyznaczenie wysokości względnych Δh z dokładnością bardzo znaczną (co najmniej ± 2 m) na zdjęciach u nas wykonanych przy zastosowaniu niżej wymienionego sprzętu;

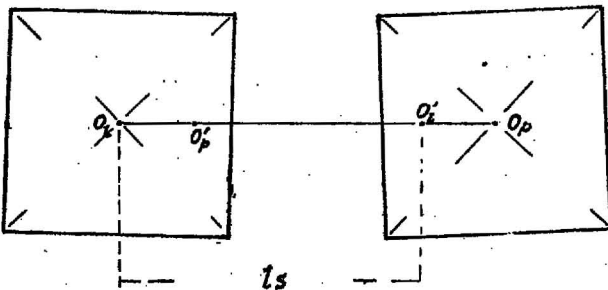
b) zmniejszenie błędów, wynikających z faktu, że klisza (film) aparatu fotograficznego lotniczego w chwili zdjęcia nie jest nigdy dokładnie pozioma, a układ współrzędnych łukowych fotografumu jest zwykle również „skręcony” względem kierunku lotu.

Do opracowania stereopary potrzebny nam jest stereoskop zwierciadlany oraz stereomikrometr. Pomijam, że względu na szczupłość miejsca, omówienie zasad stereoskopowego widzenia i działania stereomikrometru (vide cytowany podręcznik Piaseckiego).

Przy opracowywaniu stereopary zakładamy (popelniając błąd, który dla kartograficzno-geologicznych celów może być tolerowany), że oba zdjęcia zostały wykonane na kliszach (filmach) ściśle poziomo ustawionych w chwili zdjęcia, a lot odbywał się na tej samej wysokości.

W tym przypadku możemy przyjąć, że odległość punktów głównych O_1 i O_p lewego i prawego fotografumu, równa odległości środka rzutów aparatu fotograficznego w chwili zdjęcia lewego i prawego fotografumu, a zwana bazą B jest odwzorowana prostą łączącą punkt główny O_1 lewego fotografumu z punktem głównym O_p prawego fotografumu, zaznaczonym na lewym fotografumie. Znając skalę lewego fotografumu na płaszczyźnie odniesienia, którą przyjmujemy dla lewego fotografumu jako leżącą na punkcie nadirowym, pokrywającym się z punktem głównym — możemy obliczyć wartość bazy B w metrach. Skalę tę obliczamy ze wzoru: $m = \frac{w}{f}$ gdzie m oznacza mianownik

skali, w równa się wysokości lotu, czyli pionowej odległości między środkami rzutów aparatu fotograficznego a punktem nadirowym N_1 zaś f jego ogniskowej. Opracowanie stereopary polega przede wszystkim na obliczeniu Δh dla tych elementów sytuacyjnych, które omówiliśmy w poprzednim przykładzie (punkty 1...6 fotografumu jako punkty wiązań na potoku).



1s. baza stereoskopu

Ryc. 3

W tym celu po zestrojeniu stereopary jak na ryc. 3 nastawiamy znaczek pomiarowy stereomikrometru na wysokości punktu głównego O_1 lewego fotografumu („kładziemy” ten znaczek na teren w punkcie O_1 i odczytujemy stan podziałki paralaktycznej). Następnie

przenosimy stereomikrometr kolejno na punkty (np. na te same, co w poprzednim przykładzie) i dokonujemy odczytów na podziałce paralaktycznej, po dokładnym położeniu znaczka pomiarowego w tych punktach na terenie.

Różnice odczytów na punktach względem punktu O_1 równają się różnicom paralaks Δp tych punktów.

Wartości: B , w , m oraz Δp podstawiamy do wzoru na Δh :

$$\Delta h(m) = \frac{w(m) \cdot m}{B(m) \cdot 1000} \cdot \Delta p(mm) \dots \dots \dots (3)$$

lub biorąc pod uwagę, że dla lewego stereogramu

(fotogramu) wyrażenie $\frac{w \cdot m}{B \cdot 1000}$ jest wartością stałą

(= c) podstawiamy do wzoru:

$$\Delta h(m) = c \cdot \Delta p(mm) \dots \dots \dots (4)$$

i obliczamy Δh w metrach.

Po obliczeniu tej wartości, dokonujemy dalszego opracowania planu, jak to podano w poprzednim przykładzie, stosując wzór (1) na Δs .

Zdarza się, iż nie dysponujemy wysokością lotu w . W tym przypadku obliczenia Δh za pomocą stereomikrometru musimy oprzeć na innym postępowaniu, wprawdzie mało dokładnym, jednak w terenach nawet średnigórskich (o różnicach wysokości do ok. 300 m na 1 km), dającym dostateczną dokładność w opracowaniach kartograficzno-geologicznych:

W tym przypadku identyfikujemy na fotografumie i na mapie 1:25 000 kilka punktów, dla których możemy odczytać z mapy wysokość n.p.m. Punkty te, w liczbie 5—8, powinny być zlokalizowane w ten sposób, że jeden z nich powinien leżeć w okolicy punktu głównego lewego fotografumu (O_1), a reszta w okolicy naroży i środków boków fotografumu, jednak (jak zawsze przy opracowaniu stereofotogrametrycznym) w zasięgu modelu stereoskopowego stereopary. Następnie wyznaczamy różnice wysokości Δh tych punktów i punktu głównego (lub między nimi) oraz stereomikrometrem wyznaczamy Δp odpowiadające poszczególnym Δh , po czym obliczamy wartości Δp dla 1 m, dzieląc poszczególne Δp przez odpowiadające im Δh .

Popelniając pewien dopuszczalny dla geologicznych celów błąd obliczamy następnie średnią wartość Δp dla 1 m dla całego fotografumu i wartość tę podstawiamy do wzoru:

$$\Delta h_n = \Delta p_n \cdot \Delta p_{1m} \dots \dots \dots (5)$$

gdzie Δh_n jest wysokością względną dowolnego punktu względem wysokości punktu głównego lewego fotografumu (lub między dowolnymi punktami fotografumu), Δp_n — odpowiadającą Δh_n różnicą paralaks, pomierzoną stereomikrometrem, a Δp_{1m} — średnią wartością Δp , obliczoną dla $\Delta h = 1$ m.

Podane oba sposoby obliczenia Δh zakładają, że przyrost Δp jest wprost proporcjonalny do przyrostu Δh .

Jak wynika z naszych opracowań, to niesłuszne założenie możemy w praktyce geologicznej przyjąć w bezwzględnej większości opracowań kartograficzno-geologicznych w Karpatach, Sudetach, a tym bardziej oczywiście poza terenami górskimi.

Okazało się bowiem, że dla fotografumów w skali ok. 1:20 000, a ogniskowej ok. 120 mm, nieproporcjonalność przyrostów Δp na 1 m czytelna jest na stereomikrometrze Zeissa dopiero od ok. 300 m względnej wysokości i może spowodować błędy w obliczeniu Δh rzędu ± 3 m.

W następnym artykule omówimy dokładniejsze sposoby obliczenia Δh , wartości r , obliczenia bazy B , wysokości lotu w , a szczególnie usuwania zniekształceń, spowodowanych nachyleniem kliszy (filmu) w chwili zdjęcia lotniczego i jej skręceniem, jak również zagadnienie reambulacji treści topograficznej przestarzałych podkładów topograficznych dla

zdjęć geologicznych. Okazało się np., że stereomikrometr Zeissa można zastosować do mierzenia wartości r i współrzędnych tłowych dowolnych punktów na fotogramie z dokładnością do ok. 0,05 mm.

Na zakończenie zwrócić należy uwagę, że dla terenów, na których wysokości względne nie przekraczają ok. 20 m można opisać tu opracowanie upros-

cić i traktować fotogram lotniczy jako „fotomapę”, która w skali 1:20 000 z dokładnością do $\pm 0,5$ mm odtwarza wiernie lokalizację elementów sytuacyjnych terenu. W tym przypadku można pominąć obliczanie Δs i powiększyć potrzebne elementy fotogramu znanyymi sposobami, stosowanymi w kartografii geologicznej.