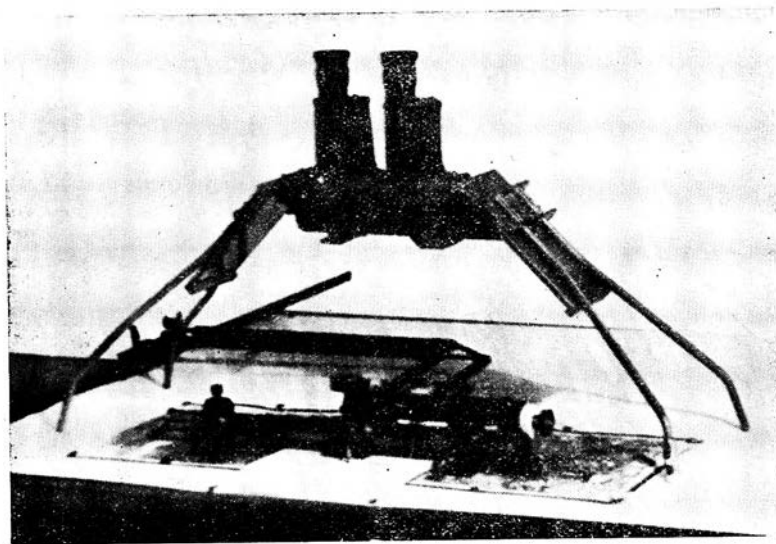


Opis i technika pracy na stereomikrometrze

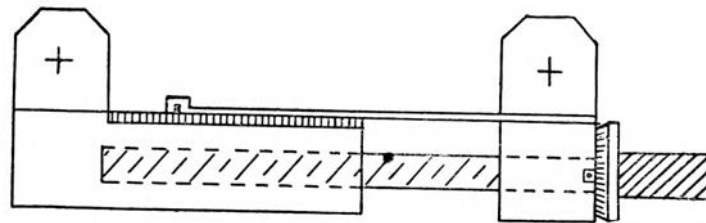
Jednym z instrumentów używanych do opracowania zdjęć lotniczych jest stereomikrometr. Podstawą użycia stereomikrometru jest pionowe zdjęcie lotnicze z bazy poziomej. Aby możliwie zbliżyć się do tego podstawowego warunku należy zdjęcia przetworzyć, najlepiej w skali opracowania. W ostateczności można użyć zdjęć nieprzetworzonych; należałoby jednak mieć w obszarze stereogramu większą ilość punktów geodezyjnych kontrolnych, by można było sobie zdać sprawę z deformacji modelu, wywołanych odstępstwem od przypadku normalnego.



rys. 28

Stereomikrometr może np. składać się z trzech części: z właściwego stereomikrometru, układu obserwacyjnego i równoległego prowadzenia Kuhlmann. Za zasadnicze części należy uważać stereomikrometr właściwy i stereoskop.

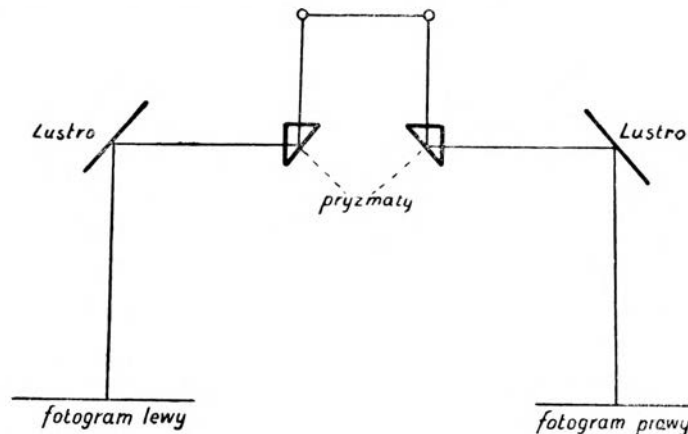
Do mierzenia paralaksy przy pomocy efektu stereoskopowego służy stereomikrometr właściwy. Składa się on z ramienia poziomego długości około 30 cm, na którym umocowane są dwie płytki szklane. Na każdej płytce wyryty jest znaczek pomiarowy. Płytkę lewą zajmuje położenie stałe, prawa natomiast może być przesuwana względem lewej, wzdłuż ramienia poziomego, za pomocą śruby zwanej śrubą paralaktyczną. Każdorazowy odstęp obu znaczków pomiarowych można od-



rys. 29

czytać przy pomocy indeksu na podziałce liniowej i na bębnie śruby z dokładnością do 0,01 mm. Prawa płytkę zaopatrzona jest w śrubę (b_z), za pomocą której usuwa się poprzeczną paralaksę znaczków pomiarowych. W środku między płytkami umocowany jest ołówek, przy pomocy którego odtwarzamy na papierze sytuację zgodnie z lewym fotogramem oraz inne potrzebne nam szczegóły.

Układ obserwacyjny stanowi telestereoskop systemu Helmholtza, w którym bieg promieni przedstawia rysunek 30.



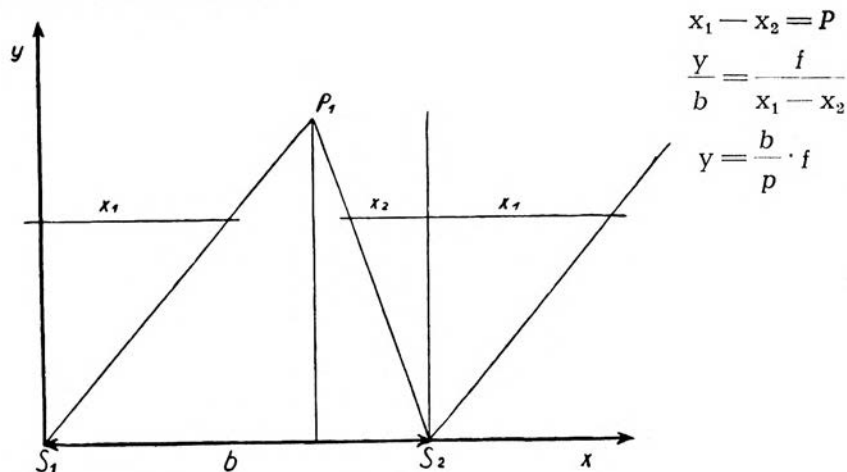
rys. 30

Na mostku umieszczone są pośrodku dwa okulary, których odległość równa się przeciętnemu rozstawowi oczu. Pod nimi umieszczone są dwa pryzmaty. Na obu końcach mostka umocowane są lusterka. Kąt nachylenia każdego z nich tak jest dobrany, że pozwala na zwięk-

szenie odległości punktów identycznych obserwowanych fotogramów do 26 cm. Wielkość tą nazwijmy bazą stereoskopu. Dzięki temu umożliwiona jest obserwacja zdjęć o dużych wymiarach.

Całość spoczywa na czterech nóżkach, z których jedna zaopatrzona jest w śrubę pozwalającą na ustawienie wszystkich czterech nóg na płaszczyźnie rysownicy lub stołu. Dwie lornetki polowe o czterokrotnym powiększeniu, dające się umieścić na okularach, umożliwiają dokładną obserwację stereoskopową małego wycinka stereogramu, a szczególnie ułatwiają dokładne ustawienie znacznika pomiarowego na obserwowany punkt.

Stereoskop ustawia się nad odpowiednio ułożonymi odbitkami, osiągając pożądany efekt przestrzenny. Stereomikrometr połączony jest z równoległym prowadzeniem Kuhlmana, co znacznie ułatwia pracę, gdyż zapobiega powstawaniu paralaksy poprzecznej w czasie prowadzenia stereomikrometru.



rys. 31

Jeżeli przyjmiemy, że kamera w chwili robienia zdjęć znajdowała się stale na tej samej wysokości a jej oś była zawsze prawie pionowa, na określenie odległości punktu P od bazy otrzymamy zgodnie z teorią naziemnego przypadku normalnego wzór:

$$w_1 = \frac{b \cdot f}{p_1} \quad (1)$$

gdzie b jest bazą zdjęcia,

f — ogniskową kamery,

$p_1 = x_1 - x_2$ — paralaksą stereoskopową,

oraz analogiczny wzór na odległość punktu P_2 od tej samej bazy:

$$w_2 = \frac{b \cdot f}{p_2} \quad (2)$$

Odejmując wzór (1) od (2) otrzymamy potrzebną nam różnicę wysokości w pomiędzy punktami P_1 i P_2 , a mianowicie:

$$w = w_1 - w_2 = b \cdot f \left(\frac{1}{p_1} - \frac{1}{p_2} \right) = b \cdot f \left(\frac{p_2 - p_1}{p_2 \cdot p_1} \right) \quad (3)$$

We wzorze (3) występują bezwzględne paralaksy, liczone od zera, p_1 i p_2 , których nie znamy, gdyż nie mamy punktu nieskończenie dalekiego, dla którego paralaksa równa się 0.

Aby inną drogą dojść do celu, przyjmijmy wysokość w za poziom odniesienia, a paralaksa w tej wysokości niech będzie p ; zgodnie z (1) mamy:

$$w_0 = \frac{b \cdot f}{p_0}$$

a po wzięciu pochodnej i wyeliminowaniu p^2

$$\Delta w = - \frac{w_0^2}{b \cdot f} \cdot \Delta p \quad (4)$$

Oznaczając $\frac{w_0}{f} = m$ (co jest mianownikiem skali zdjęcia) otrzymujemy:

$$\Delta w = - \frac{w_0 \cdot m}{b} \cdot \Delta p \quad (5)$$

Ponieważ p podawane jest zwykle w milimetrach, w i b w metrach, więc do obliczeń przyjmujemy wzór (5) w następującej postaci, by Δw otrzymać w metrach:

$$\Delta w = - \frac{w_0 \cdot m}{b \cdot 1000} \cdot \Delta p \quad (5')$$

Dla każdego stereogramu wyrażenie $\frac{w_0 \cdot m}{b \cdot 1000}$ jest w przybliżeniu stałe gdyż

$$\frac{\Delta w}{\Delta p} = w^2 \cdot \frac{1}{b \cdot f}$$

Uwzględniając to we wzorze (5) otrzymujemy ostatecznie przy wymaganej małej dokładności (z chwilowym pominięciem znaku „—”)

$$\Delta w = c \cdot \Delta p \quad (6) \quad \text{lub} \quad \Delta p = \frac{\Delta w}{c} \quad (7) \quad \frac{\Delta w}{\Delta p} = c = \text{constans}$$

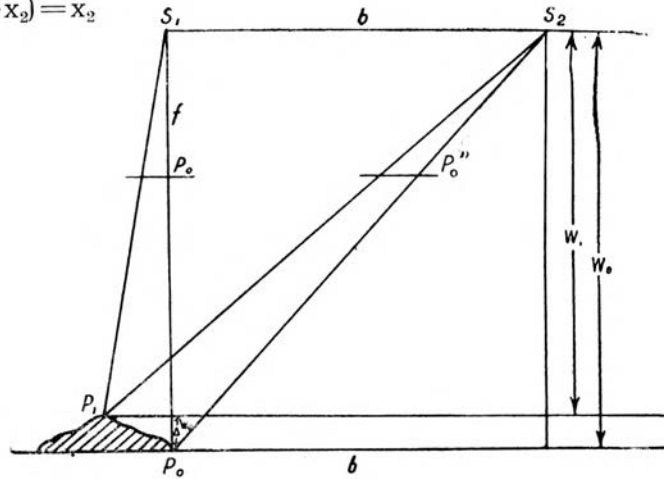
Wzory 6 i 7 są słuszne dla małych różnic wysokości a więc dla małych przyrostów paralaks. Przy dużych różnicach wysokości paralaksy rosną nieproporcjonalnie do nich. Należy wówczas stosować wzór, do którego doprowadza następujący rachunek:

$$P_0 = x_1 - x_2 = 0 - (-x_2) = x_2$$

$$b_1 = \frac{b}{m}$$

$$m = \frac{w_0}{f}$$

$$b_1 = p_0$$



rys. 32

Przyjmując zgodnie z rysunkiem, że

$$w_0 = \frac{b \cdot f}{p_0} \quad w_1 = \frac{b \cdot f}{p_0 + \Delta p}$$

oraz

$$\Delta w = w_0 - w_1$$

mamy:

$$\Delta w_0 = \frac{b \cdot f}{p_0} - \frac{b \cdot f}{p_0 + \Delta p_0} = \frac{b \cdot f \cdot p_0 + b \cdot f \Delta p_0 - b \cdot f \cdot p_0}{p_0 (p_0 + \Delta p_0)} = \frac{b \cdot f \cdot \Delta p_0}{p_0 \cdot p_0 \left(1 + \frac{\Delta p_0}{p_0}\right)}$$

$$\text{ale } \frac{b \cdot f}{p_0} = w_0 \quad \text{oraz (z rys.) } p_0 = b_1 \quad \text{nadto } \frac{1}{1 + \frac{\Delta p_0}{p_0}} = 1 - \frac{\Delta p_0}{p_0}$$

$$\text{gdyż } \frac{\Delta p}{p_0} \ll 1 \quad \text{więc } \Delta w = \frac{w_0}{b_1} \left(1 - \frac{\Delta p_0}{p_0}\right) \Delta p_0 = \frac{w_0 \cdot m}{b} \left(1 - \frac{\Delta p_0}{p_0}\right) \Delta p_0$$

$$\text{gdyż } b_1 = \frac{b}{m} \quad \text{ponieważ } p_0 = b_1 \quad \text{więc ostatecznie:}$$

$$\Delta w_0 = \frac{w_0 \cdot m}{b} \left(1 - \frac{\Delta p_0}{b_1}\right) \Delta p_0$$

lub

$$\Delta w_0 = c \cdot \Delta p_0 \left(1 - \frac{\Delta p_0}{b}\right) \quad (8)$$

Przy rozwiązywaniu wzoru (8) ze względu na Δp otrzymamy:

$$\Delta p = \frac{\Delta w \cdot c}{c \left(1 - \frac{\Delta p_0}{b_1}\right)} = \frac{1}{c} \Delta w \left(1 + \frac{\Delta p_0}{b_1}\right) \quad (9)$$

bo
$$\frac{\Delta b_0}{b_1} \ll 1$$

gdy
$$\frac{\Delta p_0}{b_1} = \frac{\Delta p_0}{p_0} = \frac{\Delta w_0}{w_0}$$
 z prawa błędów względnych
mamy ostatecznie:

$$\Delta p_0 = \frac{1}{c} \left(1 + \frac{\Delta w_0}{w_0} \right) \cdot \Delta p_0$$

Z kolei obliczamy różnicę między wzorem (6) i (8):

$$\begin{aligned} dw &= c \cdot \Delta p_0 - c \cdot \Delta p_0 \left(1 - \frac{\Delta p_0}{b_1} \right) = c \cdot \Delta p_0 \cdot \frac{\Delta p_0}{b_1} = \frac{c \cdot \Delta w_0}{w_0} \cdot \Delta p_0 = \\ &= \frac{w_0 \cdot m}{b_1} \cdot \frac{\Delta w_0}{w_0} \Delta p_0 = \frac{\Delta p_0}{b_1} \cdot \Delta w_0 = \frac{\Delta w_0}{w_0} \cdot \Delta w_0 = \frac{(\Delta w_0)^2}{w_0} \end{aligned}$$

Różnica w obliczaniu wysokości Δw sposobem dokładnym i uproszczonym jest wprost proporcjonalna do kwadratu różnicy wysokości a odwrotnie proporcjonalna do wysokości lotu i wynosi np.

$$\text{dla } w = 4000 \text{ m i } \Delta w = 100 \text{ m } dw = -2,5 \text{ m}$$

$$\text{dla } w = 5000 \text{ m i } \Delta w = 200 \text{ m } dw = -8,0 \text{ m}$$

$$\text{dla } w = 920 \text{ m i } \Delta w = 50 \text{ m } dw = -2,7 \text{ m}$$

Ponieważ prawie nigdy nie udaje się dokładnie utrzymać stałej wysokości lotu i pionowości zdjęcia, model terenu powstający przy obserwacji stereoskopowej jest mniej lub więcej zniekształcony i nachylony do horyzontu.

Płaszczyzny lub linie, dla których obliczamy równe paralaksy są przez to nieidentyczne z płaszczyznami lub liniami równych wysokości. Te odchylenia modelu terenu od rzeczywistości zmniejszyć można przez zastosowanie pewnych środków, o których będzie mowa poniżej.

Przed przystąpieniem do pracy należy zdjęcia tak ułożyć pod stereoskopem, by powstał bez żadnych przeszkód model przestrzenny (obserwacja w płaszczyznach rdzennych).

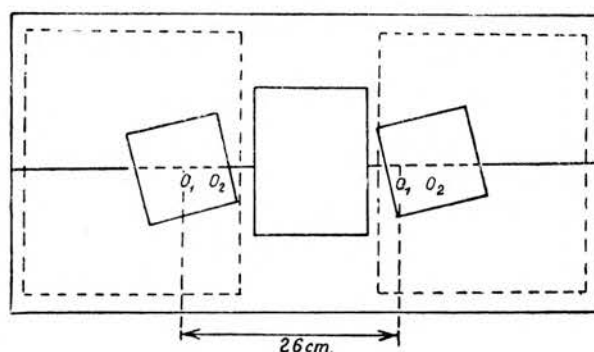
W tym celu należy wyznaczyć dla każdego zdjęcia punkt główny, leżący na przecięciu linii łączących znaczki tłowe, odfotografowane w rogach zdjęcia lub w środku jego brzegów.

Każdy z punktów głównych wyznaczonych w ten sposób należy zidentyfikować na sąsiednim zdjęciu oraz odpowiednio zaznaczyć.

Po wyznaczeniu punktów głównych należy wbić w nie szpilki oraz umieścić na odpowiednim podkładzie (papier rysunkowy, tektura itp.) w ten sposób, aby cztery punkty główne leżały w jednej linii prostej oraz by odległość punktu głównego pierwszego zdjęcia od tego samego punktu zidentyfikowanego na drugim zdjęciu wynosiła 26 cm, czyli była równa stałej długości bazy obserwacyjnej stereoskopu.

Uzyskujemy to w ten sposób, że do punktów głównych na obu zdjęciach przykładamy linię i tak obracamy zdjęciami, by punkty główne zdjęć sąsiednich wyznaczone przez identyfikację znalazły się na brzegu tej linii.

Po wykonaniu tych czynności należy zdjęcia tak przymocować do podkładu, by w czasie pracy nie uległy przesunięciu. Dla dobrego zamocowania poleca się oba zdjęcia przykryć płytką szklaną o rozmiarach 30 x 35 cm tak by można było przesuwając po niej stereomikrometr.



rys. 33

Płytką tą nie może być zbyt gruba, gdyż utrudnia to ogniskowanie obrazu wraz ze znaczkami pomiarowymi. Paralaksy powstałe wskutek grubości płytki i płytek, na których umieszczone są znaczki pomiarowe, nie będą miały ujemnego wpływu na obserwację, ponieważ przy zastosowaniu lornetki pomiary przeprowadzane są w środku pola widzenia, czyli przy celowych prostopadłych.

Po tych przygotowaniach można przystąpić do robienia pomiarów. Należy jednak pamiętać o tym, by zawsze w czasie pracy przesuwając stereomikrometr równolegle, co ułatwia aparat Kuhlmana.

W przeciwnym razie wystąpią poprzeczne paralaksy znaczków pomiarowych, które mogą utrudnić lub nawet uniemożliwić powstanie efektu stereoskopowego. Znaczki pomiarowe znajdujące się na płytkach szklanych zlewają się przy obserwacji stereoskopowej w jeden znaczek widziany „plastycznie”. Znaczek ten może znajdować się na terenie, pod lub nad nim. Przy lekkim obrocie śruby podnosi się on względnie opuszcza (co w rzeczywistości odpowiada liniowemu przesunięciu obu znaczków względem siebie) lub staje na obranym przez nas punkcie. Przy kręceniu śrubą mikrometryczną dla paralaksy podłużnej oraz przesuwaniu stereomikrometru po płaszczyźnie fotogramów znaczek wykonuje trzy ruchy przestrzenne, toteż zwą go często ruchomym przestrzennym znaczkami pomiarowym.

Po ustawieniu znacznika na jakimś punkcie terenu (najlepiej ruchem z góry na dół) należy zrobić odczyt na podziałce liniowej i bębnie śruby mikrometrycznej. Następnie przez przesunięcie stereomikrometru i obrót śruby ustawiamy znacznik na drugim punkcie terenu, znajdującym się wyżej od pierwszego punktu lub niżej i znów wykonujemy odczyt na podziałce i bębnie. Odejmując odczyt wykonany przy położeniu znacznika pomiarowego na drugim punkcie od odczytu wykonanego przy położeniu znacznika pomiarowego na pierwszym punkcie otrzymujemy różnicę paralaks, którą oznaczamy symbolem Δp .

Przy pomocy stereomikrometru możemy całą sytuację zdjęcia widzianą stereoskopowo przenieść na papier. Służy do tego ołówek umieszczony pośrodku między znaczkami. Jeżeli ustawimy znacznik na linię, którą chcemy narysować i będziemy prowadzić go po tej linii, wówczas włączony ołówek wyrysuje nam w przybliżeniu jej rzut poziomy na papierze rysunkowym umieszczonym w środku między zdjęciami.

Ponieważ prawy znacznik pomiarowy jest przesuwany w stosunku do lewego, narysowany kontur będzie odpowiadał konturowi odфотографowanemu na lewym zdjęciu tzn. obarczony będzie takimi samymi błędami, jakimi obarczony jest lewy fotogram.

Przed rysowaniem warstwic należy najpierw obliczyć stałą c według wzoru:

$$c = \frac{w_0 \cdot m}{b \cdot 1000}$$

a następnie różnice paralaks odpowiadające różnicom wysokości warstwic według wzoru:

$$\Delta p = \frac{\Delta w}{c}$$

Śrubę mikrometryczną ustawiamy na obliczoną wartość paralaksy i rysujemy warstwice przesuwając stereomikrometr tak, by znacznik pomiarowy zawsze dotykał powierzchni terenu. Różnice paralaks są nierówne dla warstwic leżących na różnych wysokościach przy dużych różnicach wysokości terenu. Zmniejszają się one wraz z obniżeniem położenia warstwic a zwiększają się z jego wzrostem. Różnice paralaks obliczamy wówczas z wzoru:

$$\Delta p = \frac{1}{c} \left(1 - \frac{\Delta w}{w_0} \right) \Delta w$$

We wzorze tym wysokość lotu w_0 jest określona jest dla punktu, którego wysokość nad poziomem morza jest nam znana. Wysokość tego punktu przyjmujemy za poziom porównawczy oraz obliczamy różnice wysokości w między poszczególnymi warstwicami a obranym poziomem.

Widzimy więc, jak duże zastosowanie ma stereomikrometr, gdyż możemy przy jego użyciu wykonywać plany sytuacyjne w skali lewego fotogramu. Możemy dokonywać pomiaru wysokości względnych różnych obiektów jak np. domy, drzewa, nasypy. Jeżeli mamy w stereogramie dany choć jeden punkt o znanej wysokości bezwzględnej, możemy zmierzyć wysokości bezwzględne różnych punktów odfotografowanych na zdjęciu. Stereomikrometr pozwala nam na wykreślenie profilów.

Wymiary zdjęć użytych do pracy przy pomocy stereomikrometru wynoszą 14 x 14 cm. Zdjęcia te robione były kamerą o ogniskowej $f = 170,1$ mm z wysokości lotu nad terenem $w = 920$ m. Pokrycie w szeregu wynosi 60%. Teren odfotografowany na zdjęciach jest terenem urozmaiconym, o pagórkowatym krajobrazie. Jest on pokryty osnową geodezyjną, składającą się z 29 punktów zidentyfikowanych na zdjęciach, posiadających współrzędne zarówno płaskie jak i wysokościowe. Opracowanie zdjęć podzielono na dwa etapy: opracowanie zdjęć nieprzetworzonych i opracowanie zdjęć przetworzonych.

Pierwszym zadaniem było obliczenie skali zdjęcia. Jak wiadomo, skala jest to stosunek ogniskowej kamery do wysokości lotu nad terenem, czyli:

$$M = \frac{f}{w} = \frac{1}{m}$$

W naszym przypadku

$$m = \frac{920}{0,1701} = 5408$$

Skala więc naszych zdjęć wynosi 1:5408.

Następnie na pierwszym zdjęciu znaleziono punkt główny (O_1), jako punkt przecięcia linii łączących znaczki tłowe, którego położenie na drugim fotogramie wyznaczono przez identyfikację, po czym wyznaczono punkt główny zdjęcia drugiego (O_2), który zidentyfikowano na zdjęciu pierwszym. Wyznaczono w ten sposób bazę.

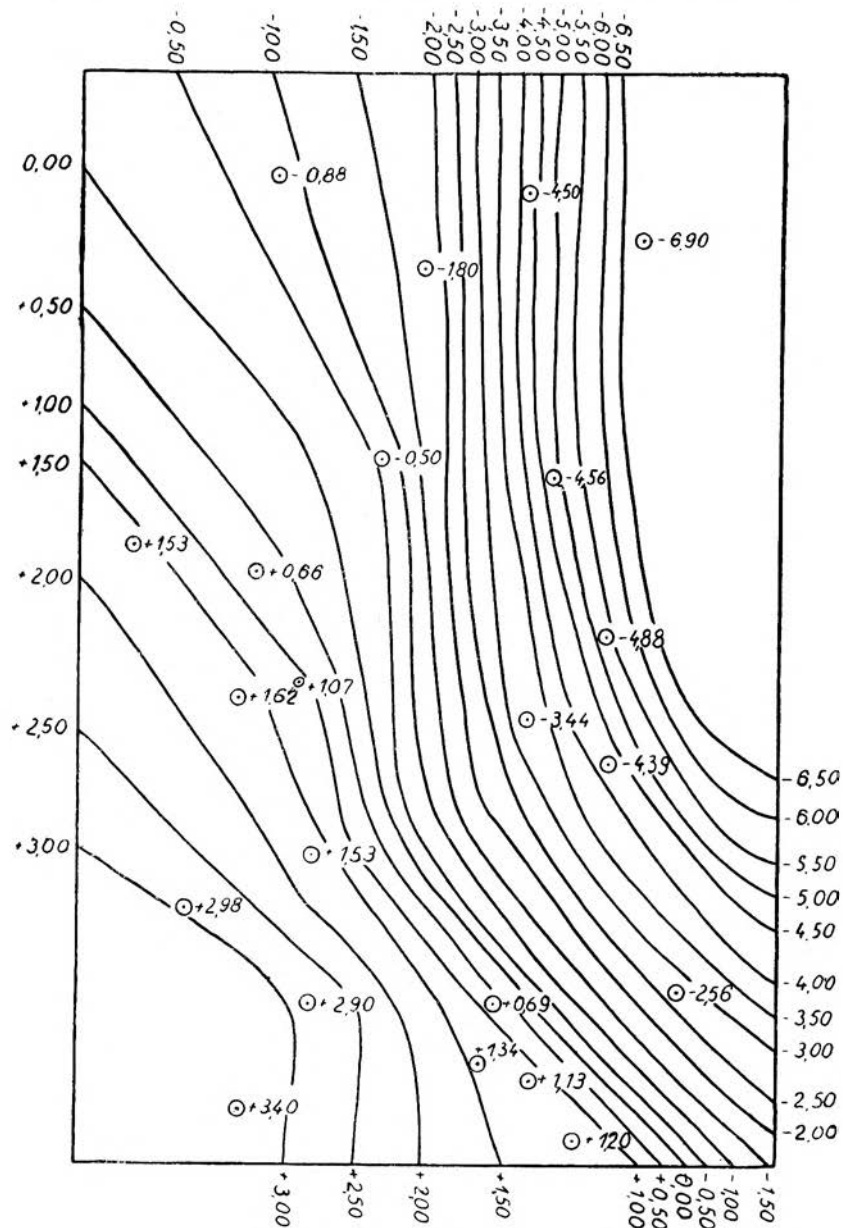
Pomiar bazy przeprowadzono dwukrotnie, to znaczy na każdym zdjęciu pomierzono $\bar{b}$ i $\bar{\bar{b}}$ i przyjęto dla b' wartość średnią

$$b = \frac{\bar{b} + \bar{\bar{b}}}{2} = 69,1 \text{ mm.}$$

Następnie ustawiono zdjęcia zgodnie z tym, co już wyżej powiedziano, by otrzymać model stereoskopowy i przystąpiono do robienia pomiarów. W tym celu obliczono najpierw stałą c .

$$c = \frac{w \cdot m}{b \cdot 1000} = \frac{920 \cdot 5408}{5035 \cdot 1000} = 18,3$$

Jako poziom średni przyjęto wysokość punktu V_5 równą 536,92 m jako najbardziej zbliżoną do wartości średniej arytmetycznej z wyso-



rys. 34

kości wszystkich punktów a to w tym celu, by różnice wysokości $\pm \Delta w$ nie były zbyt duże, co pozwoliło na zastosowanie wzoru prostszego

$$\Delta w = c \cdot \Delta p$$

Na punkcie tym ustawiono znaczek pomiarowy stereomikrometru przy odczycie paralaksy $= 10,00$ poczym przystąpiono do mierzenia różnic wysokości między poziomem średnim i poszczególnymi punktami. W tym celu odczytywano różnice pomiędzy paralaksą punktu V_5 a paralaksami danych punktów, następnie mnożono otrzymane odczyty przez stałą c i otrzymano różnice wysokości między tymi punktami a punktem V_5 . Różnice te porównano następnie z różnicami wysokości obliczonymi ze współrzędnych.

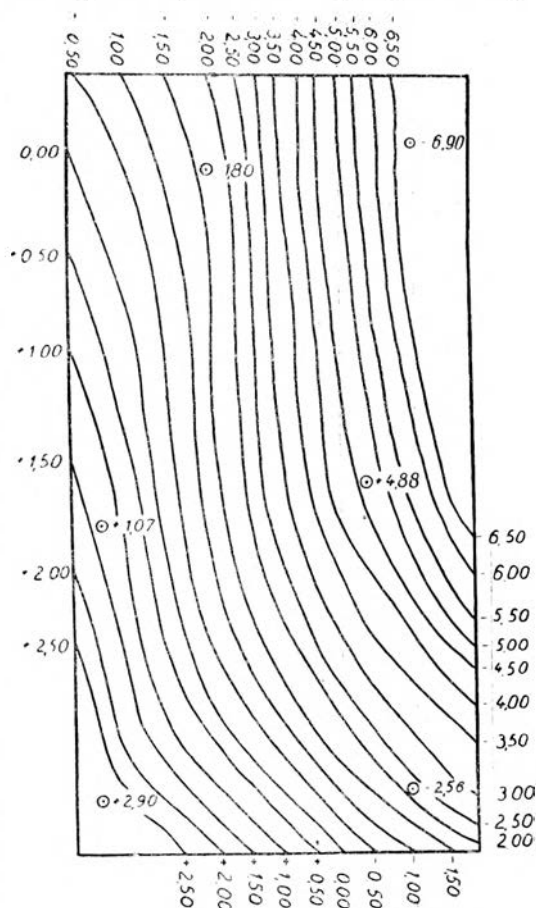
Okazało się, że model terenu wykazuje odchylenia od rzeczywistości wskutek tego, iż oś kamery w chwili robienia zdjęć nie była pionowa lub baza $S_1 \dots S_2$ nie była pozioma. Odchyłki wysokości mieszczą się w granicach od $-6,90$ do $3,40$ m (tablica 1).

Aby poprawić model i uniknąć tych błędów sporządzono wykres krzywych równych poprawek wysokości. Na kodatrasie naniesiono wszystkie punkty, na których dokonywano pomiarów i przy nich wypisano odchyłki między wysokościami pomierzonymi a wysokościami otrzymanymi z danych współrzędnych 22 punktów w odstępach co $0,5$ m i wyinterpolowano linie równych poprawek wysokości, których przebieg obrazuje rys. 34.

Rys. 35 przedstawia linie równych poprawek wysokości, wyinterpolowanych na podstawie tylko sześciu danych punktów w przypuszczeniu, że tyle punktów o znanych współrzędnych będziemy mieli w obszarze każdego stereogramu.

Następnie na wszystkich punktach jeszcze raz porobiono odczyty paralaks uwzględniając poprawki wysokości z rys. 35.

Odchyłki między różnicami wysokości pomierzonymi z uwzględnieniem poprawek wysokości a różnicami wysokości otrzymanymi ze współrzędnych obrazuje nam tab. 2.



rys. 35

TABLICA 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nazwa p-tu	Spółrz. wysok. p-tu	Spółrz. wysok. p-tu por. V_s	Różnica wysok. ze spółrzedn.	Paralaksa p-tu V_s	Odczyty paralaks	Różnice paralaks	Średnia różnica paral.	Stała c	Różnica wysokości z pomiar.	(10)–(4)	Uwagi
V_{10a}	524,08	536,92	–12,84	10,00	9,25 9,25 9,25 9,25	–0,75 –0,75 –0,75 –0,75	–0,75	18,3	–13,72	–0,88	
V_{25}	544,17	536,92	+ 7,25	10,00	10,15 10,15 10,15 10,15	+0,15 +0,15 +0,15 +0,15	+0,15	18,3	+ 2,75	–4,50	
V_{21}	547,66	536,92	+10,74	10,00	10,20 10,21 10,21 10,20	+0,20 +0,21 +0,21 +0,20	+0,21	18,3	+ 3,84	–6,90	
V_{10f}	525,18	536,92	–11,74	10,00	9,25 9,26 9,25 9,27	–0,75 –0,74 –0,75 –0,73	–0,74	18,3	–13,54	–1,80	
V_8	523,15	536,92	–13,77	10,00	9,22 9,23 9,21 9,22	–0,78 –0,77 –0,79 –0,78	–0,78	18,3	–14,27	–0,50	
V_{19}	552,64	536,92	+15,72	10,00	10,63 10,62 10,60 10,60	+0,63 +0,62 +0,60 +0,60	+0,61	18,3	+11,16	–4,56	
V_7	534,25	536,92	– 2,67	10,00	9,87 9,90 9,87 9,90	–0,13 –0,10 –0,13 –0,10	–0,11	18,3	– 2,01	+0,66	
V_6	533,29	536,92	– 3,63	10,00	9,86 9,86 9,86 9,85	–0,14 –0,14 –0,14 –0,15	–0,14	18,3	– 2,56	+1,07	
H_2	542,71	536,92	+ 5,79	10,00	10,40 10,41 10,39 10,40	+0,40 +0,40 +0,39 +0,40	+0,40	18,3	+ 7,32	+1,53	
V_{18}	550,95	536,92	+14,03	10,00	10,50 10,49 10,49 10,50	+0,50 +0,49 +0,49 +0,50	+0,50	18,3	+ 9,15	–4,88	
V_{16}	539,45	536,92	+ 2,53	10,00	9,95 9,96 9,95 9,96	–0,05 –0,04 –0,05 –0,04	–0,05	18,3	– 0,91	–3,44	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nazwa p-tu	Spólrz. wysok. p-tu	Spólrz. wysok. p-tu por. V_s	Różnica wysok. ze spólrzęd. n.	Parala-ksa p-tu V_s	Odczyty para-laks	Różnice para-laks	Średnia różnica paral.	Stała c	Różnica wysokości z pomiar.	(10)–(4)	Uwagi
H_{1a}	525,74	536,92	– 11,18	10,00	9,49 9,48 9,48 9,47	– 0,51 – 0,52 – 0,52 – 0,53	– 0,52	18,3	– 9,56	+ 1,62	
V_4	531,73	536,92	– 5,19	10,00	9,80 9,82 9,81 9,80	– 0,20 – 0,18 – 0,19 – 0,20	– 0,20	18,3	– 3,66	+ 1,53	
V_{13}	540,40	536,92	+ 3,48	10,00	10,05 10,05 10,04 10,05	+ 0,05 + 0,05 + 0,04 + 0,05	+ 0,05	18,3	– 0,91	– 4,39	
V_3	532,11	536,92	– 4,81	10,00	9,91 9,90 9,91 9,89	– 0,09 – 0,10 – 0,09 – 0,11	– 0,10	18,3	– 1,83	+ 2,98	
PP_5	544,05	536,92	+ 7,13	10,00	10,25 10,24 10,25 10,24	+ 0,25 + 0,24 + 0,25 + 0,24	+ 0,25	18,3	+ 4,57	– 2,56	
V_2	539,51	536,92	+ 2,59	10,00	10,31 10,30 10,29 10,30	+ 0,31 + 0,30 + 0,29 + 0,30	+ 0,30	18,3	+ 5,49	+ 2,90	
25_{1a}	548,12	536,92	+ 11,20	10,00	10,65 10,64 10,66 10,65	+ 0,65 + 0,64 + 0,66 + 0,65	+ 0,65	18,3	+ 11,89	+ 0,69	
V_{28}	550,97	536,92	+ 14,05	10,00	10,82 10,83 10,82 10,83	+ 0,82 + 0,83 + 0,82 + 0,83	+ 0,83	18,3	+ 15,18	+ 1,13	
H_5	549,30	536,92	+ 12,38	10,00	10,75 10,75 10,75 10,73	+ 0,75 + 0,75 + 0,75 + 0,73	+ 0,75	18,3	+ 13,68	+ 1,30	
V_{17}	551,11	536,92	+ 14,19	10,00	10,85 10,86 10,85 10,84	+ 0,85 + 0,86 + 0,85 + 0,84	+ 0,85	18,3	+ 15,55	+ 1,36	
V_1	541,75	536,92	+ 4,83	10,00	10,45 10,46 10,45 10,45	+ 0,45 + 0,46 + 0,45 + 0,45	+ 0,45	18,3	+ 8,23	+ 3,40	

TABLICA 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nazwa p-tu	Spólrz. wysok. p-tu	Spólrz. wysok. p-tu V_s	Różnica wysok. ze spółrząd.	Paralaksa p-tu V_s	Odczyty paralaks	Różnice paralaks	Średnia różnica paral.	Stała c	Różnica wysokości z pomiar.	(10)–(4)	Uwagi
V_{10a}	524,08	536,92	–12,84	10,00	9,16 9,17 9,16 9,17	–0,84 –0,83 –0,84 –0,83	–0,84	13,3	–11,17	+1,67	
V_{25}	544,17	536,92	+ 7,25	10,00	10,57 10,56 10,55 10,56	+0,57 +0,56 +0,56 +0,56	+0,56	13,3	+ 7,44	+0,19	
V_{22}	543,43	536,92	+ 6,51	10,00	10,48 10,50 10,48 10,47	+0,48 +0,50 +0,48 +0,47	+0,48	13,3	+ 6,38	–0,13	
V_{10f}	525,18	536,92	–11,74	10,00	9,23 9,24 9,23 9,23	–0,77 –0,76 –0,77 –0,77	–0,77	13,3	–10,24	+1,50	
V_8	523,15	536,92	–13,77	10,00	8,97 8,95 8,98 8,97	–1,03 –1,04 –1,02 –1,03	–1,03	13,3	–13,70	+0,07	
V_{19}	552,64	536,92	+15,72	10,00	11,03 11,03 11,02 11,02	+1,03 +1,03 +1,02 +1,02	+1,03	13,3	+13,70	–2,02	
V_7	534,25	536,92	– 2,67	10,00	9,71 9,72 9,73 9,71	–0,29 –0,28 –0,27 –0,29	–0,27	13,3	– 3,59	–0,92	
V_6	533,26	536,92	– 3,63	10,00	9,66 9,65 9,66 9,65	–0,34 –0,35 –0,34 –0,35	–0,34	13,3	– 4,52	–0,89	
V_{20}	547,96	536,92	+11,04	10,00	10,72 10,72 10,73 10,73	+0,72 +0,72 +0,73 +0,73	+0,73	13,3	+ 9,71	–1,33	
V_{18}	550,95	536,92	+14,03	10,00	10,89 10,90 10,89 10,90	+0,89 +0,90 +0,89 +0,90	+0,90	13,3	+11,97	–2,06	
V_{16}	539,45	536,92	+ 2,53	10,00	10,05 10,06 10,06 10,05	+0,05 +0,06 +0,06 +0,05	+0,06	13,3	+ 0,80	–1,73	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nazwa p-tu	Spólrz. wysok. p-tu	Spólrz. wysok. p-tu V_s	Różnica wysok. ze spół- rzedn.	Parala- ksa p-tu V_s	Odczyty para- laks	Różnice para- laks	Średnia różnica paral.	Stała c	Różnica wysokości z pomiar.	(10)-(4)	Uwagi
H_{1a}	525,74	536,92	-11,18	10,00	9,14 9,15 9,13 9,13	-0,86 -0,85 -0,87 -0,87	-0,87	13,3	-11,43	-0,25	
V_{14}	553,46	536,92	+16,54	10,00	11,25 11,25 11,27 11,28	+1,25 +1,25 +1,27 +1,28	+1,25	13,3	+16,62	+0,08	
V_{13}	540,40	536,92	+ 3,48	10,00	10,11 10,10 10,11 10,12	+0,11 +0,10 +0,11 +0,12	+0,11	13,3	+ 1,46	-2,02	
V_3	532,11	536,92	- 4,81	10,00	9,74 9,74 9,75 9,74	-0,26 -0,26 -0,25 -0,26	-0,26	13,3	- 3,46	+1,35	
PP_5	544,05	536,92	+ 7,13	10,00	10,55 10,55 10,56 10,55	+0,55 +0,55 +0,56 +0,55	+0,55	13,3	+ 7'31	+0,18	
V_{28}	550,97	536,92	+14,05	10,00	10,92 10,93 10,93 10,91	+0,92 +0,93 +0,93 +0,91	+0,93	13,3	+12,37	-1,68	
V_9	532,59	536,92	- 4,33	10,00	9,69 9,68 9,67 9,66	-0,31 -0,32 -0,33 -0,34	-0,32	13,3	- 4,26	+0,07	
V_{27}	551,11	536,92	+14,19	10,00	11,20 11,19 11,19 11,20	+1,20 +1,19 +1,19 +1,20	+1,19	13,3	+15,82	+1,63	
V_1	541,75	536,92	+ 4,83	10,00	10,53 10,52 10,52 10,50	+0,53 +0,52 +0,52 +0,50	+0,51	13,3	+ 6,78	+1,95	

Jak widać, odchyłki te przy zastosowaniu wykresu równych poprawek wysokości znacznie się zmniejszyły. Jednak jak widać, sporządzenie wykresu krzywych równych poprawek wysokości wymaga dużej ilości punktów kontrolnych (sześciu), co w praktyce nie zawsze jest osiągalne. Ponadto praca ta wymaga dużej ilości czasu, dlatego w dalszym ciągu niniejszej pracy należy zbadać, czy użycie zdjęć przetworzonych, jeżeli takie są do dyspozycji, nie da zadowalająco dokładnych wyników bez żmudnego procesu interpolowania poprawek wysokości.

Opracowanie zdjęć przy pomocy stereomikrometru obarczone jest błędami systematycznymi, które częściowo dadzą się usunąć. Należy do nich błąd wynikający z deformacji fotogramów utrwalonych na papierze fotograficznym. Deformację tą nazywamy zwyczajnie skurczem. W zależności od temperatury i wilgotności powietrza wystąpić może także rozkurcz.

Pomiar skurczu odbywa się w prosty sposób, jeżeli zdjęcie mamy w postaci oryginalnej kliszy, mierzymy wtedy odstęp znaczków tłowych na kliszy i na odbitce stykowej przynajmniej w dwóch do siebie prostopadłych kierunkach. W przypadku gdy używamy zdjęć przetworzonych i praca była staranna, skurcz papieru mamy zwykle uwzględniony przy przetwarzaniu.

Poniższa tabelka podaje wielkości skurczu odbitek stykowych użytych do niniejszej pracy w kierunku podłużnym i poprzecznym.

	Fotogram lewy			Fotogram prawy		
	odbitka	klisza	skurcz	odbitka	klisza	skurcz
rozstaw znaczków podłużny	137,70	135,61	2,09	137,60	135,60	2,00
rozstaw znaczków poprzeczny	136,16	135,70	0,46	136,19	135,75	0,44

Z zestawienia powyższego widać, że przypuszczalnie z powodu dużej wilgotności powietrza w pracowni nastąpił rozkurcz i to wcale duży, zwłaszcza w kierunku podłużnym a więc w kierunku, w którym rozciąga się baza zdjęcia (b').

Skurcz wpływa na skalę zdjęcia i na bazę zdjęcia, gdyż skala jest wprost proporcjonalna do zmiany bazy na fotogramie. W rezultacie może mieć to wpływ na obliczenie wartości c . W praktyce jednak zmiana stałej c jest tak mała, że uwzględnienie jej byłoby niepotrzebnym zachodem. Wpływ skurczu na paralaksę stereoskopową nie jest niebezpieczny, gdyż zwykle bywa jednaki dla obu fotogramów a nadto mierzy się paralaksę względną, odniesioną do jakiegoś obranego punktu a nie bezwzględną, odniesioną do punktu w nieskończoności.

Drugim błędem systematycznym, który jesteśmy w możności częściowo usunąć są perspektywiczne zniekształcenia planu spowodowane różnicami wysokości, jakie występują w terenie (deniwelacja). Są to tak zwane przesunięcia radialne po prostej, łączącej punkt dany z punktem nadirowym na fotogramie.

Zniekształcenia planu sytuacyjnego powstałe tą drogą dadzą się obliczyć z wzoru:

$$\frac{\Delta w}{w} = \frac{\Delta r}{r} \text{ rozwiązanego ze względu na } \Delta r.$$

Trzecim błędem systematycznym są zniekształcenia powierzchniowe figur o konturze poziomym, leżących w różnych wysokościach np. powierzchnie otoczone konturem warstwic.

$$p - p_1 = \Delta p \quad \frac{p}{p_1} = \frac{w^2}{w_1^2}$$

$$\frac{p}{p_1} = \frac{\left(\frac{f}{w}\right)^2}{\left(\frac{f}{w - \Delta w}\right)^2} = \frac{(w - \Delta w)^2}{w^2}$$

$$p = \frac{p_1 (w - \Delta w)^2}{w^2} = \frac{p_1 w^2 - 2p_1 w \cdot \Delta w + p_1 \Delta w^2}{w^2}$$

$$\begin{aligned} p - p_1 &= \frac{p_1 w^2 - 2p_1 w \cdot \Delta w + p_1 \Delta w^2 - p_1 w^2}{w^2} = \frac{-2p_1 w \Delta w + p_1 \Delta w^2}{w^2} = \\ &= \frac{-2p_1 \Delta w}{w} + \frac{p_1 \Delta w^2}{w^2} \end{aligned}$$

ponieważ

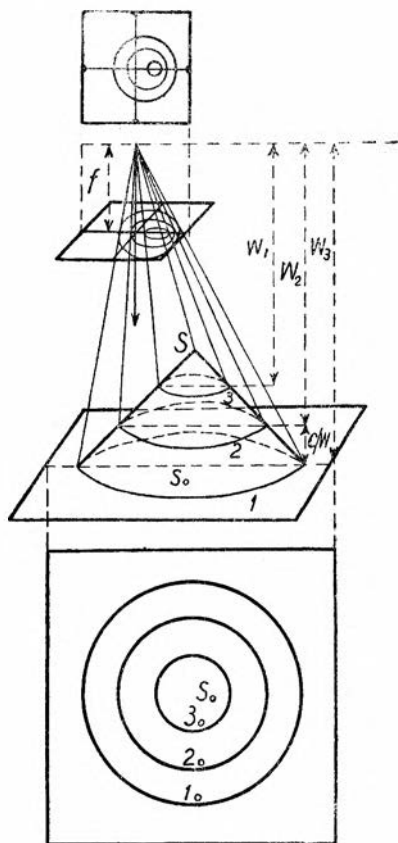
$$\frac{p_1 \Delta w^2}{w^2} \text{ jest bliskie zeru}$$

ostatecznie

$$\Delta p = -2p_1 \cdot \frac{\Delta w}{w}$$

W terenach prawie płaskich stereomikrometr do opracowania topograficznego prawie się nie nadaje, gdyż jego podstawową cechą charakterystyczną jest pomiar wysokości względnych, które w terenach prawie płaskich są praktycznie równe zeru. zaś wykreślony plan sytuacyjny, będzie stanowczo mniej dokładny i mniej bogaty w szczegóły niż fotomapa.

Natomiast nawet i w takich terenach można dokonywać stereomikrometrycznie z korzyścią pomiaru wysokości względnych różnych przedmiotów np. nasypów, przekopów, budynków, pojedynczych drzew oraz profilów drzewostanów w dużych kompleksach leśnych.



rys. 36

Duże korzyści daje stereomikrometr przy opracowaniu topografii terenów górzystych o niezbyt dużych różnicach wysokości. Przy znacznych różnicach wysokości mogłyby wystąpić zbyt duże radialne przesunięcia planu sytuacyjnego i zniekształcenia powierzchniowe. W terenach gór średnio wysokich oprócz pełnego topograficznego opracowania możliwe jest również wykonanie pomiarów wyżej wymienionych obiektów. Będzie to więc właściwa i najbardziej korzystna dziedzina zastosowania stereomikrometru.

OD REDAKCJI

Praca niniejsza została wykonana w Geodezyjnym Instytucie Naukowo-Badawczym w roku 1952 przez mgr inż. Z. Stańczyka jako praca planowa i jest zbliżona swym tematem do metod radzieckich. Praca ta nie wyczerpuje tematu, a przedstawia jedynie jeden z uproszczonych sposobów kreślenia map topograficznych z odbitek zdjęć lotniczych dla terenów falistych.

Temat pracy jest bardzo aktualny jeszcze i z tego względu, ponieważ dotyczy możliwości użycia do kreślenia warstwic prostych przyrządów

W pracy tej czytający znajdzie również proste wzory, z których praktyk musi korzystać pracując na stereogramach topograficznych.

Te wszystkie momenty skłaniają GINB do opublikowania tej pracy, która może być pomocą dla znalezienia lepszych metod wykorzystania stereomikrometrów w naszej produkcji.

ЗБИГНЕВ СТАНЬЧЫК

СТЕРЕОМИКРОМЕТР И ЕГО УПОТРЕБЛЕНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ

Дано описание стереомикрометра, т. е. прибора до обработки аэроснимков. Прибор этот состоит из трех главных частей: собственно стереомикрометра, наблюдательной системы, состоящей из телестереоскопа Гелмгольца и параллельных ведущих Кульмана.

Собственно стереомикрометр измеряет параллакс и состоит из микрометрического винта и двух плоско-параллельных стеклянных пластинок с нанесенными на них мерными значками. Актуальное расстояние между значками можно отсчитывать на шкале и микрометре винта с точностью 0,01 мм.

Главным применением стереомикрометра есть измерение высот разных объектов. Отсчитывая параллакс между самой нижней и самой высокой точкой данного объекта, вычисляем его высоту из формулы:

$$\Delta w = c \cdot \Delta p$$

$$\text{где } w \text{ — высота; } c = \text{const} = \frac{w \cdot m}{b \cdot 1000}$$

При помощи стереомикрометра можно также вычертить на бумаге ситуацию левой фотограммы при помощи закрепленного посередине между значками карандаша, а так же чертить изогийеы и профили.

Описывается процесс обработки стереограммы. При измерении высот оказалось, что модель поверхности густ отклонения от истины вследствие того, что ось камеры в моменте снимка не была отвесной, и базис не был горизонтален. Чтобы элиминировать эти ошибки были построены кривые равных поправок высот через 0,5 м. Соответственные поправки были интерполированы, и итоги получились гораздо точнее. Были учтены также систематически ошибки из — за деформации фотограмм вследствие изменения температуры и влажности воздуха. Учитывались также перспективические деформации плана, т. е. радиальные перемещения и повепхностные искажения фигур, лежащих на разных высотах.

По мнению автора, лучшим применением стереомикрометра являются измерения высот разных объектов, топографическая и высотная обработка в не очень высоких горных районах.

ZBIGNIEW STAŃCZYK

DESCRIPTION ET TECHNIQUE DU TRAVAIL SUR STÉRÉOMICROMÈTRE

RÉSUMÉ

Ce travail contient la description du stéréomicromètre, c'est à dire d'un instrument servant à étudier les prises de vue aériennes (photogrammes). Cet instrument se compose de trois parties, essentielles: 1^o) un stéréomicromètre proprement dit, 2^o) système d'observation constituant le téléstéréoscop du système Helmholtz et 3^o) glissière parallèle de Kuhlman.

Le stéréomicromètre proprement dit sert à mesurer la parallaxe. Il se compose d'une vis micrométrique et de deux plaquettes (lamelles) en verre, sur lesquelles sont gravés les indices de mesure. La lecture de chaque intervalle des indices de mesure s'effectue sur l'échelle et le tambour de vis micrométrique. La précision de mesure (lecture) est de 0.01 millimètre.

L'application essentielle du stéréomicromètre c'est le mesurage de la hauteur des divers objets. Dans ce fait on déchiffre (mesure) la parallaxe entre le point le moins élevé et le point le plus élevé de cet objet et ensuite on calcule la différence de la hauteur d'après la formule

$$\Delta W = C \cdot \Delta P$$

où W — hauteur de l'objet. $c = \text{constans} = \frac{w \cdot m}{b \cdot 1000}$;

A l'aide de stéréomicromètre on peut ainsi reproduire sur le papier toute la situation du photogramme gauche et cela en plaçant la crayon au milieu entre les indices de mesure. Le stéréomicromètre permet aussi tracer des courbes de niveau et des profils.

La deuxième partie du travail contient la description du procédé d'élaboration du stéréogramme.

Pendant la détermination de la hauteur on a constaté que le modèle du terrain démontre les différences (déviations) du terrain, réel et cela parce que l'axe de la caméra (la chambre) n'était pas en position verticale et la base en position horizontale au moment de la prise de vues.

Pour éliminer ces erreurs on a fait un diagramme des courbes égales aux corrections de hauteur chaque 0,5 mètre, et on a interpolé des corrections respectives. Il s'est avéré qu'en appliquant le diagramme, on a obtenu des résultats bien plus précis.

On a pris aussi en considération les erreurs systématiques résultant de la déformation des photogrammes par suite des changements de la température et de l'humidité de l'air. Enfin on a discuté aussi les déformations perspectives du plan c'est à dire les déviations radiales ainsi que la déformation de surface des figures situées sur différentes hauteurs.

L'auteur achève son travail en constatant que le domaine le plus opportun pour application de stéréomicromètre est le mesurage des hauteurs de différents objets ainsi qu'élaboration topographique et de hauteur des terrains dans les montagnes moyennes.

SPIS TRESCI

BŁAZEJ DULIAN	str.
Metoda Zingera i przystosowanie teodolitu astronomicznego Wild T4 do dokładnego wyznaczenia poprawki czasu tą metodą	3
STANISŁAW KASPEREK	
Zagęszczenie sieci triangulacji wyższego rzędu przy pomocy punktów oporowych	57
STANISŁAW DMOCHOWSKI	
Poligonizacja techniczna metodą smukłych trójkątów	73
ZBIGNIEW STAŃCZYK	
Opis i technika pracy na stereomikrometrze	93

ОГЛАВЛЕНИЕ

БЛАЖЕЙ ДУЛЯН	
Метод Цингера и применение астрономического теодолита Wild T-4 для точного определения поправки времени по этому методу .	54
СТАНISŁAW KASПЭРЭK	
Загущение сети тpиангуляции высшего ряда при помощи опорных пунктов	71
СТАНISŁAW ДМОХОВСКИ	
Метод „стройных“ мpеугольников в технической полигонометрии .	89
ЗБИГНЕВ СТАНЬЧИК	
Стереомикрометр и его употребление	112

SOMMAIRE

BŁAZEJ DULIAN	
La méthode de Zinger et l'utilisation du théodolite astronomique Wild T-4 pour la détermination de précision du temps par la cette méthode .	55
STANISŁAW KASPEREK	
L'épaississement du réseau de triangulation du rang supérieur à l'aide des points de résistance	72
STANISŁAW DMOCHOWSKI	
Polygonisation technique par la méthode des triangles sveltes . .	91
ZBIGNIEW STAŃCZYK	
Description et technique du travail sur stéréomicromètre	113

