

Niektóre właściwości opracowania map fotograficznych terenów wysokogórskich za pomocą przystawek ortofoto oraz wyniki prac doświadczalno-badawczych

1. Wstęp

Celem zmniejszenia zniekształceń perspektywicznych, powstających podczas przetwarzania różniczkowego zdjęć terenów wysokogórskich, do wielkości, które mieściłyby się w dopuszczalnych granicach dokładności opracowywanej ortofotomapy stosuje się dwa rozwiązania:

- a) dobór wymiarów szczeliny przetwarzania,
- b) korektę poprzecznego nachylenia terenu za pomocą dodatkowych urządzeń optycznych.

Stosowanie korektorów nachylenia terenu jest możliwe jedynie podczas przetworzenia zdjęć na ortoprojektorach, pracujących w systemie off-line (np. Avioplan OR-1 Wilda) lub przystawkach ortofoto sprzężonych z autografem analogowym lecz sterowanych cyfrowo (np. Ortofoto-C produkcja Zakładów C. Zeiss-Jena). W innych przystawkach ortofoto, działających w systemie on-line wpływ poprzecznego nachylenia terenu można wyeliminować tylko przez zmniejszenie wymiaru szczeliny.

Z uwagi na zalety techniki ortofoto (ekonomia czasu i nakładu kosztów opracowania map) w Instytucie Geodezji i Kartografii przy współpracy z Państwowym Przedsiębiorstwem Geodezyjno-Kartograficznym opracowano technologię sporządzania map fotograficznych na dostępnych w kraju przystawkach ortofoto. Schemat blokowy powyższej technologii, dotyczący I etapu, tj. opracowania oryginału negatywu arkusza ortofotomapy przedstawiono w tablicy 1.

Wymieniona technologia przewiduje wykorzystanie dwóch przystawek ortofoto do sporządzania ortofotomap wielkoskalowych, a mianowicie:

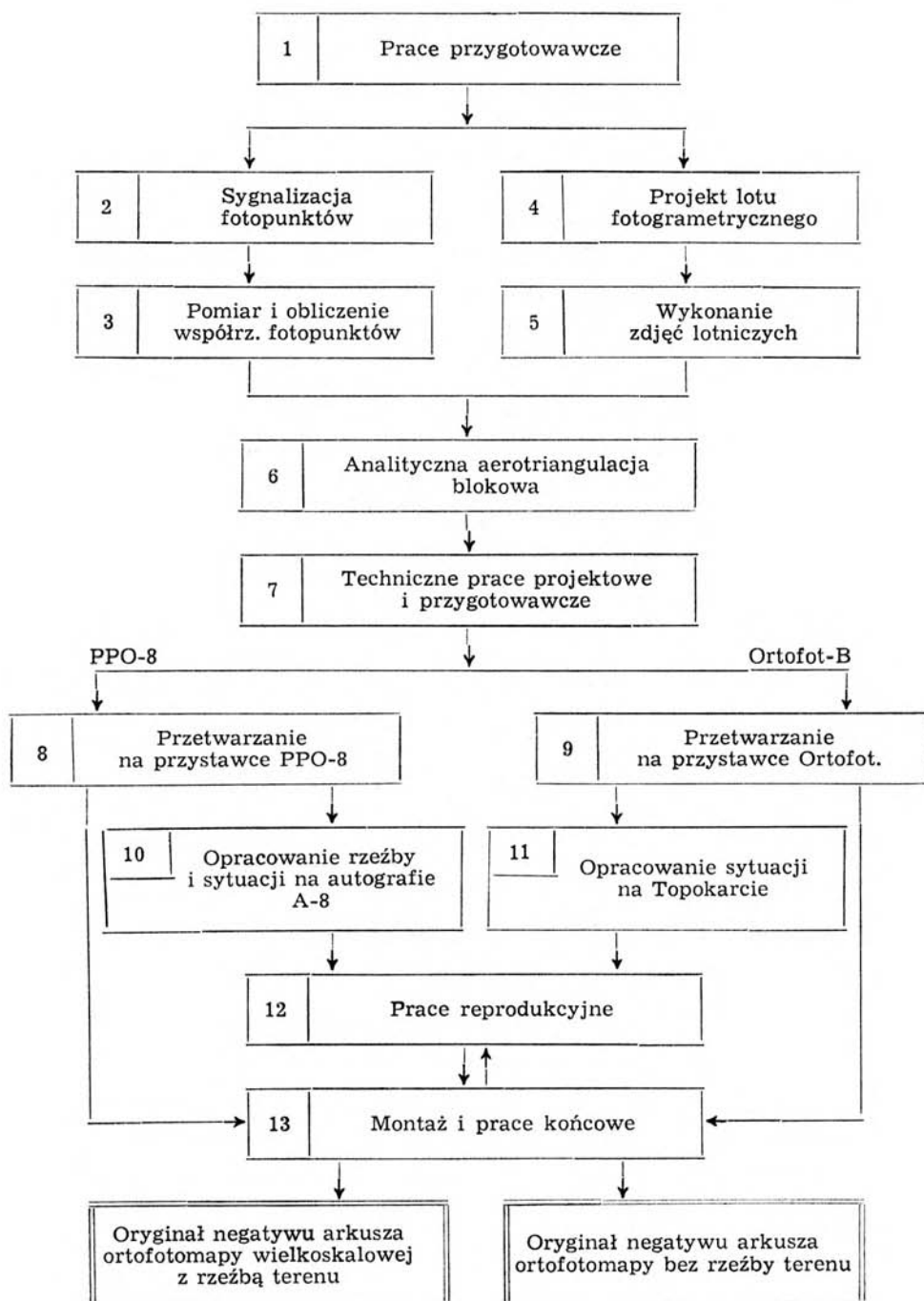
— Ortofotu — B produkcji Zakładów C. Zeiss Jena pracującego w połączeniu z Topokartem B,

— Przystawki PPO-8 produkcji firmy Wild zamontowanej do autografu A-8.

Obydwa wymienione zestawy ortofoto działają w systemie on-line i dlatego opracowanie na nich map fotograficznych terenów wysokogórskich wymaga specjalnego omówienia.

Tablica 1

Schemat blokowy technologii etapu I



2. Cechy szczególne opracowania terenów wysokogórskich

Przetwarzanie różniczkowe zdjęć w systemie on-line odbywa się przez stereoskopowe prowadzenie znacznika pomiarowego po modelu terenu przy automatycznym ruchu znacznika wzdłuż osi Y autografu. W ten sposób przekazujemy informacje o pionowym profilu terenu do przystawki ortofoto, gdzie powstaje ortonegatyw po naświetleniu filmu poprzez szczelinę przetwarzania.

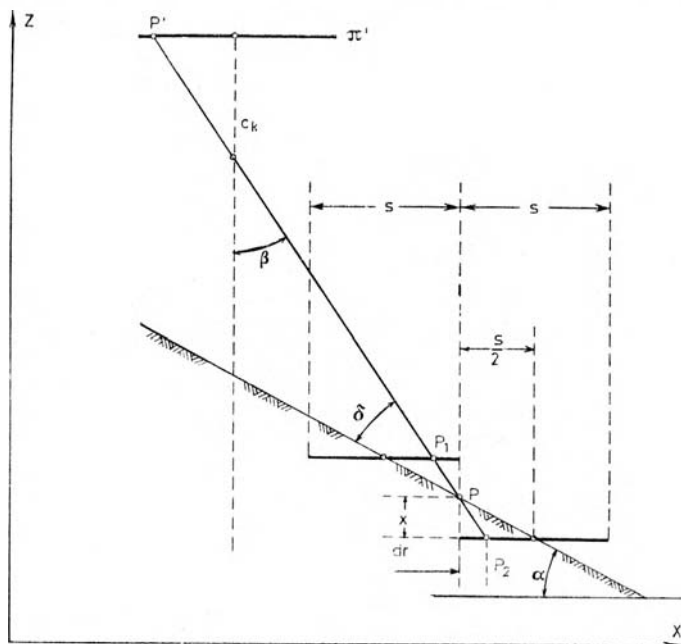
Podczas przetwarzania zdjęć terenów o znacznych deniwelacjach, a w szczególności terenów o stromych zboczach mogą wystąpić niekorzystne zjawiska, a mianowicie:

— podwójne odwzorowanie na ortonegatywie jednoimiennych punktów terenu oraz uskoki na styku sąsiednich szczelin;

— rozmazanie — nieostrość przetworzonego obrazu w kierunku równoległym do kierunku przesuwu szczeliny tj. do osi Y autografu.

2.1. Przyczyny podwójnego odwzorowania

Z rysunku 1 widać, że przy poprzecznym nachyleniu terenu do kierunku przetwarzania — „profilowania” i zastosowaniu szczeliny o długości s , punkt zdjęcia P' odwzorowuje się za pośrednictwem dwóch szczelin



Rys. 1

lin w punktach P_1 i P_2 . W ten sposób w płaszczyźnie ortonegatywu powstaje dwukrotne odwzorowanie punktu terenu P .

W konkretnym przypadku, przedstawionym na rysunku, przyczyną tego zjawiska jest zastosowanie do przetwarzania zbyt długiej szczeliny s .

W oparciu o proste zależności geometryczne wynikające z rysunku 1 można wyprowadzić wzór na obliczenie długości szczeliny, przy której przesunięcie dr punktu P_1 i P_2 będzie mieścić się w granicach wymaganej dokładności opracowania.

Z podobieństwa trójkątów otrzymujemy:

$$\frac{dr}{x} = \operatorname{tg} \beta; \quad \frac{2x}{s} = \operatorname{tg} \alpha$$

skąd

$$s = \frac{2 dr}{\operatorname{tg} \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (1)$$

Dwukrotne lub nawet trzykrotne odwzorowanie punktu P w płaszczyźnie ortonegatywu powstaje również wówczas, gdy promień rzutuujący $P'P$ zawiera z powierzchnią terenu zbyt mały kąt δ i jak gdyby „ślizga” się po terenie. Uważa się, że kąt ten nie powinien być mniejszy od 15° , co należy uwzględnić przy projektowaniu wykonania zdjęć lotniczych.

2.2. Rozmazanie — nieostrość obrazu

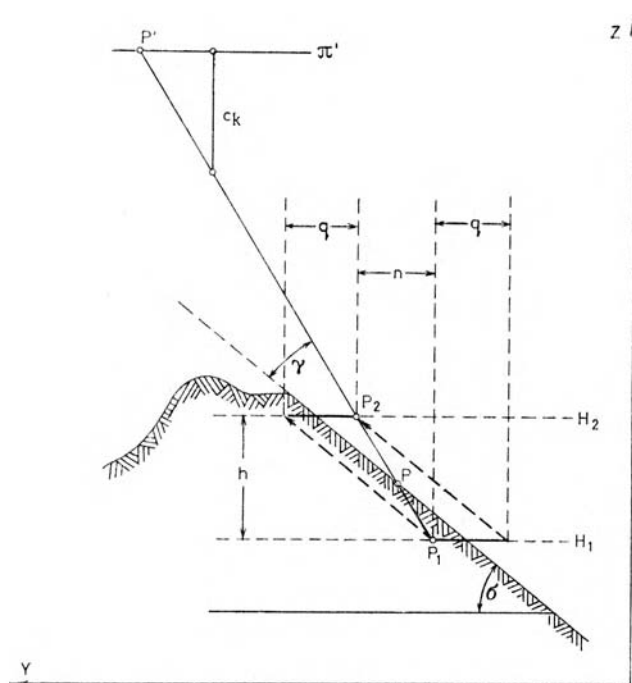
Zjawisko nieostrości obrazu na przetworzonym zdjęciu, związane jest z szerokością szczeliny przetwarzania. Zagadnienie to wyjaśnia rysunek 2.

Podczas czynności przetwarzania szczelina w przystawce ortofoto i znaczek pomiarowy w autografie przesuwają się automatycznie w kierunku zgodnym z ruchem Y autografu. W czasie tego ruchu obserwator utrzymuje znaczek pomiarowy na powierzchni modelu terenu, zmieniając ciągle jego wysokość, a tym samym i powiększenie obrazu zdjęcia w polu szczeliny.

W terenach górzystych o stromych zboczach, nachylonych w kierunku profilowania może powstać rozmazanie obrazu zdjęcia objętego polem szczeliny przetwarzania.

Zgodnie bowiem z rysunkiem 2, podczas zmiany wysokości znacзка pomiarowego o wartości h i jego ruchu wzdłuż osi Y przez cały czas widzimy w polu szczeliny q obraz punktu P . Przesuwa się on od położenia P_1 przy wysokości znacзка pomiarowego w H_1 do położenia P_2 przy wysokości znacзка pomiarowego w H_2 .

Ponieważ szczelina podczas tego ruchu jest ciągle naświetlana,



Rys. 2

a obraz w polu szczeliny zmienia swoje powiększenie, punkt P odwzorowuje się w postaci odcinka n . Wielkość odcinka n zależy od szerokości użytej do przetwarzania szczeliny q , kąta nachylenia terenu σ oraz kąta γ , który tworzy promień rzutujący PP' z powierzchnią terenu.

Z zależności geometrycznych na rysunku 2 wynika, że:

$$\operatorname{tg} \sigma = \frac{h}{q+n}; \quad \operatorname{tg} (\sigma + \gamma) = \frac{h}{n},$$

skąd można obliczyć wielkość odcinka wg wzoru:

$$n = \frac{q \operatorname{tg} \sigma}{\operatorname{tg} (\sigma + \gamma) - \operatorname{tg} \sigma} \quad (2)$$

Zakładając: $\sigma = 30^\circ$, $\gamma = 15^\circ$ i szerokość szczeliny $q = 0,5$ mm otrzymujemy $n = 0,7$ mm. Oznacza to, że szczelina o szerokości $q = 0,5$ mm nie nadaje się do przetwarzania zdjęć terenów wysokogórskich.

Rozwiązując zależność (2) ze względu na q otrzymamy wzór na wielkość szczeliny:

$$q = n \frac{\operatorname{tg} (\sigma + \gamma) - \operatorname{tg} \sigma}{\operatorname{tg} \sigma} \quad (3)$$

Przy niezmiennionych kątach σ i γ i założeniu $n = 0,3$ mm otrzymamy wg wzoru (3) $q = 0,2$ mm.

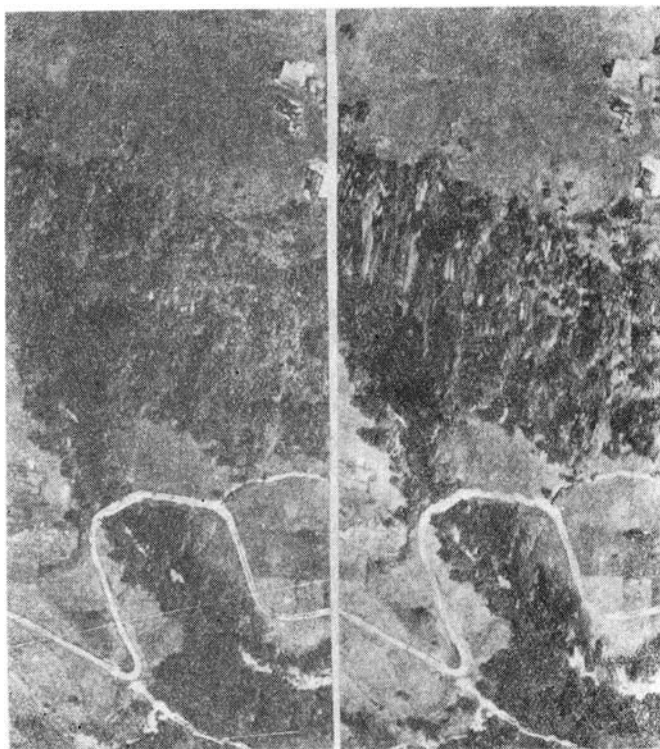
Komplety szczelin wchodzące w skład wyposażenia przystawek ortofoto zawierają szczeliny o wymiarach: szerokość od 0,1 mm do 1,0 mm i długość od 2 mm do 16 mm (dla zdjęć czarno-białych).

Zjawisko nieostrości obrazu ilustruje ponadto rysunek 3. Na rysunku 3a przedstawiono wycinek zdjęcia lotniczego przetworzony za pomocą szczeliny o szerokości $q = 0,2$ mm. Obraz tego przetworzenia można uznać za prawidłowy. Natomiast na rysunku 3b pokazano ten sam wycinek przetworzony za pomocą szczeliny $q = 0,5$ mm, na którym wyraźnie widać rozmazanie obrazu szczegółów sytuacyjnych. Obydwa przetworzenia wykonano w skali 1 : 2000 na podstawie zdjęć lotniczych w skali 1 : 9000.

Przytoczone pobieżne obliczenia oraz wykonane opracowania doświadczalne dobitnie wykazują, że przy opracowaniu zdjęć ortofoto terenów wysokogórskich należy stosować szczeliny o minimalnej szerokości.

a)

b)



Rys. 3

3. Przebieg i wyniki prac doświadczalnych

W celu sprawdzenia rozważań teoretycznych, dotyczących możliwości opracowania map fotograficznych terenów wysokogórskich na zestawach topokart — Ortofot B i autograf A8 — przystawka PPO-8, przygotowano do opracowania zdjęcia lotnicze i materiały pomiarowe wyszczególnione w tablicy 2.

Tablica 2

Lp.	Nazwa materiałów	Skala zdjęć 1 : m	Stała kamery c_k w mm	Deniwe- lacje terenu h_{max} w m	Uwagi
1	Diapozytywy zdjęć lotniczych pola szwajcarskiego Monti di Rivöira: 2412-13-14	1 : 9 000	115,26	± 400 m	Na płytach szklanych
2	Diapozytywy zdjęć szwajcarskich St. Gal. 2809-10-11	1 : 20 000	88,67	± 300 m	Na błonie fotograficznej
3	Diapozytywy zdjęć szwajcarskich St. Gal. 4906-08	1 : 30 000	152,77	± 300 m	Na błonie fotograficznej
4	Diapozytywy przetworzonych nadirowo zdjęć Monti di Rivöira: 2412-13-14	1 : 9 000	57,56	± 400 m	Na płytach szklanych
5	Wykazy współrzędnych geodezyjnych punktów osnowy fotogrametrycznej i punktów kontrolnych oraz ich fotograficzne opisy.				

3.1. Opracowanie zdjęć — przetworzenia techniką ortofotograficzną

Podczas opracowania — przetwarzania różniczkowego zdjęć korzystano z wytycznych technologicznych zawartych w opracowanej w IGiK „Optymalnej technologii sporządzania map fotograficznych przy zastosowaniu techniki ortofoto”, której schemat blokowy podano w tablicy 1. Wytyczne te wymagają uzupełnienia w związku ze specyfiką opracowania. Specyfika ta wynika przede wszystkim z:

- ograniczonych parametrów technicznych, będących w dyspozycji przyrządów ortofoto,
- dużych deniwelacji terenu w obszarze jednego stereogramu, wynoszących od 200 do 400 m,
- dużych kątów nachylenia zboczy terenu (skał), przekraczających miejscami 45° ,
- zdefiniowanych parametrów technicznych posiadanych zdjęć, kierunku lotu fotogrametrycznego w czasie wykonywania zdjęć.

Biorąc powyższe aspekty pod uwagę wykonano przetworzenia doświadczalne zdjęć jawnych z terenów Szwajcarii, scharakteryzowanych w tablicy 2. Zakres opracowań, skale oraz wymiary stosowanych szczelin zestawiono w tablicy 3.

Tablica 3

Lp.	Skala		Stała kamery c_k [mm]	Powiększenie		Wymiary szczeliny $s \times q$ [mm]	Uwagi
	$1 : m_d$	$1 : m$		$m_m : m$	$m_d : m_m$		
1	Opracowanie na zestawie Topokart-Ortofot B						$1 : m_d$ — skala przetwarzania $1 : m$ — skala zdjęć $1 : m_m$ — skala modelu $k = \frac{57,63}{115,26} = \frac{1}{2}$ k — współcz. przekształcenia afinicznego.
1.1	$1 : 10\,000$	$1 : 30\,000$	152,77	$1 : 1,5$	$1 : 2$	$2,0 \times 0,5$	
1.2	$1 : 5\,000$	$1 : 20\,000$	88,67	$1 : 2,0$	$1 : 2$	$2,0 \times 0,5$	
1.3	$1 : 4\,000$	$1 : 9\,000$	115,26	$1 : 1,8$	$1 : 1,25$	$2,0 \times 0,5$	
1.4	$1 : 2\,000$	$1 : 9\,000$	57,63 ^k	$1 : 1,8$	$1 : 2,5$	$2,0 \times 0,5$	
2	Opracowanie na zestawie autograf A8-PPO-8						
2.1	$1 : 10\,000$	$1 : 30\,000$	152,77	$2 : 3$	$1 : 2$	$2,0 \times 0,2$	
2.2	$1 : 2000$	$1 : 9000$	115,26	$2 : 3$	$1 : 3$	$2,0 \times 0,2$	

3.2. Uzasadnienie wyboru skali przetworzenia i wymiarów szczeliny

a) Ze względu na ograniczenia konstrukcyjne Ortofotu B i dużą deniwelację terenu, przekraczającą znacznie dopuszczalne różnice wysokości w zasięgu stereogramu ($h_{\text{dop}} \leq 15\%$ wysokości lotu, tj. $h_{\text{dop}} \leq 155$ m przy $c_k = 115,26$ mm i skali zdjęć $1 : 9000$) przewidziano dwukrotne przetworzenie zdjęć Monti di Rivöira:

- w skali $1 : 4000$ i następne ich powiększenie do wymaganej skali $1 : 2000$,
- w skali $1 : 2000$ przy afinicznym przekształceniu modelu w Topokarcie.

b) W odniesieniu do autografu A8 i przystawki PPO-8 istnieje:

— możliwość przetworzenia zdjęć w skali 1 : 9000 bezpośrednio w wymaganej skali 1 : 2000 przy powiększeniu $m_d : m = 1 : 4,5$ dla terenów o deniwelacji $h \geq 15\%$ wysokości lotu (zakres powiększenia dla PPO-8 wynosi od 0,75 do 6,15),

— konieczność zmiany odległości obrazu kamer autografu A8 podczas przetwarzania zdjęć nadszerokokątnych o $c_k = 88,67$ mm. (zakres odległości obrazu f w autografie A8 jest zawarty w granicach od 98 mm do 215 mm, co uniemożliwia nastawienia $c_k = 88,67$ mm). Przetworzenie omawianych zdjęć jest możliwe po uprzednim ich przekształceniu na zdjęcia ściśle pionowe i następnym przetworzeniu różniczkowym przy afinicznym przekształceniu modelu w autografie A8.

Zagadnienie to jest dokładnie omówione w pracy autora pt. „Opracowanie stereoskopowych zdjęć lotniczych przy zmienionej odległości obrazu na autografie” w kwartalniku PAN „Geodezja i Kartografia” Rocznik XIII (1964) nr 2.

W celu zorientowania się o wymiarach szczelin, odpowiednich dla opracowania zdjęć wykonanych różnymi kamerami, obliczono ich długości s na podstawie wzoru (1). Szerokości szczelin q wg wzoru (3) nie liczono, ponieważ dysponowano tylko szczeliną o szerokości $q = 0,5$ mm dla Ortofotu oraz szczeliną o szerokości $q = 0,2$ mm dla przystawki PPO-8.

Wyniki obliczeń przy odpowiednich założeniach podano w tablicy 4.

Z uwagi na brak w zestawie przyrządów ortofoto, którymi dyspono-

Tablica 4

Lp.	Format zdjęć	Stała kamery c_k [mm]	Odległość radialna r [mm]	$\text{tg } \beta$	Typ kamery lotniczej	Długość szczeliny s [mm]	
						oblicz.	Standard
1	23×23 cm	152	100	0,66	szerokokątna	2,5	2,0
2	18×18 cm	115	80	0,70	szerokokątna	2,4	2,0
3	23×23 cm	88	100	1,14	nadszerokokątna	1,5	2,0
4	18×18 cm	210	80	0,38	normalnokątna	4,40	4,0
Uwaga: długość szczeliny obliczono przy założeniu: $dr = 0,3$ mm $\text{tg } \alpha = 0,36$							

wano, szczelin o mniejszych wymiarach aniżeli $2,0 \text{ mm} \times 0,5 \text{ mm}$ dla Ortofotu oraz $2,0 \text{ mm} \times 0,2 \text{ mm}$ dla PPO-8, oraz ze względu na większe nachylenia terenu od 20° , należało się liczyć przy opracowaniu z wystąpieniem w niektórych partiach terenu:

- uskoków na styku sąsiednich szczelin większych od $0,3 \text{ mm}$,
- podwójnego odfotografowania niektórych punktów,
- nieostrości — rozmazania obrazu na przetworzeniach w skali 1 : 2000.

4. Wyniki wykonanych prac doświadczalno-badawczych

4.1. Ocena dokładności

Wyszczególnienie wykonanych map fotograficznych wraz z oceną ich dokładności podano w tablicy 5.

a) Ocenę dokładności wykonanych ortofotomap przeprowadzono na podstawie porównania współrzędnych punktów kontrolnych pomierzonych na ortonegatywach za pomocą precyzyjnego koordynatografu Haag-Streit, ze współrzędnymi geodezyjnymi wyznaczonymi z dokładnością $m_x = m_y = \pm 0,05 \text{ m}$.

Na podstawie uzyskanych różnic współrzędnych, przyjmując współrzędne geodezyjne za bezbłędne, wyznaczono błędy średnie m_x , m_y punktów kontrolnych (tabl. 5).

Ustosunkowując się do wartości błędów średnich podanych w tabeli 5 należy stwierdzić, że stosunkowo duże błędy uzyskane przy opracowaniu zdjęć obiektu Monti di Rivöira, tłumaczyć należy przede wszystkim niską jakością fotograficzną diapozytywów wyjściowych (kilkakrotne prze fotografowanie). Identyfikacja punktów kontrolnych po kolejnym prze fotografowaniu, tj. na przetworzeniach jest utrudniona.

Wysoką natomiast dokładnością charakteryzują się przetworzenia wykonane na podstawie zdjęć obiektu St. Gallen. Nawet przy granicznym dla zestawu Topokart — Ortofot B powiększeniu $V = m : m_d = 4$, uzyskane średnie błędy współrzędnych punktów kontrolnych wynoszą $m_x = m_y < \pm 0,2 \text{ mm}$ w skali przetwarzania.

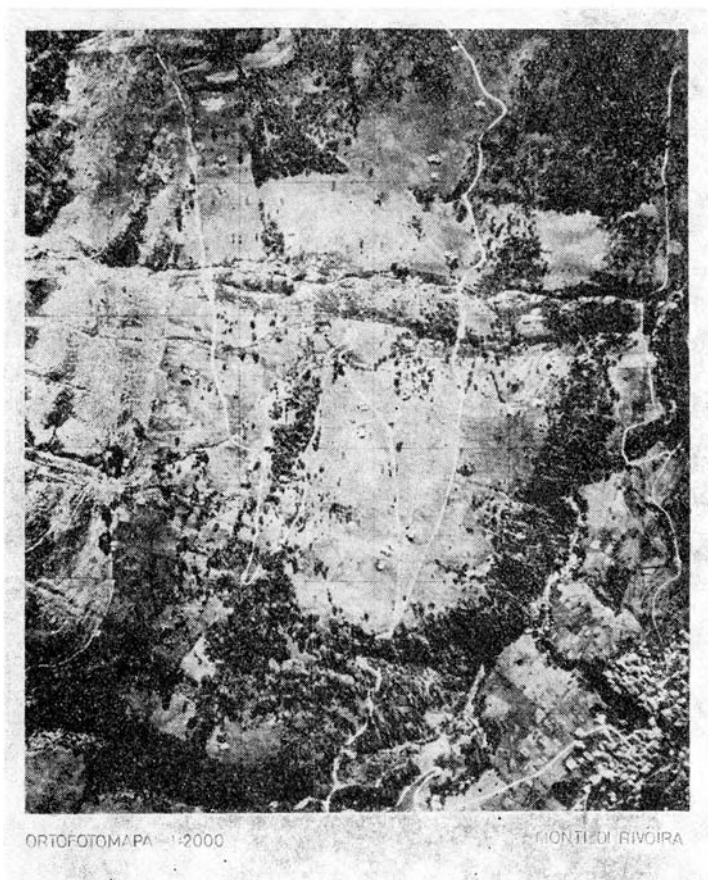
b) Jakość fotograficzna opracowanych ortofotomap, przy zachowaniu warunków pracy, określonych instrukcjami dla poszczególnych przystawek ortofoto, zależy przede wszystkim od jakości fotograficznej diapozytywów wyjściowych. W przypadku terenów wysokogórskich (Monti di Rivöira), gdzie nachylenie terenu przekracza miejscami 45° , stwierdzono dodatkowo rozmazanie obrazu. Zjawisko to spowodowane jest użyciem do przetwarzania szczeliny o zbyt dużej szerokości q .

Tablica 5

Lp.	Nazwa obiektu Skala 1 : m_d	m c_k [mm]	Wymiary szczeliny $s \times q$ [mm]	Błędy średnie współrz. punktów kontrolnych		Nazwa przystawki
				m_x $\frac{[m]}{[mm]}$	m_y $\frac{[m]}{[mm]}$	
1	St. Gallen 1 : 10 000	$\frac{30\,000}{152,77}$	$2 \times 0,5$	$\pm'$ $\frac{1,10}{0,11}$	$\pm$ $\frac{1,68}{0,17}$	Ortofot B
			$2 \times 0,5$	$\frac{1,10}{0,11}$	$\frac{1,03}{0,10}$	PPO-8
2	St. Gallen 1 : 5 000	$\frac{20\,000}{88,67}$	$2 \times 0,5$	$\frac{0,66}{0,13}$	$\frac{0,60}{0,12}$	Ortofot
			—	—	—	PPO-8
3	Monti di Rivöira 1 : 2 000	$\frac{9\,000}{115,26}$	$2 \times 0,2$	$\frac{0,56}{0,28}$	$\frac{0,51}{0,26}$	PPO-8
			—	—	—	Ortofot
4	Monti di Rivöira 1 : 4 000 powiększenie do 1 : 2 000	$\frac{9\,000}{115,26}$	$2 \times 0,5$	$\frac{0,46}{0,23}$	$\frac{0,48}{0,24}$	Ortofot Aparat reprod.
5	Monti di Rivöira 1 : 2 000	$\frac{9\,000}{57,56}$	$2 \times 0,5$	$\frac{0,48}{0,24}$	$\frac{0,48}{0,24}$	Ortofot

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono dla przykładu dwie mapy fotograficzne (bez warstwic) opracowane przy zastosowaniu dwóch różnych szczelin.

Na rysunku 4 pokazano — pomniejszony trzykrotnie arkusz ortofotomapy w skali 1 : 2000 obiektu Monti di Rivöira (tablica 5, lp. 5). Mapa ta została wykonana na zestawie Topokart — Ortofot B na podstawie zdjęć lotniczych w skali 1 : 9000 przy zastosowaniu szczeliny o wymiarach $2\text{ mm} \times 0,5\text{ mm}$. Wykazano w ten sposób możliwość opracowania terenów o dużych deniwelacjach przy zastosowaniu afinicznego przekształcenia modelu w Topokarcie stosując współczynnik $k = 0,5$. Na nie naj-



Rys. 4

lepszą jakość obrazu złożyły się, oprócz jakości zdjęć wyjściowych (liczne prze-fotografowania), skutki zastosowania szczeliny o szerokości $q = 0,5$ mm.

Na rysunku 5 pokazano — zmniejszony trzykrotnie arkusz ortofotomapy obiektu St. Gallen w skali 1 : 10 000 na podstawie zdjęć lotniczych w skali 1 : 30 000 przy zastosowaniu szczeliny o wymiarach $2 \text{ mm} \times 0,2 \text{ mm}$. Mapę tę wykonano za pomocą przystawki PPO-8.

5. Wskazówki dodatkowe do technologii sporządzania map fotograficznych terenów wysokogórskich

W przypadku opracowania omawianych map fotograficznych na zestawach ortofoto działających w systemie on-line niezbędne są dodatkowe

ORTOFOTOMAPA 1:10000



Rys. 5

wskazówki do technologii przedstawionej na schemacie blokowym w tabelicy 1. Dotyczą one 4 etapów prac, a mianowicie:

- etapu 4 „Projekt lotu fotogrametrycznego”,
- etapu 5 „Wykonanie zdjęć lotniczych”,
- etapu 8 „Przetwarzanie na przystawce PPO-8”,
- etapu 9 „Przetwarzanie na przystawce Ortofot B”.

Podstawą do opracowania wymienionych wskazówek były prace doświadczalne i badawcze przytoczone w skrócie w poprzednich rozdziałach.

5.1. Projekt lotu fotogrametrycznego

Oprócz ogólnie przyjętych kryteriów branych pod uwagę przy projektowaniu lotu fotogrametrycznego zaleca się dodatkowo stosowanie następujących zasad:

— do wykonania zdjęć dla celów ortofoto w terenach wysokogórskich należy stosować kamery normalnokątne (np.: o formacie 23×23 mm i stałej $c_k = 305$ mm lub o formacie 18×18 mm i $c_k = 210$ mm) w celu uniknięcia tzw. „pól martwych”;

— kierunki osi nalotów powinny przebiegać równolegle do ogólnego kierunku rozmieszczenia grzbietów górskich i dolin;

— w przypadku stosowania kamer szerokokątnych (np. $152/23 \times 23$) wysokość lotu należy projektować w ten sposób, aby deniwelacje terenu h były mniejsze od 15% wysokości lotu, odniesionego do średniej wysokości fotografowania;

— pokrycie podłużne zdjęć w szeregach powinno wynosić nie mniej niż 80% natomiast pokrycie poprzeczne między szeregami nie mniej niż 30%. Stwarza to możliwość opracowania środkowych części zdjęć (położonych w pobliżu punktu głównego), przy stosunkowo niewielkim zwiększeniu kosztów wykonania lotu.

5.2. Wykonanie zdjęć lotniczych

1. Ze względu na fakt, że rezultatem opracowania ma być mapa fotograficzna terenu ubogiego w szczegóły sytuacyjne, jakość fotograficzna zdjęć powinna zapewniać wykonanie diapozytywów o dużej rozdzielczości optycznej i jednolitej tonacji. Wymaga to doboru odpowiednich filmów lotniczych, a w pewnych przypadkach, wykorzystania do wykonania diapozytywów kopiarki elektronowej celem wyrównania kontrastów;

2. Odstęp czasu między wykonaniem sąsiednich szeregów zdjęć, powinien być możliwie najkrótszy, aby nie powodować znacznych zmian w długościach i kierunkach cieni na zdjęciach szeregów sąsiednich.

5.3. Przetwarzanie na przystawce PPO-8

1. Przy montażu ortonegatywu arkusza mapy fotograficznej należy wykorzystywać środkowe części przetwarzanego zdjęcia, tj. po około 50% z dwóch stereogramów, pokrywających powierzchnię całego zdjęcia,

2. Przy wyborze szczeliny przetwarzania jej orientacyjną długość i szerokość należy wyznaczać wg wzoru (1) i (3), określając poprzednio niezbędne nachylenia terenu (na podstawie istniejącej mapy lub uzysku-

jąc je z innych źródeł) oraz biorąc pod uwagę kąt rozwarcia kamery lotniczej.

W standardowym wyposażeniu przystawki PPO-8 istnieją szczeliny o długości 2, 3, 5, 8 mm i szerokości 0,1 i 0,2 mm dla opracowania zdjęć czarno-białych oraz 0,6 mm dla opracowania zdjęć barwnych.

3. Zdjęć wykonanych kamerą o $c_k < 98$ mm nie można opracować na A8 przy wiernej wiążce projekcji.

5.4. Przetwarzanie na przystawce Ortofoto B

1. Do opracowania ortonegatywu arkusza mapy należy, podobnie jak przy zastosowaniu przystawki PPO-8, wykorzystywać środkowe części zdjęcia.

2. Dla uzyskania dobrej jakości obrazu fotograficznego przetworzenia należy stosować szczeliny o wymiarach obliczonych wg wzorów (1) i (3). Dane dotyczące nachylenia terenu określa się na podstawie istniejącej mapy lub orientacyjnie na podstawie oceny modelu stereoskopowego terenu. W wyposażeniu standardowym Ortofotu istnieją szczeliny o długościach 2, 4, 8, 16 mm i szerokości 0,5 i 1,0 mm. Na życzenie producent dostarcza szczeliny o szerokości 0,25 mm.

3. Przy deniwelacjach $h > 15\%$ wysokości lotu i $4 \times$ powiększeniu skali przetworzenia w stosunku do skali zdjęcia zaleca się:

a) przetworzenie wykonać w skali mniejszej od wymaganej, a następnie otrzymany ortonegatyw powiększyć na aparacie reprodukcyjnym. Powiększać należy poszczególne ortonegatywy a nie zmontowany ortonegatyw arkusza o wymiarach opracowywanej mapy.

b) Przetworzenie można wykonać od razu w skali opracowywanej mapy pod warunkiem zastosowania przekształcenia afinicznego modelu w Topokarcie przy współczynniku $k < 1$. Wówczas skala pionowa modelu stereoskopowego w Topokarcie jest mniejsza od skali poziomej, co jest równoznaczne ze „spłaszczeniem” modelu terenu.

Poprawne pod względem geometrycznym opracowanie afiniczne modelu jest możliwe do wykonania tylko na podstawie zdjęć ściśle pionowych. Dlatego też oryginalne negatywy zdjęć, przed właściwym opracowaniem na przystawce ortofoto, należy przetworzyć nadirowo na przetworniku fotomechanicznym otrzymując diapozytywy zdjęć. Czynność ta nie przysparza dodatkowych przefotografowań, gdyż w technice ortofotograficznej wykorzystuje się przeważnie diapozytywy zdjęć oryginalnych, otrzymane drogą kopiowania stykowego.

6. Zakończenie

W punkcie 4 niniejszego opracowania zostały podane wnioski z przeprowadzonych badań i doświadczeń w postaci „Wskazówek dodatkowych do technologii sporządzania map fotograficznych terenów wysokogórskich”. Zostały one opracowane przez Instytut Geodezji i Kartografii wspólnie z Państwowym Przedsiębiorstwem Geodezji i Kartografii, które wykonało również prace doświadczalne.

Przydatność tych map do rozwiązywania różnorodnych zadań technicznych i badawczych, związanych z planowaniem i użytkowaniem terenu jest bezsporna. Zawierają one bowiem wszystkie szczegóły terenowe odfotografowane na zdjęciach lotniczych, przez co dostarczają znacznie więcej informacji o terenie, aniżeli tradycyjne mapy kreskowe.

W przypadku zaś terenów wysokogórskich oraz innych obszarów, ubogich w szczegóły sytuacyjne (np. obszary pustynne) gdy za pomocą znaków konwencjonalnych nie daje się przedstawić charakteru powierzchni terenu, mapy fotograficzne są najbardziej poglądową formą zapisu informacji. O ich przewadze nad mapami konwencjonalnymi wymienionych wyżej obszarów, świadczą również niższe koszty i czas potrzebny do opracowania ortofotomap oraz nieustanny rozwój i doskonalenie techniki ortofoto.

Rozwój ten zmierza w kierunku podniesienia dokładności i jakości zdjęć ortofoto, opracowania map fotograficznych stereoskopowych tzw. stereoortofotomap oraz konstruowania nowych przyrządów ortofoto — ortoprojektorów. Ortoprojektory, pracujące w systemie off-line umożliwiają zastosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej do sterowania procesem przetwarzania zdjęć i stwarzają warunki do większej automatyzacji produkcji fotogrametrycznej.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Schöller H.: *Einige Hinweise über Bildflugplanung für die Orthophototechnik*. Kompendium Photogrammetrie Band XI AVG Leipzig 1975, s. 206—210.
- [2] Schumann R.: *Differentialentzerrung mit dem Topocart-Orthophot C*. Manuskript 8.3.78. VEB C. Zeiss—Jena.
- [3] Höhle J. u. Stewardson P. B., Heerbrugg: *Orthophotogeräte und ihre Wirtschaftlichkeit*. BUL, H. 1/77, s. 7—14.

Recenzował: doc. dr inż. Janusz Wapiński

БОГДАН БОХОНОС

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ ВЫСОКОГОРНЫХ РАЙОНОВ С ПОМОЩЬЮ ПРИСТАВОК ОРТОФОТО И РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

Резюме

В Институте геодезии и картографии разработано совместно с Государственными геодезическо-картографическим предприятием технологию составления фотографических карт на доступных в стране приставках ортофото.

Приложенная блок-схема вышеуказанной технологии (таблица 1) предвидит использование двух приставок, а именно:

- ортофот-В (ortofot) продукции предприятий К. Цейсс-Иена,
- приставки РРО-8 фирмы Вильда и автографа А8.

Характерные черты фотографических карт высокогорных районов небогатых в ситуационные подробности вызвали необходимость исследований по использованию для этой цели приставок ортофото, действующих в режиме „оп-лине” (on-line). В связи с этим рассмотрены детально особенности дифференциальной высотой, а в особенности местностей с обрывистыми склонами. К неблагоприятным явлениям, которые выступают во время трансформирования в резюме оп-лине (on-line) принадлежат:

- двойная проекция на ортонегативах однородных пунктов местности,
- размывка — отсутствие резкости трансформированного изображения по направлению параллельным „движению” щели трансформирования.

В работе даны соответствующие геометрические зависимости, какие происходят между размерами щели трансформирования, параметрами аэроснимков и наклоном местности, иллюстрируя их с помощью рисунков и вычислений.

С целью проверки теоретических предпосылок выполнены были опытно-исследовательские работы на основе аэроснимков территории Швейцарии „Monti di Rivöira” и „St. Gallen”. Дано обоснование выбора масштаба трансформирования и размеров щели.

В таблице 5 представлены результаты произведенных работ, которые содержат:

- название объекта и масштаб трансформирования,
- масштаб аэроснимков и постоянная камеры C_k ,
- размеры щели ($s \times q$),
- средние квадратические ошибки координат контрольных пунктов (m_x, m_y),
- название приставки ортофото.

Заслуживает внимания трансформация аэроснимков в масштабе 1:9000 к масштабу 1:2000 на приставке Ortofot-B с помощью применения аффинного трансформирования модели в топокарте.

Руководствуясь результаты исследовательских работ разработано дополнительные указания для разработанной в 1976 году „Технологии составления фотографических карт с применением техники ортофото”. Указания эти касаются выполнения аэроснимков высокогорных районов, а также обработки их с помощью техники.

Дополняют они следующие этапы технологии, представленной в таблице 1:

- проект фотограмметрического полета,
- проведение аэросъемки,
- трансформирование на приставке PPO-8,
- трансформирование на приставке Ortofot-B.

В заключении подчеркнуто пригодность фотографических карт высокогорных районов. Содержат они больше информации о местности, чем штриховые карты и требуют менее затрат труда для их разработки. Ещё большие технические и экономические эффекты можно получить при применении для их разработки ортопроекторов, работающих в режиме off-line.

Перевод: *Róża Tołstikowa*

BOHDAN BOHONOS

SOME PROPERTIES OF ELABORATION OF PHOTOGRAPHIC MAPS
FOR MOUNTAIN AREAS USING ORTHOPHOTO EQUIPMENT AND
THE RESULTS OF RESEARCH WORKS

Summary

Technology of photographic map preparation using orthophoto equipment available in Poland, was elaborated in Institute of Geodesy and Cartography, in cooperation with State Geodetic-Cartographic Enterprise. The enclosed block scheme of this technology (table 1) provides for two orthophoto equipments, namely;

- Orthophot-B produced by Carl Zeiss Jena,
- PPO-8 produced by Wild.

Features of photographic maps for mountain areas, characterized by small amount of situation details cause necessity of research works using orthophoto equipment working on-line for this purpose. In connection with this, properties of differential transformation of photographs for areas with great changes of level, specially for areas with abrupt slopes, were discussed. The unfavourable phenomena occurring during on-line transformation are, as follows:

- twofold projection of monomial terrain points on the orthonegatives,
- blur — lack of focus of transformed image in direction parallel to direction of slit movement.

In this paper were discussed the geometrical relationships between dimensions of transforming slit, parameters of airphotos and terrain slope, using figures and calculations for this purpose.

Practical research works were done, using aerial photographs from „Monti di R. vöira” and „St. Gallen” areas of Switzerland, in order to verify theoretical assumptions. The motive of choice of transformation scale and slit dimensions was given.

In table 5 were presented the results of elaboration, which comprise:

- designation of object and scale of transformation,
- scale of aerial photographs and focal length c_k ,
- slit dimensions ($s \cdot q$),
- mean errors of coordinates of control points (m_x, m_y),
- name of orthophoto equipment.

Transformation of photographs from scale 1:9000 to 1:2000 on Orthophot-B using preliminary transformation of model realized in Topocart, is worthy of mention.

Following the results of experimental works the additional instructions were prepared, as a supplement to „Technology of photographic map preparation using orthophoto technique” elaborated in 1976. These instructions deal with requirements for taking aerial photographs of mountain areas and refer to their elaboration using on-line technique. They complement the following stages of technology, presented in table 1:

- project of photogrammetric aerial mission,
- taking of aerial photographs,
- transformation on PPO-8,
- transformation on Orthophot-B.

Usefulness of photographic maps of mountain areas was accentuated at the end of this work. These maps contain much more information about terrain than traditional maps and they are not so timeconsuming. Still better technical and economic effects can be reached, when orthoprojectors working in off-line system are used for preparation of these maps.

Translation: *Zbigniew Bochenek*