

STANISŁAW DMOCHOWSKI

528.33 : 528.7

Analiza dokładności punktów osnowy fotogrametrycznej pola doświadczalnego Nowy Sącz—Grybów

Punkty osnowy fotogrametrycznej tego pola były projektowane dla wszystkich czterech kompletów (po 3 szeregi w komplecie) zdjęć lotniczych, wykonanych we wrześniu 1956 roku kamerami Wild RC5a i RC7 ($f = 210, 115$ i 100 mm) w skalach $1 : 6\,000$, $1 : 10\,000$, $1 : 15\,000$ i $1 : 20\,000$ przy pokryciu $p = 60\%$ i $q = 25\%$. Założona dokładność współrzędnych xyz tych punktów nie miała być gorsza od ± 10 cm.

Duża ta rozpiętość skal stworzyła pewne szczególne wymagania co do rozmieszczenia i rodzaju fotopunktów, które w zasadzie miały być użyteczne dla każdego z wymienionych kompletów zdjęć lotniczych.

Jest rzeczą ogólnie znaną, że przy projektowaniu fotopunktów należy uwzględniać zarówno wzajemne ułożenie zdjęć lotniczych, jak i ich skalę, która dla jakiegoś jednego kompletu zdjęć jest praktycznie jedna. Można by powiedzieć, że konkretny wybór fotopunktu dla określonego zdjęcia lotniczego powinien być funkcją jakości fotograficznej tegoż zdjęcia oraz pokrycia podłużnego i poprzecznego danego kompletu.

Różnorodność kompletów zarówno pod względem skal zdjęć lotniczych, jak i ich pokrycia stworzyła specjalne warunki i wymagania w zakresie wyboru fotopunktów. Wiadomo, że to co mogło być optymalnie dobre dla jednego kompletu zdjęć lotniczych, mogłoby być niekorzystne dla kompletu innego.

Zaprojektowanie niezależnych fotopunktów wyłącznie dla jednego kompletu zdjęć lotniczych byłoby tylko częściowo dobre. Wprawdzie poszczególne fotopunkty może mogłyby być lepiej rozmieszczone i jako ściowo lepsze, ale ogółem dla wszystkich czterech kompletów fotopunktów musiałoby być znacznie więcej w porównaniu do ostatecznie zaprojektowanych i pomierzonych. A ponadto liczbę fotopunktów, ze względu na koszt, trzeba było ograniczyć do 6-ciu względnie nawet do 4-ch fotopunktów na jeden stereogram. Byłaby to tzw. pełna osnowa fotogrametryczna. W przypadku pola doświadczalnego nawet ta pełna osnowa nie

byłaby wystarczająca do zamierzonych, różnorodnych prac badawczych, projektowanych do wykonania w najbliższej przyszłości.

Zwiększanie liczby fotopunktów dla celów badawczych, opieranych o jeden określony komplet zdjęć lotniczych musiało być ograniczone ze względu na czas wykonania i koszty z nim związane. Przyjęto więc koncepcję zaprojektowania możliwie prawidłowej pełnej osnowy fotogrametrycznej dla każdej skali zdjęć lotniczych i przeniesienia każdego fotopunktu na pozostałe zdjęcia lotnicze innych kompletów. A jako regułę przy ostatecznym wyborze fotopunktu przyjęto zasadę, że do określenia fotopunktu należy przyjmować największą skalę zdjęć lotniczych, — a zatem, fotopunkt który odgrywał rolę punktu tzw. pełnej osnowy „podstawowej” dla określonego zdjęcia lotniczego był identyfikowany w terenie w oparciu o zdjęcie lotnicze o możliwie największej posiadanej skali (1 : 6 000, 1 : 10 000, a nawet 1 : 15 000 w porównaniu do zdjęć w skali 1 : 20 000). Ta wytyczna ułatwiała pracownikowi polowemu wybór fotopunktu i jego dokładne odczytanie oraz miała na względzie przekazanie informacji o fotopunkcie tj. o jego rodzaju i jak najściślejszym położeniu. W celu pewnego jego sprecyzowania i zabezpieczenia punktowi odpowiedniej dokładności i użyteczności w przypadku innych skal zdjęć lotniczych, zaprojektowano do mierzenia każdego fotopunktu (z wyjątkiem fotopunktów o bezspornej identyfikacji) do trzech tzw. podfotopunktów, położonych w pobliżu tegoż fotopunktu (patrz artykuł S. Dmochowskiego pt. „Zasady przeprowadzania identyfikacji f- i z-punktów w terenie, przy opracowaniach map wielko- i średnioskalowych, Prace IGiK, tom VI, 1959). Jak się później okazało pewną trudność w ocenie fotopunktu sprawiała definicja, według której fotopunktem powinien być punkt odfotografowany w rodzaju punktu geometrycznego. Ten ostatni warunek był szczególnie kłopotliwy dla wykonawców, mających zdjęcia lotnicze po raz pierwszy w ręku.

Do trudności w zakresie wyboru i identyfikacji fotopunktów dochodziła jeszcze i inna trudność, polegająca na tym, że pierwsze prace polowe w tym zakresie były wykonane w rok po dokonaniu zdjęć lotniczych, tj. w 1957 roku dla powierzchni ok. 40 km kw., a następne — w 1958 roku dla powierzchni pozostałej, tj. dla ok. 200 km kw. Jak widać większość tych prac była wykonana po dwóch latach od daty wykonania zdjęć lotniczych.

Identyfikację fotopunktów i ich ostateczny wybór w terenie przeprowadzali różni wykonawcy, którzy w swej dotychczasowej praktyce nie zawsze mieli do czynienia ze zdjęciami lotniczymi w ogólności. Ogółem pracowników tych było sześciu.

Ostatecznie zidentyfikowano, a następnie pomierzono 410 fotopunktów, które ponumerowane zostały kolejnymi liczbami od 1 do n z dodatkiem

w mianowniku jednej z liczb 6, 10, 15 lub 20, w zależności od tego w jakiej skali zdjęć lotniczych była dokonana jego identyfikacja.

W celu zabezpieczenia się przed możliwymi błędami identyfikacja fotopunktów była dokonana przez dwóch niezależnie od siebie pracujących wykonawców. W wyniku tych prac uzyskano:

- 1) podwójne opisy sytuacyjne fotopunktów (patrz poniżej),
- 2) dwukrotne nakłucie w terenie na odbitce każdego fotopunktu (np. pierwszy identyfikujący nakłuwał na zdjęciach o numerach nieparzystych a drugi na parzystych),
- 3) dwukrotne wyznaczenie położenia fotopunktu w terenie (pierwszy identyfikujący pozostawiał na miejscu fotopunktu palik równo z ziemią, drugi — oznaczał jego położenie tyczką).

Po wykonaniu tej ostatniej czynności drugi identyfikujący odnajdywał palik pierwszego i mierzył odległość palik — tyczka. W kartach z „opisami sytuacyjnymi fotopunktów” wpisywana była ta wartość jako „r”, tj. jako różnica między pierwszym i drugim wyznaczeniem fotopunktu w terenie.

OPIS SYTUACYJNY F-PUNKU Nr 8/6

1. Położenie f-tu: 3808/1 3807/1 3806/1 (6); 3578/1, 3577/1, 3576/1 (10)
2447/2 2446/2 (15)

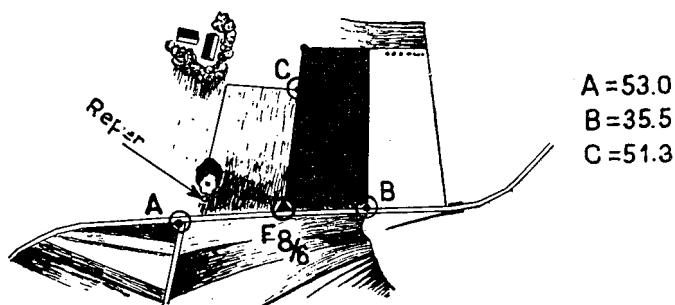
(podać numery zdjęć lotniczych, na których punkt ten leży z podkreśleniem tych numerów zdjęć lotniczych, na których fotopunkt został nakłuty).

2. Rodzaj f-tu: koniec miedzy północnej (środek) i styk z miedzą (ścieżka) od strony pñ.

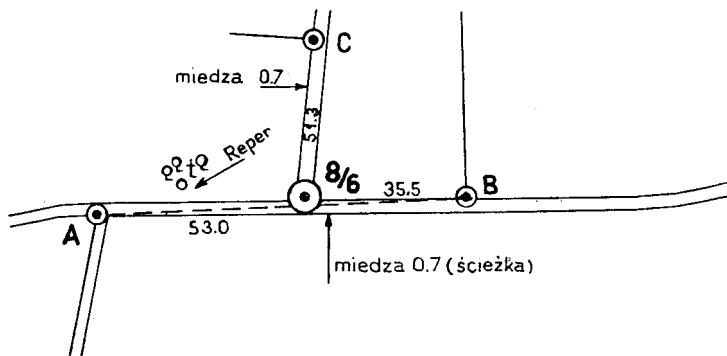
(np.: „punkt trwały, na skrzyżowaniu dwóch miedz”, „punkt nietrwały, na roli na pograniczu dwóch upraw”, „narożnik ogrodzenia, płotu, muru, itp.”, „środek krzaku o średnicy 0,5 m”, „środek kieratu”, „kamień hektometrowy”, „słup telefoniczny Nr.”, „maszt linii wysokiego napięcia”, „południowy szczyt (narożnik) budynku”, „wieża kościoła”, „komin budynku” itp.)

3. Szkic sytuacyjny f-tu:

- a) w elementach zdjęcia lotniczego, dla którego zasadniczo punkt ten ma służyć).



- b) w elementach terenu, z podaniem miar liniowych od odfotografowanych na zdjęciu lotniczym szczegółów trwałych terenu, wraz z podaniem tych miar orientacyjnych, w granicach których punkt ten mógłby się znajdować.



4. Sposób stabilizacji punktu w terenie: beton z krzyżykiem (granicznik)

(„np.: „palik z numerem punktu” „bez palika”, „pal 1 m”, „sygnał w postaci”)

5. Rozbieżność liniowa w cm, stwierdzona po drugiej niezależnej identyfikacji fotopunktu w terenie: 8 cm (w kier. północnym — północna krawędź granicznika).

6. Uwagi dodatkowe, polowe:

(np.: „punkt wątpliwy”, „punkt nie istnieje — sytuacja zmieniona” itp.).

Data identyfikacji

Podpis

Współrzędne geodezyjne

(w ukł. lokalnym) y =

x =

z =

Domierzanie fotopunktu do jego podfotopunktów było dokonywane tylko przez pierwszego identyfikującego i polegało na wzięciu odległości przestrzennej między fotopunktem i każdym z podfotopunktów. Przeglądając tę część materiału można było zauważyć, że jeden z identyfikujących wybierał podfotopunkty o dużo lepszej czytelności aniżeli same fotopunkty, które niejednokrotnie były co najwyżej widoczne na zdjęciach lotniczych w skali 1 : 6 000. Okoliczność ta posłużyła do zbadania użyteczności punktów nieodfotografowanych, dla których znane były miary liniowe na odfotografowane podfotopunkty. Posiadanie danych liczbowych (polowych) odnośnie rozmieszczenia takiej grupy punktów z odpowiednimi miarami mogło posłużyć do wyciągnięcia szeregu ciekawych wniosków. Jeden z wniosków może np. dotyczyć ustalenia błędu identyfikacji fotopunktów w oparciu o podfotopunkty. Należy zauważyć, że każda taka grupa punktów może być badana niezależnie, lokalnie. Ograniczenie tych badań do zakresu samej grupy punktów rozmieszczonej na małym polu, a nie na powierzchni całego stereogramu usuwa w dużym stopniu błąd zestrojenia stereogramu, a odpowiednie przeprowadzenie rachunku pozwoli również i na usunięcie wpływu słabego ustalenia skali stereogramu.

Osobnym zagadnieniem o podstawowym znaczeniu dla oceny wartości punktów osnowy fotogrametrycznej pola doświadczalnego jest sprawa materiału fotograficznego, na którym były wykonane oryginalne zdjęcia lotnicze i następnie — diapozytywy tych zdjęć.

Do wykonania zdjęć lotniczych użyto przede wszystkim kamery lotniczej Wild RC5a na film oraz dodatkowo kamery lotniczej Wild RC7 na

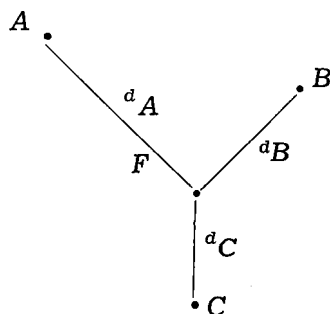
klisze, tj. kamer o obiektywach Aviotar i Aviogon. Sprzęt ten w owym czasie (1956 r.) był najlepszy. Pewne niewiadome mógł wnosić sam film lotniczy, jako materiał kurczliwy.

Z materiału filmowego wykonano w pracowniach Instytutu diapozytywy o podłożu szklanym. W ten sposób, jeśli chodzi o skurcz filmu, uchwycony został jego stan na ściśle określony dzień.

Do skopiowania negatywów użyto kopiarki „Lico” nieprzystosowanej do tego celu. Kopiowano negatywy na styk bez rozcinania filmu.

Materiał diapozytywowy zakupiony został partiami na rynku krajowym i pochodził z produkcji krajowej. Niestety, był to jedyny dostępny nam materiał. Największym jego brakiem było podłoże, tj. płyty szklane o różnych grubościach, wykazujące dość często wyraźny brak płaskości. Jeśli chodzi o emulsję, była to emulsja ortochromatyczna przeciwodblaskowa twarda (tzw. płyty graficzne). W wyniku użycia takich płyt niejednokrotnie obraz fotograficzny był nieostry. Pola nieostrości dochodziły do kilkudziesięciu cm kw na powierzchni jednego zdjęcia lotniczego. Na takim to materiale oparto niniejsze badania.

Założmy, że z terenu mamy dane:



- 1) dokładne położenie fotopunktu i jego trzech podfotopunktów (oraz zdjęcia lotnicze i opisy sytuacyjne)
- 2) miary liniowe na podfotopunkty: d_A , d_B , d_C

Następnie, po zestrojeniu stereogramu, były odczytane współrzędne autogrametryczne wymienionych wyżej czterech punktów:

$$F(x_f, y_f, z_f), A(x_a, y_a, z_a), B(x_b, y_b, z_b), C(x_c, y_c, z_c)$$

Z powyższych wartości można ułożyć trzy równania warunkowe typu:

$$\sqrt{(x_f - x_a)^2 + (y_f - y_a)^2 + (z_f - z_a)^2} \cdot k - d_A = 0$$

$$\sqrt{(x_f - x_b)^2 + (y_f - y_b)^2 + (z_f - z_b)^2} \cdot k - d_B = 0$$

$$\sqrt{(x_f - x_c)^2 + (y_f - y_c)^2 + (z_f - z_c)^2} \cdot k - d_C = 0$$

w których mamy jedną niewiadomą „ k ” — współczynnik skali danej grupy punktów.

Numery zdjęć lotn. 2365—2364, szer. 2 Skala: zdjęć 1 : 20 000
(diapozytywy) modelu 1 : 10 000
oprac. 1 : 20 000

Nr p-tu	1 : 20 000		Z w m	Przyrosty			Długości		Róż- nice
	X	Y		x	y	z	obl.	ter.	
	w mm			w m e t r a c h					
8/6	4156,91	4994,39	361,3	—	—	—	—	—	—
A	4154,30	4993,94	357,3	52,2	9,0	4,0	53,1	53,0	+ 0,1
B	4158,65	4994,58	361,3	34,8	3,8	0,0	35,0	35,5	— 0,5
C	4157,09	4996,94	364,4	3,6	51,0	3,1	51,2	51,3	— 0,1

Różnice długości odcinków na pt: A — 0,005 mm
(w skali zdj. lotn.) B — 0,025 mm

Data: 5. IV. 1962 C — 0,005 mm

Przypuszczalny błąd ident. fotopunktu $\pm 0,01$ mm

Numery zdjęć lotn. 2343—2342, szer. 1 Skala: zdjęć 1 : 20 000
(diapozytywy) modelu 1 : 10 000
oprac. 1 : 20 000

Nr p-tu	1 : 20 000		Z w m	Przyrosty			Długości		Róż- nice
	X	Y		x	y	z	obl.	ter.	
	w mm			w m e t r a c h					
8/6	5145,77	3993,78	362,0	—	—	—	—	—	—
A	5145,39	3991,20	357,5	7,6	51,6	4,5	52,4	53,0	— 0,6
B	5145,92	3995,50	361,9	3,0	34,4	0,1	34,5	35,5	— 1,0
C	5148,28	3994,04	365,0	50,2	5,2	3,0	50,6	51,3	— 0,7

Różnice długości odcinków na pt: A — 0,03 mm
(w skali zdjęć lotn.) B — 0,05 mm

Data: 13. IV. 1963 C — 0,035 mm

Przypuszczalny błąd ident. fotopunktu $\pm 0,03$ mm

Z kolei, idąc dalej we wskazanym kierunku, odpowiednie obliczenia dla tegoż fotopunktu Nr 8/6 można przedstawić następująco:

dla zdjęć lotn. 2366—2365, szer. 2:

Równania warunkowe	Poprawione dług. autogr.	Różnice w m
A: $53,1 k - 53,0 = 0$	53,79	+ 0,79
B: $34,2 k - 35,5 = 0$	34,64	— 0,86
C: $50,4 k - 51,3 = 0$	51,05	— 0,25

Równanie normalne.
+ 6529,41 $k - 6613,92 = 0$
skąd $k = + 1,01294$

Średnia różn. dł. odcinka $\pm 0,63$ m
Błąd ident. f-tu (z rachunku) — $\pm 0,44$ m
" " " " $\pm 0,02$ mm

dla zdjęć lotn. 2365—2364, szer. 2:

Równania warunkowe	Poprawione dług. autogr.	Różnice w m
A: 53,1 k — 53,0 = 0	53,24	+ 0,24
B: 35,0 k — 35,5 = 0	35,09	— 0,41
C: 51,2 k — 51,3 = 0	51,33	+ 0,03

Równanie normalne.	Średnia różn. dł. odcinka	± 0,23 m
+ 6666,05 k — 6683,36 = 0	Błąd ident. f-tu (z rachunku) —	± 0,16 m
skąd k = + 1,00260	„ „ „ „	± 0,01 mm

W identyczny sposób, jak w przypadku fotopunktu Nr 8/6, zaobserwowano wszystkie fotopunkty pola doświadczalnego Nowy Sącz — Grybów a obliczono tym sposobem tylko 46 fotopunktów, położonych w obrębie pięciu kolejnych stereogramów (patrz załączona poniżej tablica). Do tego celu użyto przede wszystkim zdjęć lotniczych (diapozytywów) w skali 1 : 20 000 a to z następujących powodów: zdjęcia w tej skali kryją cały obszar pola doświadczalnego, a zatem zawierają wszystkie fotopunkty oraz tych zdjęć jest najmniej, a zatem najszybciej można dokonać kwalifikacji fotopunktów. W pewnym stopniu ujemną stroną tych zdjęć była ich drobna skala (1 : 20 000), która uniemożliwiała przeprowadzenie maksymalnie dokładnej analizy wartości fotopunktów ($\frac{1}{100}$ mm w skali zdjęć lotniczych odpowiada 20 cm w terenie).

Błędy identyfikacji fotopunktów w setnych mm ze zdjęć lotniczych 1 : 20 000

Tablica 1

L.p.	Nr f-tu	Średni błąd dług. odcinka (z rachunku)	Przypuszczalny błąd identyfi- kacji f-tu	Nr f-tu	Średni błąd dług. odcinka (z rachunku)	Przypuszczalny błąd identyfi- kacji f-tu
0	1	2	3	1	2	3
1	7/6	± 1	± 4	5/10	± 6	± 6
2	8/6	3	4	9/10	2	2
3	8/6	1	1	11/10	4	4
4	15/6	3	3	18/10	1	3
5	26/6	2	4	24/10	1	1
6	30/6	3	4	26/10	3	3
7	30/6	2	4	33/10	4	3
8	28/6	3	4	34/10	4	3
9	32/6	3	3	42/10	2	4
10	33/6	6	3	46/10	5	4

Tablica 1 c.d

L. p.	Nr f-tu	Średni błąd dług. odcinka z rachunku	Przypuszczalny błąd identyfikacji f-tu	Nr f-tu	Średni błąd dług. odcinka (z rachunku)	Przypuszczalny błąd identyfikacji f-tu
0	1	2	3	1	2	3
11	41/6	± 3	± 3	47/10	± 6	± 4
12	42/6	3	4	46/10	6	2
13	44/6	5	5	49/10	3	2
14	45/6	7	4		$n_{10} = 13$	
15	45/6	1	3		$\pm \sqrt{\frac{0,0149}{13}}$	
16	51/6	1	3			
17	52/6	5	4			
18	63/6	1	3			
19	64/6	4	3			
20	64/6	5	4			
21	65/6	3	4	12/15	± 2	± 2
22	65/6	1	4	16/15	4	4
23	68/6	2	4	17/15	6	2
24	69/6	9	5	17/15	4	4
25	69/6	5	3	19/15	5	4
26	72/6	3	4	20/15	3	2
27	73/6	6	5		$n_{15} = 6$	
		$n_6 = 27$				$\pm \sqrt{\frac{0,0060}{6}}$
		$\pm \sqrt{\frac{0,0381}{27}}$				
		Błąd średni ident. f-tu = $\pm 0,04$ m			Błąd średni ident. f-tu = $\pm 0,03$ mm	

$$n = 46 \quad \text{Błąd średni ident. f-tu} = \pm \sqrt{\frac{0,0590}{46}} = \pm 0,036 \text{ mm} \\ (\text{z kolumn 3})$$

Uwaga: Drugie wartości dla tych samych numerów f-tów pochodzą z innego stereogramu.

W tablicy 1 uwidoczniono błędy średnie identyfikacji fotopunktów, wynikłe z oceny obserwatora, a zatem w oparciu o przypuszczalne błędy identyfikacji fotopunktów (kol. 3). Błędy te przeliczono osobno dla każdej z trzech grup fotopunktów (jedną grupę stanowią fotopunkty o tym samym mianowniku), oraz dla wszystkich grup łącznie.

Z porównania tych trzech błędów średnich (a jeszcze lepiej ich wartości podpierwiastkowych: 0,0014, 0,0011 i 0,0010), można zauważyć tendencję malejącą dokładności fotopunktów grupy z mianownikiem „6”. Ten fakt można usprawiedliwić tym, że fotopunkty tej grupy były identyfikowane w terenie przede wszystkim z uwzględnieniem zdjęć lotni-

czych tej skali, — a zatem słuszny byłby wniosek, że najlepszą grupą fotopunktów dla zdjęć lotniczych w skali 1 : 20 000 będzie grupa fotopunktów, której mianownik będzie najbliższy skali (1 : 20 000) opracowywanych zdjęć lotniczych. Inaczej można wniosek ten sformułować w ten sposób, że fotopunkty powinny być identyfikowane dla ściśle określonej skali zdjęć lotniczych i wówczas będą najlepiej wybrane dokładnościowo.

W celu potwierdzenia prawdziwości wyprowadzonych błędów średnich identyfikacji fotopunktów, opartych na przypuszczalnych błędach identyfikacji tychże fotopunktów, pochodzących z indywidualnej oceny obserwatora, wykorzystano również metodę ścisłego rachunku, dla którego punktem wyjścia były dane liczbowe uwidocznione w kolumnach 2 tablicy 1.

I tak, ponieważ na różnicę długości porównywanych odcinków mają wpływ dwie identyfikacje: a) identyfikacja fotopunktu z jednej strony odcinka, i b) identyfikacja podfotopunktu z drugiej strony tegoż odcinka, przeto błąd identyfikacji samego tylko fotopunktu będzie o $\frac{1}{\sqrt{2}}$ mniejszy od błędu występującego na tymże odcinku, jeśli przyjmiemy, że trudności w identyfikacji tych punktów są jednakowe. Tu trzeba stwierdzić, że w przypadku jednego z identyfikujących tak nie było, i wobec tego dokładności identyfikacji były różne. Ten ostatni moment biorąc pod uwagę, można twierdzić, że bardziej prawdziwe będą błędy średnie identyfikacji fotopunktów oparte na danych, pochodzących z oceny obserwatora. Prowadząc jednak zaczęta sprawę do końca, obliczony został *błąd średni identyfikacji fotopunktów* z danych kolumny 2 dla wszystkich 46 obserwacji łącznie. Błąd ten wyniósł:

$$\pm \sqrt{\frac{0,0727}{2 \times 46}} = \pm \sqrt{0,00079} = \pm 0,028 \text{ mm}$$

Zgodność tych dwóch wyników: $\pm 0,036 \text{ mm}$ i $\pm 0,028 \text{ mm}$ jest bardzo dobra. Uwzględniając co powyżej podano o tych dwóch drogach otrzymania błędów średnich identyfikacji fotopunktów, można przyjąć pierwszy wynik (0,036 mm) jako najzupełniej miarodajny.

Można analizować każdy fotopunkt z osobna (np. umieszczone w tablicy 1), trudno jednak nie zwrócić uwagi na fotopunkt Nr 69/6, dla którego błąd ten wypadł największy. Fotopunkt ten był narożnikiem użytku rolnego i ustalony został przez identyfikujących w terenie z różnicą $r = 12 \text{ cm}$. Ta ocena jest oceną średnią i odnosi się do stanu użytków z 1947 roku, w którym dokonano identyfikacji tego punktu. W tym przypadku przyczyna słabego wyniku leży w stronie fotograficznej zdjęć lotniczych.

Przypadek wybrany nie jest bynajmniej wyjątkowy, — prawie z reguły można powiedzieć, że im gorsza strona fotograficzna zdjęcia lotni-

czego, tym większy będzie błąd identyfikacji fotopunktu. Mówiąc o identyfikacji należy mieć na względzie przede wszystkim identyfikację kamerálną, a zatem czynność obserwatora przy autografie. Rodzaj fotopunktów ma tutaj mniejsze znaczenie, pamiętać jednak trzeba o warunku, że fotopunktem może być punkt odfotografowany, a zatem trzeba go widzieć na zdjęciu. Rodzaj fotopunktów może mieć jedynie tylko to znaczenie, że identyfikacja pewnego rodzaju jest łatwiejsza i poniekąd pewniejsza niż innego. Wszystkie fotopunkty pod względem rodzaju można podzielić na pewne grupy, których identyfikacja jest mniej lub więcej łatwa. Fotopunkty pola doświadczalnego Nowy Sącz — Grybów można podzielić na cztery grupy, a mianowicie:

1) szczegóły budynków, narożniki ogrodzeń oraz urządzenia gospodarcze (te ostatnie to np. kieraty, studnie itp.),

2) słupy, znaki kilometrowe lub hektometrowe (te ostatnie przeważnie bielone),

3) narożniki użytków rolnych, przecięcia i załamania miedz wzgl. dróg lub ścieżek,

4) drzewka, krzewy, kopce, kamienie, mostki, kładki, kretowiska.

Jedynie o fotopunktach pierwszej grupy można powiedzieć, że są one łatwe i pewne w identyfikacji w terenie i na zdjęciu lotniczym, o takich fotopunktach można powiedzieć, że są *bezspornej* identyfikacji. Fotopunkty tej grupy nie posiadają podfotopunktów z przyczyn zupełnie zrozumiałych.

A oto klasyfikacja fotopunktów z punktu widzenia ich rodzaju:

Tablica 2

Grupa	Liczba fotopunktów z m i a n o w n i k i e m				Razem
	6	10	15	20	
I	42	34	18	18	112
II	18	6	1	—	25
III	107	52	34	13	206
IV	39	16	5	4	64
razem	206	108	58	35	407

Wszystkie fotopunkty pozostałych grup, tj. drugiej, trzeciej i czwartej, o ile tylko było to możliwe, otrzymały po trzy podfotopunkty. W celu scharakteryzowania pewnych trudności związanych z wzięciem tych pod-

fotopunktów w terenie oraz użytecznością tych podfotopunktów w pracach kameralnych, zestawiono poniższą tablicę dla fotopunktów z numerem „6” w mianowniku.

Na 145 fotopunktów było:

Tablica 3

	Ilość f-tów	Ocena podfotopunktów								
		$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{5}$
z jednym podfot. było	1	1								
z dwoma „ „	14		13	1						
z trzema „ „	123				74	42	7			
z czterema „ „	6							3	3	
z pięcioma „ „	1									1
liczba fotopunktów										
ogółem	145									

Oznaczenia ułamkowe w części tablicy, dotyczącej oceny podfotopunktów, należy rozumieć w ten sposób: a) mianownik ułamka podaje liczbę podfotopunktów w grupie, która została zidentyfikowana i pomierzona w terenie, b) licznik ułamka podaje liczbę podfotopunktów użytecznych, tj. kameralnie sprawdzonych i uznanych jako dobre, tak np. ułamek $\frac{2}{3}$

mówi nam, że na trzy pomierzone w terenie podfotopunkty dwa okazały się dobre, a zatem trzeci uznany został jako zły. Stąd łatwo jest obliczyć ogólną liczbę złych podfotopunktów, np. w przypadku 123 fotopunktów posiadających po trzy podfotopunkty: $42 \times 1 + 7 \times 2 = 56$ podfotopunktów złych (na ogólną ich liczbę $123 \times 3 = 369$).

Pomimo zalecenia dowiązywania każdego fotopunktu do trzech podfotopunktów, w jednym przypadku na 145 zamierzono tylko jeden podfotopunkt oraz w 14 przypadkach tylko po dwa podfotopunkty. Wytlumaczeniem tego faktu był brak odpowiedniej sytuacji w okolicy fotopunktów. Informacja ta pochodziła od osób identyfikujących, które dokładały starań, aby jak najlepiej wywiązać się z wykonywanych przez siebie zadań, czego dowodem były przypadki fotopunktów z czterema a nawet z pięcioma podfotopunktami. Te ostatnie przypadki usprawiedliwiano dużą zmianą sytuacji i możliwymi błędami identyfikacji podfotopunktów. Również ciekawą charakterystyką są wartości różnic („r”) dwóch niezależnych identyfikacji fotopunktów, przeprowadzonych przez różnych wykonawców. I tak, na ogólną ilość 411 fotopunktów zaprojektowanych na całym polu doświadczalnym otrzymano:

Tablica 4

Fotopunkty z numerem w mianown.	Różnice w podwójnej identyfikacji w cm						Razem
	$r = 0$	$0 < r \leq 10$	$10 < r \leq 20$	$20 < r \leq 30$	$r_{\max} = 33$	brak ident.	
6	55	68	58	21	1	4	207
10	49	28	21	7	1	5	111
15	20	19	11	4	—	4	58
20	17	7	3	7	—	1	35
razem	141	122	93	39	2	14	411

Brak podwójnej identyfikacji był spowodowany wystąpieniem jednej z poniższych okoliczności:

- a) nie znaleziono palika (prawdopodobnie został wyrwany),
- b) zmieniono położenie fotopunktu w momencie drugiej identyfikacji,
- c) przeoczony numer fotopunktu.

Podane wyżej charakterystyki: a) samych fotopunktów (tabl. 4 — zestawiona z danych terenowych) oraz b) ocena podfotopunktów (tabl. 3 umożliwia obliczenie ilości podfotopunktów błędnych), mówią nam o istnieniu pewnych przyczyn decydujących o jakości fotopunktów, o różnych ich dokładnościach i o trudnościach w wyborze dobrych podfotopunktów. Analiza podfotopunktów wykazała, że ten dość duży procent podfotopunktów błędnych (ok. 15%) był spowodowany zmianami w sytuacji terenu, zaszłyimi w okresie 2-ech lat od daty wykonania zdjęć lotniczych do daty identyfikacji fotopunktów, które to zmiany nie zostały przez identyfikującego dostrzeżone, względnie nawet błędy te mogły pochodzić z przyczyn wadliwego pomiaru odległości między określonym fotopunktem a jego podfotopunktami. Nie rozstrzygając, wzgl. nawet nie mogąc rozstrzygnąć, która z tych przyczyn w konkretnym błędnym przypadku zaistniała, ostateczny wniosek jest jeden, że stosunkowo małą uwagę przykładal wykonawca do znaczenia podfotopunktów, licząc przypuszczalnie na to, że któryś z domierzonych podfotopunktów będzie dobry i potwierdzi trafność identyfikacji fotopunktu — i tak też w rzeczywistości było. Liczba dwóch dobrych podfotopunktów tworzących z fotopunktem kąt prosty może w zupełności wystarczyć do dobrego upewnienia się co do położenia fotopunktu, jeśli konfiguracja działek jest regularna (prostokątna). Trzeci podfotopunkt w takim przypadku był nadliczbowy i spełniał rolę dodatkowej kontroli identyfikacji fotopunktu. Jeśli jednak tej regularności nie było, to istnienie tylko dwóch podfotopunktów mogło być niewystarczające do ścisłej lokalizacji fotopunktu.

Analiza wyników podanych w tabl. 4 mówi nam, że tylko 263 fotopunkty (141 + 122), których różnice w podwójnej identyfikacji zawarte

są w granicach od 0 do 10 cm (włącznie) spełniają w sposób oczywisty, założenia przyjęte na początku tej roboty. O pozostałych 148 fotopunktach nie można nic pewnego powiedzieć, gdyż prawie z reguły pozostawała obowiązująca pierwsza identyfikacja, która mogła być lepszą od drugiej, różniącej się o wartość większą od 10 cm. O tym jak wypadały dokładności fotopunktów w zasięgu konkretnych stereogramów mówią nam dalsze ich analizy.

Założenie tak wysokiej dokładności identyfikacji fotopunktów (± 10 cm) było również zgodne z założeniami stawianymi pracom geodezyjnym, które miały dać współrzędne fotopunktów z błędem średnim nie przekraczającym ± 10 cm. Przeglądając te ostatnie wyniki nie uzyskano tej dokładności w 11 przypadkach dla fotopunktów z mianownikiem 6, w 7 przypadkach — dla fotopunktów z mianownikiem 10, w 6 przypadkach — z mianownikiem 15 i w 6 przypadkach z mianownikiem 20.

Osiągnięcia tak wysokiej dokładności w pracach geodezyjnych, ze względu na nasze bieżące opracowania map w skalach 1 : 5 000 i 1 : 10 000 nie było konieczne i dlatego też wymienione fotopunkty o nieco mniejszej dokładności (± 30 cm) można traktować jako nadające się do prac badawczych w zakresie obu wymienionych skal.

Do liczby 411 fotopunktów należy dodać jeszcze 23 punkty triangulacyjne, które były sygnalizowane tuż przed zdjęciami lotniczymi tegoż pola. Z 23 punktów sygnalizowanych nie zostało odfotografowanych siedem. Przyczyny nieodfotografowania owych siedmiu punktów były następujące: a) zdjęcie tarcz sygnalizacyjnych przez okoliczną ludność, b) strącenie tarcz przez silne wiatry (pomimo ich zabezpieczenia), c) nieodfotografowanie się tarcz (stwierdzono po dokonanych zdjęciach, że leżały one na swoich miejscach). Tarcze wykonane były z dykty o średnicy 80 cm, pomalowane na kolor biało-czarny i osadzone centrycznie na głowicach metalowych punktów triangulacyjnych.

Dowiązanie fotopunktów do sieci triangulacyjnej pola doświadczalnego było dwojakie: bezpośrednie i pośrednie.

Pod określeniem „bezpośrednie” należy rozumieć wcięcie fotopunktu bezpośrednio z sieci metodą wcięcia wstecz lub kombinowanego, w którym prawie z reguły były obserwacje kierunków nadliczbowych. Pod określeniem „pośrednie” należy rozumieć te same metody wcięcia, ale zastosowane do wyznaczenia położenia w pierwszej kolejności punktu tzw. geodezyjnego, położonego w pobliżu fotopunktu określanego, a następnie nawiązanie kątowe i liniowe tegoż fotopunktu. Ta druga część tego nawiązania była często przyczyną różnorodnych błędów obserwacyjnych i rachunkowych, które dopiero w opracowaniach kameralnych autogrametrycznych zostały wykryte.

O tym, w jaki sposób dowiązany został każdy fotopunkt do sieci trian-
gulacyjnej pola, podaje kol. 4 ostatniej tablicy (Nr 8).

Aby fotopunkt był naprawdę użyteczny w późniejszych pracach ka-
meralnych, musi być podana w nim szczegółowa informacja, określająca
jego dokładne położenie i wyrażona w języku zrozumiałym dla późniejsze-
go użytkownika. Te informacje, to nie tylko nakłucie fotopunktu na zdję-
ciu lotniczym, ale również odpowiedni szkic fotograficzny i topograficz-
ny, uzupełniony opisem słownym. Przekazanie właściwej informacji o fo-
topunkcie jest rzeczą trudną. Dobra znajomość szczegółów terenu, które
mogłyby się odfotografować, bezbłędna identyfikacja treści zdjęć lotni-
czych, ocena trudności jakie może napotkać nawet wyszkolony użytkownik
kameralny przy wykorzystywaniu fotopunktów dają dopiero gwarancję,
że konkretny fotopunkt może być użyteczny w pracach kameralnych. Jeśli
z drugiej strony, użytkownik kameralny posiada te same umiejętności
w odczytywaniu treści zdjęć lotniczych (co pracownik polowy), to użytecz-
ność fotopunktu będzie zapewniona.

Ocena użyteczności fotopunktów dla skali zdjęć lotniczych 1 : 20 000
podana została w kol. 10 ostatniej tablicy (Nr 8).

W związku z powyższym, po dokonaniu analizy rodzaju fotopunktów
przystąpiono do kameralnej analizy dokładności i użyteczności tych foto-
punktów. Analizę tę oparto przede wszystkim na diapozytywach zdjęć lot-
niczych kompletu 1 : 20 000, przy wykorzystaniu dobrze zrektyfikowanego
autografu Wild A8.

Fotopunkty każdego stereogramu były analizowane w dwóch etapach:
w etapie obserwacyjnym i w etapie rachunkowym. W celu lepszego przed-
stawienia rozmieszczenia błędów i wnikliwszej ich analizy, sporządzone
zostały odpowiednie grafiki.

A oto czynności wykonane dla każdego stereogramu:

w etapie obserwacyjnym	w etapie obliczeniowym
2) zestrojenie stereogramu,	1) przygotowanie podkładu,
3) zarejestrowanie elementów orientacji zewn. stereogramu,	
4) sprawdzenie grup podfotopunktów	5) obliczenie błędu przypadkowego kameralnej identyfikacji f-tów z grupy podfotopunktów,

cd.

w etapie obserwacyjnym:	w etapie obliczeniowym:
6) zarejestrowanie współrzędnych autogrametrycznych (xyz) zaobserwowanych fotopunktów,	7) przetransformowanie współrzędnych autogr. (xy) na terenowe, 8) obliczenie błędów rzeczywistych ($\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$) poszczególnych f-tów, 9) obliczenie błędów średnich (m_x, m_y, m_z) współrzędnych f-tów, 10) wyodrębnienie złych fotopunktów 11) dodatkowa kontrola złych f-tów (operat techniczny i ew. teren) 12) wykonanie zestawień zbiorczych,
13) wykreślenie na kalkach rozmieszczenia i wielkości błędów rzeczyw. f-tów w skali 1 : 20 000 dla współrzędnych płaskich (xy) i rzędnej „z”. 14) wyprowadzenie krzywych błędów systematycznych rzędnych „z” dla fotopunktów i punktów triangulacyjnych, położonych w zasięgu pojedynczych stereogramów szer. 2	

Zbędne byłoby omawianie po kolei każdego z wymienionych czterestu punktów. W pierwszej części tego artykułu omówione zostały punkty czwarty i piąty. W celu zilustrowania niektórych dalszych punktów załączone zostały odpowiednie tablice: 5, 6, 7 (a, b, c) i 8 oraz dwa rysunki.

Po dokonaniu transformacji współrzędnych fotopunktów na układ geodezyjny terenowy dla każdego stereogramu (np. jak w tabl. 5) w oparciu o 5 fotopunktów możliwie regularnie rozmieszczonych w zasięgu stereogramu i po wyprowadzeniu różnic (kol. 8) dla współrzędnych tychże fotopunktów, stosunkowo łatwo można było ustalić fotopunkty błędne. Tak np. fotopunkt 52/6 wykazał w początkowym etapie sprawdzania duże różnice (kol. 8 — 2,7 i 14,6 m). Ponieważ ten fotopunkt występował tylko na jednym stereogramie, przeto, po pewnym czasie, powtórzone zostały wszystkie niezbędne czynności z tym stereogramem po raz drugi w celu upewnienia się co do bezbłędności opracowań autogrametrycznych. Ponadto o tymże fotopunkcie zebrano następujące wiadomości: 1) zgodność jego z trzema podfotopunktami — dobra, 2) błąd identyfikacji podwój-

nej w terenie — $r = 10$ cm, 3) współrzędne jego były wyznaczone bezpośrednio z sieci geodezyjnej pola, 4) był wyznaczony wcięciem wstecz z czterech kierunków na pobliskie punkty triangulacyjne, 5) obliczenia współrzędnych (xy) z danych polowych były zgodne z dostateczną dokładnością, 6) kameralne sprawdzenie identyfikacji fotopunktu z jego podfotopunktami — dobre. Z powyższych danych, reprezentujących dwie metody lub dwie różne drogi, nie można było wyciągnąć właściwego wniosku, gdyż obie drogi dawały jeden wniosek wzajemnie wykluczający się! Wniosek ten brzmiał: współrzędne fotopunktu 52/6 były dobre zarówno z wyznaczenia autogrametrycznego, jak i z danych polowych, a przecież były różne! — Wniosek nie do przyjęcia.

W konkretnym przypadku należało poczynić dodatkowe spostrzeżenia. Można było wykorzystać podkład, zawierający w skali 1 : 20 000 rozmieszczenie wszystkich punktów osnowy geodezyjnej i fotogrametrycznej, a sporządzony na koordynatografie ze współrzędnych polowych. Podkład ten w trakcie analizy był zestrojony ze stereogramem na autografie. Wobec tego, należało ustawić mikroskop koordynatografu autografu na fotopunkt 52/6 i przy tym ustawieniu osi x i y autografu stwierdzić, jakie jest położenie znaczka pomiarowego na stereogramie. To położenie, w opisywanym przypadku, wypadło w miejscu pozbawionym jakiegokolwiek charakterystycznej sytuacji. Ta okoliczność wykluczała możliwość innego fotopunktu, natomiast, gdyby znaczek pomiarowy trafił na punkt charakterystyczny terenu, można by przypuścić, że ten punkt został ostatecznie pomierzony jako fotopunkt 52/6 i o fakcie tym zapomniano zakomunikować. Tak jednak nie było, należało zatem przyjąć przypuszczenie, że współrzędne terenowe tego fotopunktu są błędne. Przypuszczenie to okazało się słuszne. Po ponownym starannym przejrzeniu polowego operatu technicznego i rachunku współrzędnych tego fotopunktu stwierdzono dwa błędy w obliczeniach. Po ich usunięciu uzyskano zgodność współrzędnych $+0,1$ i $-0,9$ m. Opisany tu przypadek nie był odosobniony, a przyczyną rozbieżności współrzędnych były zwykle prace kameralne lub polowe, związane z wyznaczeniem polowej osnowy geodezyjnej. Należy tu podkreślić, że całe to postępowanie w odnajdywaniu przyczyn błędów pochłaniało sporo czasu.

Na pewne wytłumaczenie takich przypadków, należy podać, że prace geodezyjne tak polowe jak i kameralne były wykonywane w trudnych bardzo warunkach. Personel wykonawczy był zmienny nie tylko w kolejnych etapach prac, ale i w danym etapie, prace były robione przeważnie w ramach urlopów wypoczynkowych, a zatem przeciętny pracownik poświęcał na nie jeden miesiąc, przez wielu prace te były po raz pierwszy wykonywane. W tej sytuacji wyniki prac geodezyjnych w zakresie osnowy fotogrametrycznej mogły być ostatecznie sprawdzone dopiero po

zakończeniu sprawdzających prac kameralnych, autogrametrycznych, a zatem po niniejszej analizie. Pracochłonność tych ostatnich prac była bardzo duża i niewspółmierna do posiadanego personelu.

Popełnione błędy w pracach geodezyjnych polowych, to przede wszystkim: błędnie podawane nazwy (numery) punktów triangulacyjnych, użytych do wcięć wstecz fotopunktów lub punktów geodezyjnych (przejęciowych), potraktowanie punktu geodezyjnego (przejęciowego) jako fotopunktu, zmiana fotopunktu zidentyfikowanego na inny bez wyraźnego uwidocznienia tego faktu. A w przypadkach korzystania z punktów geodezyjnych, niekiedy domiary fotopunktów były dokonywane na kierunku punktu triangulacyjnego o fałszywej nazwie. Wszystkie te przypadki, których było nie więcej jak 7%, wymagały oceny i pomocy ze strony opracowań autogrametrycznych. Przy ich pomocy wykryto, np. że rzędne wysokości niektórych fotopunktów nie miały uwzględnionych wysokości słupów telefonicznych, których wierzchołek był wcinany, a rzędną „z” należało ustalić dla terenu (np. były to fotopunkty 167/6, 168/6, 81/10). W drobnej skali zdjęć lotniczych (1 : 20 000) wierzchołek słupa nie był dobrze widoczny.

W trakcie analizowania wartości fotopunktów słabo widocznych lub prawie zupełnie niewidocznych, w skali zdjęć lotniczych 1 : 20 000, korzystano przy ich ustalaniu z podfotopunktów. W tym celu, aby usprawnić tę czynność, wykonano odpowiedni grafik na przeźroczystej kalce. Grafik powinien być dostosowany do określonej skali opracowania i przedstawia sobą centrycznie rozmieszczone koła o promieniach od 5 m do 150 m. Wykorzystanie grafiku wymaga uprzedniego naniesienia na karton lub planszę ze stereogramu w dowolnym miejscu koordynatografu autografu trzech podfotopunktów, aby następnie móc wpasować grafik, korzystając z danych liczbowych uzyskanych z terenu (z opisów sytuacyjnych fotopunktów). Punkt środkowy grafiku wskaże położenie fotopunktu. Ustawienie mikroskopu koordynatografu autografu na tak ustalony punkt, ustawia automatycznie znaczek pomiarowy na fotopunkt, pod warunkiem, że autograf był połączony z koordynatografem oraz karton był unieruchomiony w czasie przeprowadzania tych czynności. Dokładność fotopunktów tak ustalanych nie była gorsza od dokładności fotopunktów dobrze widocznych.

Tablica 6 zawiera ciekawe zestawienia dokładności rzędnych „z” stereogramu 2363-62/2 (1 : 20 000) dla 42 punktów, w tym 12 punktów triangulacyjnych niesygnalizowanych, pochodzących z obserwacji autogrametrycznych z różnych lat (1962 i 1964) i z dwóch różnych par diapozytywów, wykonanych również w tym odstępie czasu. Do wykonania tych diapozytywów posłużyły te same oryginalne negatywy zdjęć lotniczych

(film). Oba te wyniki wskazują na dużą zgodność błędów średnich rzędnych „z”: $\pm 0,55$ i $\pm 0,61$ m.

Ilustracją graficzną tych zgodności są dwa wykresy, przedstawiające rozmieszczenie błędów rzeczywistych rzędnych „z”, a odpowiednio przeinterpolowane i wykreślone krzywe, to krzywe jednakowych błędów, które jednocześnie można traktować jako krzywe poprawek dla rzędnych „z” odczytanych z autografu.

Ten sposób badania polegał na przygotowaniu w skali opracowania 1 : 20 000 rozmieszczenia w płaszczyźnie poziomej xy wszystkich punktów analizowanych i wpisaniu przy każdym z nich odpowiedniej wartości odchyłki rzędnej „z” (lub wkreśleniu wektora odchyłki dla współrzędnych x i y).

Ten graficzny sposób przedstawienia takich czy innych błędów lub odchyłek pozwala na stosunkowo łatwe wykrywanie pojedynczych punktów błędnych lub też błędów systematycznych w zasięgu stereogramu. Wyprowadzenie krzywych jednakowych błędów może być dokonane przy założeniu pewnych dodatkowych warunków, bez których przejrzystość i regularność wykresu nie byłaby dostateczna. Ponieważ każdy z punktów analizowanych może posiadać oprócz pewnego błędu przypadkowego, błąd systematyczny, przeto przy wyprowadzaniu krzywych błędów systematycznych należy uwzględnić na każdym punkcie możliwą wielkość błędu przypadkowego.

Przy pomocy tak uzyskanych grafików usunięto z obliczeniowego operatu technicznego sporo błędów rachunkowych współrzędnych xyz fotopunktów. Po wyeliminowaniu grubych błędów można było przystąpić do odczytania wniosków wpływających z tych grafików. Aby to odczytanie można było przeprowadzić, należało uprzednio poczynić odpowiednie założenia, bez których nie byłby dostatecznie widoczny wniosek ostateczny. Założenia te można spisać w następujące punkty:

1) zmiany w obrazie zdjęcia lotniczego, dotyczące położenia punktów analizowanych, spowodowane przyczynami systematycznymi wykazują zmienną ciągłość, która przechodzić może ze zmian o charakterze przypadkowym w zmiany o charakterze systematycznym,

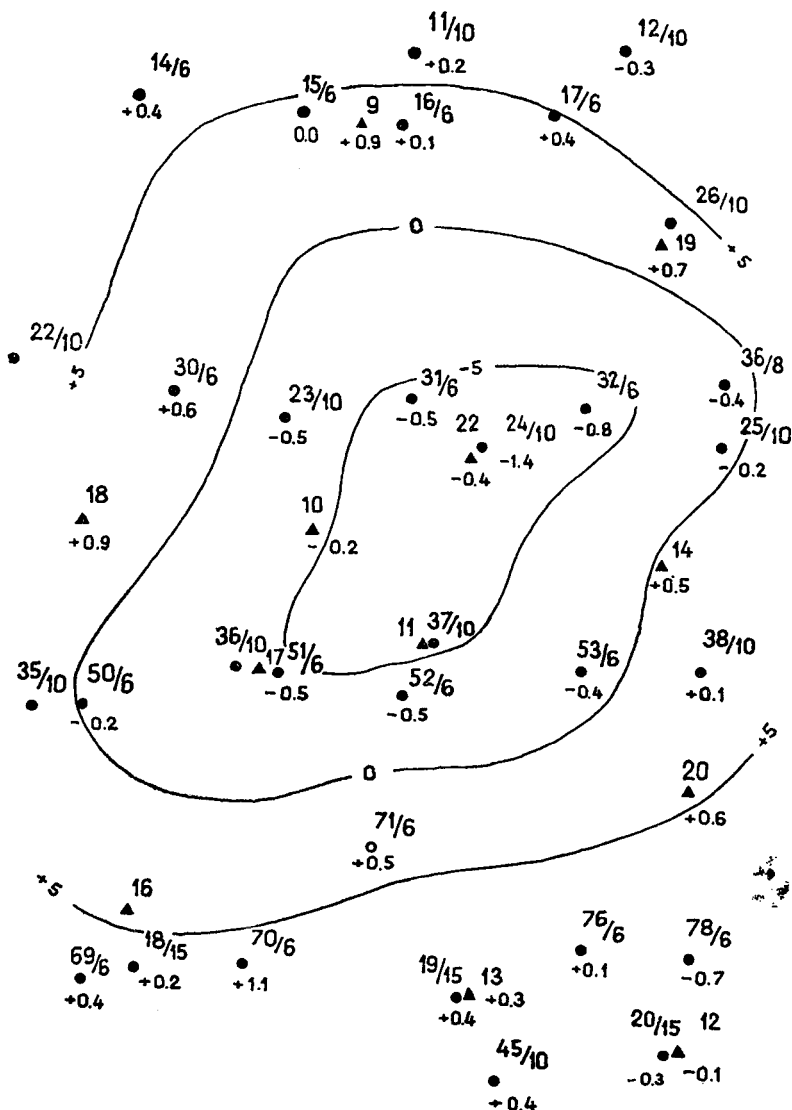
2) zmienność przypadkowa dla rzędnych „z” wynosi ± 3 dcm przy zdjęciach lotniczych w skali 1 : 20 000, gdyż takie różnice były maksymalne między obserwacjami dwóch różnych obserwatorów,

3) wszystkie inne odchylenia wartości rzędnych „z” większe od wartości spodziewanej o ± 3 dcm posiadają błąd systematyczny,

4) istnienie błędu systematycznego jest do zauważenia gdy w efekcie jego działania pojawia się stały znak odchyłki,

5) gęstość punktów użytych do analizy powinna być nie mniejsza jak 30, równomiernie rozłożonych na stereogramie,

Nowy Sącz-Grybów, skala zdjęć 1:20 000
Stereogram Nr 2363-62
wg danych z dn. 2.V.1962r.



Krzywe poprawek w dcm.

6) w celu zapewnienia łatwego wykrycia błędów systematycznych, należy poziomowanie stereogramów przeprowadzać w oparciu o punkty jednakowo rozmieszczone.

Według tych założeń wykonane zostały grafiki dla rzędnych „z” wszystkich kolejnych stereogramów zdjęć lotniczych kompletu 1 : 20 000 szeregu 2. Przykładami takich rysunków są grafiki Nr 1 i Nr 2 sporządzone dla tego samego stereogramu 2363-62/2. Grafiki te pochodzą z dwóch różnych lat i różnych par diapozytywów, wykonanych z tych samych negatywów zdjęć lotniczych.

Po przejrzeniu wszystkich 16 grafików, sporządzonych z 16 stereogramów szer. 2 kompletu 1 : 20 000, można było wyciągnąć następujące wnioski zarówno co do rozkładu, jak i likwidacji błędów systematycznych rzędnych wysokościowych punktów, położonych w zasięgu pojedynczego stereogramu zdjęć lotniczych wykonanych w skali 1 : 20 000, $f_k = 115$ mm, formatu 18×18 cm ($H_{zdj.} = 2300$ m). Dla stereogramów poziomowanych na autografie Wild A8 w oparciu o cztery punkty umieszczone symetrycznie w narożach stereogramu. A oto wnioski:

1. Rozkład błędów systematycznych rzędnych „z” w obrębie każdego stereogramu jest w ogólnych formach jednakowy.

2. Krzywe błędów systematycznych w środkowych częściach stereogramów są krzywymi zamkniętymi o kształcie wydłużonym w kierunku dłuższego boku stereogramu i zbliżonymi do elips lub owali.

3. Obszar zmienności błędów systematycznych znajduje się w granicach od $-1,5$ m (w środku stereogramu) do $+0,5$ m (na brzegach stereogramu), przy czym stereogramy są wypukłe w ich środkowej części.

I stąd wniosek ostateczny, że dla wszystkich tych 16 stereogramów można ustalić jeden wspólny grafik, według którego możliwe byłoby poprawienie rzędnych wysokościowych poszczególnych stereogramów. To poprawienie zmniejsza błędy rzędnych „z” o około 35% (patrz tabl. 6, kol. 6 i 9).

Zastanawiając się nad przyczynami tych zjawisk, można wymienić celem ich uzasadnienia, następujące czynniki:

a) czynniki zmian przypadkowych:

- 1) deformacje lokalne negatywów zdjęć lotniczych, tj. podłoża i warstwy emulsji,
- 2) stan rektyfikacyjny przyrządu (błędy resztkowe),
- 3) dyspozycje obserwatora, zależne od jego stanu zdrowotnego i nabytej fachowości,
- 4) resztkowa dystorsja obiektywu kamery lotniczej,

b) czynniki zmian systematycznych:

- 1) krzywizna ziemi i refrakcja atmosferyczna,

- 2) deformacje negatywów zdjęć lotniczych o charakterze systematycznym,
- 3) wpływ dystorsji obiektywu kamery lotniczej,
- 4) brak ostrości diapozytywów z winy złego docisku filmu do płyty diapozytywowej (przy kopiowaniu diapozytywów).
- 5) brak płaskości podłoża diapozytywów szklanych.

W tablicach 7 a, b, c mamy zestawienia zbiorcze błędów średnich współrzędnych fotopunktów, wyprowadzone dla szeregów 1, 2 i 3 zdjęć lotniczych kompletu 1:20 000. Z danych tych można obliczyć ogólny błąd średni dla całego kompletu 1:20 000.

Błędy średnie współrzędnych fotopunktów dla kompletu zdjęć lotniczych w skali 1:20 000 wyniosły:

	Dla szeregów			Ogólny błąd średni kompletu	
	1	2	3		
m_y :	$\pm 0,61$	$\pm 0,71$	$\pm 0,59$	$\pm 0,64$	$\pm 0,032$
m_x :	0,59	0,70	0,62	0,64	0,032
m_z :	0,60	0,57	0,60	0,59*)	
w m e t r a c h					w mm skali zdj. lotniczych

Po zestawieniu tablicy 8 dla wszystkich fotopunktów pola doświadczalnego można było przystąpić do ich oceny. Przy ocenie brano pod uwagę:

1) sposób dowiązania fotopunktu do osnowy geodezyjnej (dowiązanie bezpośrednie lub pośrednie — kol. 4),

2) wynik obliczenia współrzędnych fotopunktu oraz jego błąd średni (kol. 3),

3) identyfikację polową fotopunktu w terenie i na zdjęciach lotniczych,

4) sposób przekazania informacji o położeniu fotopunktu w terenie i na zdjęciach lotniczych, pozwalający na dostatecznie łatwe i dokładne wykorzystanie fotopunktu w pracy kameralnej.

Materiałami do tej oceny były:

a) materiały polowe:

1) błąd średni współrzędnych (xyz) fotopunktu,

*) tę wartość błędu można zmniejszyć o 35%, a zatem ogólny błąd średni rzędnej „z” wyniesie — $\pm 0,38$ m.

2) szkice sytuacyjne i topograficzne fotopunktu z podwójną ich identyfikacją (z wyj. punktów o bezspornej identyfikacji),

b) materiały kameralne:

3) sprawdzenia kameralne identyfikacji fotopunktu dokonane w oparciu o podfotopunkty.

4) uzyskane dokładności współrzędnych przetransformowanych z układu autogrametrycznego na układ geodezyjny (terenowy),

5) kalki z wykazanymi wektorami błędów (xy) oraz kalki z wykazanymi różnicami rzędnych wysokościowych fotopunktów rozmieszczonych w skali 1 : 20 000,

6) zestawienia zbiorczo-porównawcze rzeczywistych odchylek współrzędnych xyz fotopunktów, punktów triangulacyjnych sygnalizowanych oraz rzędnych „ z ” dla punktów triangulacyjnych niesygnalizowanych. Zestawienia te zostały sporządzone dla trzech szeregów zdjęć w skali 1 : 20 000.

Do zaklasyfikowania fotopunktu do jednej z dwóch grup (dobry lub zły) posłużyły następujące kryteria:

1) błąd średni współrzędnych polowych — $m_{xyz} \leq \pm 10$ cm lub dla punktów skrajnych pola doświadczalnego — $m_{xyz} \leq \pm 30$ cm,

2) różnica w podwójnej identyfikacji fotopunktu — $r \leq \pm 30$ cm,

3) przypuszczalny błąd kameralnej identyfikacji fotopunktu powinien być mniejszy (lub równy) $\pm 0,05$ mm w skali zdjęć lotniczych 1 : 20 000,

4) błąd rzeczywisty fotopunktu: $m_{xy} \leq \pm 1$ m oraz $m_z \leq \pm 0,5$ m.

Fotopunkty, dla których chociaż jedno z wyżej wymienionych 4-ch kryteriów było przekroczone, uznawane były za złe.

Bardzo pomocnym materiałem do ustalenia miejsca błędu były kalki oraz zestawienia zbiorczo-porównawcze wymienione wyżej w punktach 5 i 6.

Osobnym zagadnieniem w tej analizie były fotopunkty, które w trakcie ich badań na zdjęciach lotniczych w skali 1 : 20 000, wykazały duże rozbieżności. Ponieważ przyczyną tych rozbieżności mogła być drobna skala zdjęć lotniczych, przeto w celu wyjaśnienia ostatecznej przyczyny i rodzaju błędu, skorzystano dodatkowo ze zdjęć lotniczych w większych skalach (1 : 6 000, 1 : 8 000 i 1 : 10 000). Na ogólną liczbę przeszło 400 fotopunktów zakwalifikowano do tego sprawdzenia 20 fotopunktów, tj. ok. 5%.

W czasie tej analizy okazało się, że:

8 fotopunktów otrzymało ocenę dobrą (przyczyną poprzedniej rozbieżności była ich niemożliwa identyfikacja na zdj. 1 : 20 000),

3 fotopunkty okazały się w dalszym ciągu niemożliwe do zidentyfikowania,

- 1 fotopunkt posiadał zły opis identyfikacyjny,
- 5 fotopunktów wymagało uzupełnienia wysokościami słupów,
- 3 fotopunkty posiadały niedostateczne dane polowe.

Na zakończenie można postawić pytanie, do jakich zadań może posłużyć fotogrametryczna osnowa pola doświadczalnego Nowy Sącz — Grybów?

Zadania mogą być rozliczne. Na to pytanie można dać odpowiedź, wychodząc od strony dokładności tej osnowy i zadań postawionych temu polu. Jak wyżej ustalono, uzyskana dokładność fotopunktów wynosi $\pm 0,032$ mm w skali zdjęć lotniczych dla obu współrzędnych płaskich. Tej dokładności odpowiadają różne wartości liczbowe, wyrażone w metrach, a zależne od skal posiadanych czterech kompletów zdjęć lotniczych. Będą to wartości: 0,64 m, 0,48 m, 0,32 m i 0,19 m kolejno dla zdjęć w skalach: 1 : 20 000, 1 : 15 000, 1 : 10 000, i 1 : 6 000. Jeśli interesujące nas opracowania dotyczą map w skalach 1 : 10 000, 1 : 5 000 i 1 : 2 000, dla których możemy przyjąć dopuszczalny błąd graficzny w sytuacji $\pm 0,2$ mm, przeto tej wartości błędu graficznego będą odpowiadały kolejno następujące trzy wartości: 2 m, 1 m i 0,4 m. Następnie, zakładając, że ze zdjęć lotniczych w skali 1 : 20 000 będziemy opracowywać mapy w skalach 1 : 10 000 wzgl. 1 : 5 000; a ze zdjęć 1 : 15 000 — mapy 1 : 5 000; ze zdjęć 1 : 10 000 — mapy 1 : 5 000 wzgl. 1 : 2 000 oraz ze zdjęć 1 : 6 000 — mapy 1 : 2 000, to dla tych wszystkich wariantów będziemy mieli jakieś n-krotnie lepsze zabezpieczenie w dokładności osnowy fotogrametrycznej i tym samym wnioski nasze będą miały pełne uzasadnienie. Twierdzącą odpowiedź daje nam poniższa tablica.

Skala zdjęć	Skala opracowania	Zabezpieczenie <i>n</i> — krotne
1 : 20 000	1 : 10 000	3 ×
„	1 : 5 000	1,4 ×
1 : 15 000	1 : 5 000	2 ×
1 : 10 000	1 : 5 000	3 ×
„	1 : 2 000	1,1 ×
1 : 6 000	1 : 2 000	2 ×

Recenzował: Mgr inż. Wacław Sztompke

Rękopis złożono w Redakcji w styczniu 1965 r.

Tablica 5

Transformacja współrzędnych

Pole dośw. Nowy Sącz - Grybów

Stereogram 2363-62/2, Zdjęcia lotn. 1:20000

L. p.	Nr. f-tu	Współrz. autogr.		Wsp. aut. zred.		Współrz. terenowe		Wsp. ter. zred.		Współrz. autogr. po transformacji		Różnice /T-A/		Uwagi
		X _K	Y _K	X _K	Y _K	X _T	Y _T	X _T	Y _T	X _K	Y _K	ε _X	ε _Y	
1	2	W mm		W m		W m		W m		7		8		9
1	14/6	4466,92	4839,69	- 645,0	+ 1477,9	82922,68	00493,95	- 637,9	+ 1480,6	82921,93	00492,66	+ 0,7	+ 1,3	
2	15/6	4492,95	4836,21	- 124,4	+ 1408,3	83441,87	00421,21			83441,85	00421,07	+ 0,0	+ 0,1	
3	16/6	4508,04	4833,82	+ 177,4	+ 1360,5	83744,13	00372,26			83743,23	00372,12	+ 0,9	+ 0,1	
4	17/6	4531,49	4834,90	+ 646,4	+ 1382,1	84211,80	00389,92			84211,95	00391,86	- 0,2	- 1,9	niewid.
5	30/6	4470,80	4794,22	- 567,4	+ 568,5	82996,27	99583,97			82995,90	99583,67	+ 0,4	+ 0,3	
6	31/6	4508,49	4791,54	+ 186,4	+ 514,9	83749,65	99528,45			83748,90	99527,15	+ 0,7	+ 1,3	niewid.
7	32/6	4535,50	4789,20	+ 726,6	+ 468,1	84288,70	99478,87			84288,49	99478,26	+ 0,2	+ 0,6	
8	51/6	4486,27	4748,63	- 258,0	- 343,3	83301,52	98670,68			83301,47	98671,36	+ 0,1	- 0,7	
9	52/6	4507,18	4746,22	+ 160,2	- 391,5	83716,46	98605,86			83719,16	98621,56	- 2,7	- 14,6	zły
10	53/6	4533,95	4747,77	+ 695,6	- 360,5	84254,06	98650,07			84254,26	98650,43	- 0,2	- 0,4	
11	69/6	4454,57	4701,87	- 892,0	- 1278,5	82664,75	97740,04			82664,29	97739,38	+ 0,4	+ 0,6	
12	70/6	4479,45	4703,33	- 394,4	- 1249,3	83160,80	97766,86			83161,62	97766,60	- 0,8	+ 0,3	
13	71/6	4500,91	4721,62	+ 34,8	- 883,5	83590,88	98129,90			83591,92	98130,43	- 1,1	- 0,5	
14	73/6	4549,38	4702,16	+ 1004,2	- 1272,7	84557,09	97738,80			84559,04	97737,73	- 1,9	+ 1,1	
15	72/6	4533,06	4704,89	+ 677,8	- 1218,1	84232,15	97793,83			84233,10	97793,57	- 0,9	+ 0,3	
16	11/10	4510,36	4845,27	+ 223,8	+ 1589,5	83789,72	00599,86	+ 229,1	+ 1586,5	83790,49	00600,76	- 0,8	- 0,9	brzeg
17	23/10	4488,37	4789,12	- 216,0	+ 466,5	83346,56	99481,53			83346,62	99480,37	- 0,1	+ 1,1	
18	24/10	4519,29	4783,49	+ 402,4	+ 353,9	83964,32	99366,29			83964,10	99365,42	+ 0,2	+ 0,9	
19	25/10	4557,05	4782,97	+ 1157,6	+ 343,5	84718,03	99353,18			84718,67	99352,06	- 0,6	+ 1,1	
20	26/10	4549,73	4818,11	+ 1011,2	+ 1046,3	84575,08	00054,73			84575,14	00054,89	- 0,0	- 0,1	
21	36/10	4480,40	4749,65	- 375,4	- 322,9	83184,36	98691,82			83184,24	98692,21	+ 0,1	- 0,4	
22	37/10	4510,77	4752,82	+ 232,0	- 259,5	83791,86	98752,56	+ 231,2	- 260,8	83791,42	98753,17	+ 0,4	- 0,6	
23	38/10	4552,80	4747,61	+ 1072,6	- 363,7	84630,44	98645,11			84630,95	98645,75	- 0,5	- 0,6	
24	49/10	4518,56	4684,70	+ 387,8	- 1621,9	83941,30	97390,61			83941,74	97391,22	- 0,4	- 0,6	

od. Tablicy 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	50/6	4455,41	4744,56	- 875,2	- 424,7	82684,27	98592,14	
26	33/6	4557,07	4792,51	+1158,0	+ 534,3	84717,88	99543,31	
27	18/15	4462,73	4703,47	- 728,8	-1246,5	82827,05	97769,88	
28	19/15	4512,83	4697,90	+ 273,2	-1357,9	83829,08	97655,50	
29	20/15	4545,07	4687,73	+ 918,0	-1561,3	84471,79	97450,64	
		4499,17	4765,795	biegun tr.		83560,62	99013,38	

Równania warunkowe:

14/6	+1477,9	k cos α	- 645,0	k sin α	-1480,6	= 0	v_i	-1,3
11/10	+1589,5		+ 223,8		-1586,5	= 0		+0,9
37/10	- 259,5		+ 232,0		+ 260,8	= 0		+0,6
18/15	-1246,5		- 728,8		+1243,5	= 0		+0,8
20/15	-1561,3		+ 918,0		+1562,7	= 0		+0,9
14/6	- 645,0		-1477,9		+ 637,9	= 0		-0,7
11/10	+ 223,8		-1589,5		- 229,1	= 0		+0,8
37/10	+ 232,0		+ 259,5		- 231,2	= 0		-0,4
18/15	- 728,8		+1246,5		+ 733,6	= 0		+0,4
20/15	+ 918,0		+1561,3		- 911,2	= 0		+0,2

$$[aa] = 10 \ 663 \ 267,73 \quad \text{skąd: } k \cos \alpha = +0,99922$$

$$[ac] = -10 \ 654 \ 927,30 \quad k \sin \alpha = -0,00393$$

$$[bc] = + 41 \ 877,61 \quad k = 0,99922$$

$$\alpha = 399,75^\circ$$

Błąd średni
współrzędnych: $m_y = \pm 0,7 \text{ m}$
 $m_x = \pm 0,7 \text{ m}$
który w skali zdjęć lotni-
czych wynosi: $\pm 0,035 \text{ mm}$
Uw. Z obliczenia błędu średn.
wyłączono f-ty: 17/6 i 52/6

Sumy:

"

Rzędne wysokościowe

Tablica 6

Stereogram 2363-62/2, Zdj. lotn. 1:20000

L. p.	Nr p-tu	Z_T	Dane z 1962 r.			Dane z 1964 r.			Róż- nice /6-9/	Uwagi
			Z_A	v_z	v'_z	Z_A	v_z	v'_z		
			w m	w dcm		w m	w dcm			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	14/6	460,5	460,1	+ 4	- 2	460,5	0	0	- 2	
2	15/6	505,9	505,9	0	- 4	506,0	- 1	- 1	- 3	
3	16/6	509,2	509,1	+ 1	- 3	509,2	0	0	- 3	
4	17/6	424,2	423,8	+ 4	- 1	423,9	+ 3	+ 2	- 3	
5	30/6	381,7	381,2	+ 5	+ 2	381,1	+ 6	+ 1	+ 1	
6	31/6	397,9	398,4	- 5	0	398,7	- 8	0	0	
7	32/6	375,4	376,2	- 8	- 2	376,0	- 6	- 1	- 1	
8	33/6	416,9	417,3	- 4	- 3	416,9	0	0	+ 1	
9	50/6	387,6	387,8	- 2	- 2	388,0	- 4	- 4	+ 2	
10	51/6	424,1	424,6	- 5	0	425,0	- 8	0	0	
11	53/6	346,4	346,8	- 4	- 3	346,4	0	- 2	- 1	
12	69/6	376,9	376,5	+ 4	+ 4	376,1	+ 8	+ 3	+ 1	
13	70/6	333,2	332,1	+11	+ 5	333,0	+ 2	0	+ 5	
14	71/6	341,2	340,7	+ 5	+ 1	341,2	0	+ 3	- 2	
15	72/6	436,0	435,9	+ 1	- 4	436,0	0	0	- 4	
16	73/6	459,3	460,0	- 7	-12	459,3	0	- 3	- 9	
17	11/10	512,8	512,6	+ 2	- 4	512,9	- 1	- 3	- 1	
18	12/10	454,0	454,3	- 3	- 3	453,7	+ 3	0	- 3	
19	23/10	418,2	418,7	- 5	- 3	418,8	- 6	- 4	+ 1	
20	24/10	415,5	416,9	-14	- 4	416,8	-13	- 3	- 1	
21	25/10	397,8	398,0	- 2	- 1	397,3	+ 5	0	- 1	
22	35/10	383,4	-	-	-	382,4	+10	+ 5	-	
23	36/10	419,7	-	-	-	420,6	- 9	- 2	-	
24	36/10	423,7	424,1	- 4	0	-	-	-	-	
25	37/10	416,2	415,1	+11	+15	417,0	- 8	0	+15	
26	38/10	349,7	349,6	+ 1	- 1	348,5	+12	+ 4	- 5	
27	49/10	469,3	468,9	+ 4	- 1	469,1	+ 2	- 3	+ 2	
28	18/15	402,7	402,6	+ 1	+ 1	402,9	- 2	- 5	+ 6	
29	19/15	454,7	454,4	+ 3	- 2	454,8	- 1	- 3	+ 1	
30	20/15	485,7	486,0	- 3	- 3	485,9	- 2	- 7	+ 4	
31	Δ 9	514,8	514,0	+ 8	+ 4	514,9	- 1	- 1	+ 5	
32	10	429,9	430,1	- 2	+ 3	430,5	- 6	0	+ 3	
33	11	416,2	417,0	- 8	- 3	417,1	- 9	- 2	- 1	
34	12	487,9	488,0	- 1	- 1	487,3	+ 6	+ 1	- 2	
35	13	459,5	459,1	+ 4	- 1	459,0	+ 5	+ 3	- 4	
36	14	408,9	408,4	+ 5	+ 5	407,8	+11	+ 5	0	
37	16	412,6	412,2	+ 4	0	412,1	+ 5	+ 3	- 3	
38	17	427,8	428,1	- 3	+ 2	428,4	- 6	+ 1	+ 1	
39	18	411,2	410,3	+ 9	+ 5	410,2	+10	+ 3	+ 2	
40	19	463,5	462,8	+ 7	+ 3	462,7	+ 8	+ 3	0	
41	20	407,5	406,9	+ 6	+ 1	406,6	+ 9	+ 2	- 1	
42	22	415,6	416,0	- 4	+ 6	416,1	- 5	+ 6	0	
Sumy:				+100	+57		+105	+45	+50	
				- 84	-63		- 96	-48	-47	
				+ 16	- 6		+ 9	- 3	+ 3	

Błąd średni rzędnej "z" - $m_z = \pm 0,55$ m i $m_z = \pm 0,41$ m
z 1962 r /kol.5/ /kol.6/

Błąd średni rzędnej "z" - $m_z = \pm 0,61$ m i $m_z = \pm 0,30$ m
z 1964 r /kol.8/ /kol.9/

Tablica 7a

Zestawienie zbiorcze
 błędów średnich współrzędnych fotopunktów szer.1 zdjęć lotniczych
 1:20000, z kamery lotn.RC5a, f=115 mm, H=2300 m.

Nr kol. ster	Stereo- gram Nr-Nr	Licz- ba f-ów	Błąd średni m_y m_x w setnych metra		Błąd max	Błąd średni w skali zdj w setnych mm		Licz- ba p-ów	m_z w m	
1	2	3	4		5	6		7	8	9
1	2345-44	15	± 60	± 97	2xm	± 3	± 5	20	±0,41	
2	2344-43	14	75	80	1 $\frac{1}{2}$ m	4	4	25	0,77	
3	2343-42	14	89	61	2xm	4	3	26	0,71	
4	2342-41	13	87	55	2xm	4	3	18	0,57	
5	2341-40	14	73	48	2xm	4	2	17	0,62	
6	2340-39	11	72	46	2xm	4	2	15	0,37	
7	2339-38	9	89	48	2xm	4	2	13	0,57	
8	2338-37	5	20	23	2xm	1	2	5	0,23	
9	2337-36	6	41	51	2xm	2	3	8	0,40	
10	2336-35	8	40	51	2xm	2	2	12	0,56	
11	2335-34	8	62	59	2xm	3	3	14	0,52	
12	2334-33	13	37	43	2xm	2	2	16	0,59	
13	2333-32	11	45	57	2xm	2	3	16	0,60	
14	2332-31	12	66	84	2xm	3	4	18	0,61	
15	2331-30	12	47	42	3xm	2	2	16	0,52	
16	2330-29	11	72	91	2xm	3	4	18	0,80	
17	2329-28	9	37	32	2xm	2	2	18	0,60	
18	2328-27	10	38	37	2xm	2	2	18	0,82	
		195						293		

$$m_y = \pm 0,61 \text{ m co odpowiada } \pm 0,03 \text{ mm}$$

$$m_x = \pm 0,59 \text{ m " " } \pm 0,03 \text{ mm}$$

$$m_z = \pm 0,60 \text{ m /w skali zdjęć lotn./}$$

Tablica 7b

Zestawienie zbiorcze

błędów średnich współrzędnych fotopunktów szer.2 zdjęć lotniczych
1:20000 z kamery lotniczej RC5a, f=115 mm, H=2300 m.

Nr kol. ster	Stereo- gram Nr-Nr	Licz- ba f-ów	Błąd średni m_y m_x w cm		Błąd max	Błąd średni w skali zdj w setnych mm		Licz- ba p-ów	m_z w m	
1	2	3	4		5	6		7	8	9
1	2367-66	25	± 76	± 97	2xm	± 4	± 5	24	±0,63	
2	2366-65	30	74	87	2xm	4	4	30	0,60	
3	2365-64	27	74	67	2xm	4	3	31	0,44	
4	2364-63	25	76	69	2xm	4	3	24	0,47	
5	2363-62	26	74	70	2xm	4	3	38	0,62	
6	2362-61	26	63	68	2xm	3	3	32	0,64	
7	2361-60	19	45	65	2xm	2	3	25	0,53	
8	2360-59	19	75	55	2xm	4	3	20	0,72	
9	2359-58	19	82	72	2xm	4	4	20	0,53	
10	2358-57	22	83	74	2xm	4	4	23	0,51	
11	2357-56	22	83	62	2xm	4	3	23	0,67	
12	2356-55	27	66	58	2xm	3	3	30	0,56	
13	2355-54	22	49	76	2xm	2	4	27	0,47	
14	2354-53	27	56	64	2xm	3	3	32	0,55	
15	2353-52	27	63	62	3xm	3	3	29	0,50	
16	2352-51	25	80	65	2xm	4	3	30	0,56	
		388						438		

$m_y = \pm 0,71$ m co odpowiada $\pm 0,035$ mm

$m_x = \pm 0,70$ m " " $\pm 0,035$ mm

$m_z = \pm 0,57$ m /w skali zdjęć lotn./

Tabela 7c

Zestawienie zbiorcze

błędów średnich współrzędnych fotopunktów szer.3 zdjęć lotniczych
1:20000, z kamery lotn.RC5a, f=115 mm, H=2300 m.

Nr kol. ster	Stereo- gram Nr-Nr	Licz- ba f-ów	Błąd średni m_y m_x w cm		Błąd max	Błąd średni w skali zdj w setnych mm		Licz- ba p-ów	m_z w m	
1	2	3	4		5	6		7	8	9
1	2390-89	12	± 57	± 72	3xm	± 3	± 4	14	±0,37	
2	2389-88	9	75	103	2xm	4	5	15	0,81	
3	2388-87	10	45	66	2xm	2	3	14	0,70	
4	2387-86	12	62	75	2xm	3	4	15	0,38	
5	2386-85	12	75	64	2xm	4	3	21	0,64	
6	2385-84	15	80	55	3xm	4	3	24	0,50	
7	2384-83	9	23	85	2xm	1	4	18	0,76	
8	2383-82	10	67	52	2xm	3	2	13	0,43	
9	2382-81	12	49	45	2xm	2	2	11	0,60	
10	2381-80	14	75	74	2xm	4	4	16	0,67	
11	2380-79	14	62	69	3xm	3	3	12	0,69	
12	2379-78	9	34	69	3xm	2	3	11	0,67	
13	2378-77	15	43	35	3xm	2	2	18	0,73	
14	2377-76	11	64	62	2xm	3	3	19	0,54	
15	2376-75	11	46	66	2xm	2	3	18	0,86	
16	2375-74	11	80	38	2xm	4	2	15	0,51	
17	2374-73	8	53	42	2xm	2	2	8	0,52	
		194						262		

$m_y = \pm 0,59$ m co odpowiada $\pm 0,03$ mm

$m_x = \pm 0,62$ m " " $\pm 0,03$ mm

$m_z = \pm 0,62$ m /w skali zdjęć lotn./

Klasyfikacja f-tów z mianownikiem "6"

Tablica 8

L. p.	Nr f-tu	z danych polowych						PODf-ty	z danych kameralnych						Uwagi				
		Bł.śr. współrz. f-tu			r cm	Rodzaj f-tu				Nr Stereogr. /szer	Błąd ident. f-tu w segm. mm	Błąd rzecz. współrzędnych f-tu							
		x	y	z		1	2		3			4	x	y		z			
		w cm										w dcm							
		1	2	3		4	5		6			7	8	9		10			
1	11	3	16	8	/	6	/	$\frac{2}{3}$	2368-67/2	2	+	1	-	4	+13				
2	2	28	3	1	/	0	/	-	2368-67/2 2383-82/1	0	+20 +20	+20 +11	+ 4 - 4		sprawdz. w ter.				
3	3	0	1	3	/	0	/	-	2368-67/2	0	-10	+ 8	+ 1						
4	4	1	0	3	/	12	/	$\frac{2}{3}$	2368-67/2 2367-66/2 2345-44/1 2344-43/1		-11 3 + 4 + 2 - 7	0 - 9 + 7 - 1	- + 6 - 1 + 3						
5	5	3	2	2	/	5	/	$\frac{2}{3}$	2366-65/2 2367-66/2 2345-44/1 2344-43/1	5	+ 5 -10 - 5 -14	-25 -20 -27 -19	+ 7 - 3 + 3 + 2						
6	6	0	0	1	/	6	/	$\frac{2}{2}$	2366-65/2 2367-66/2 2344-43/1 2343-42/1	5	+ 4 -18 - 2 -11	- 1 - 6 + 2 -14	+ 2 + 2 + 8 -13						
7	7	1	1	2	/	15	/	$\frac{3}{3}$	2366-65/2 2344-43/1 2343-42/1	4	+13 + 3 - 1	+12 +14 + 4	- 1 + 8 - 3						
8	8	-	-	1	/	8	/	$\frac{3}{3}$	2365-64/2 2366-65/2 2342-41/1	1	- 8 - 9 -10	+ 4 - 7 - 4	+ 2 0 - 5						
9	9	0	3	1	/	0		$\frac{2}{2}$	2365-64/2 2366-65/2 2343-42/1 2342-41/1	3	- 2 - 8 - 4 - 7	- 9 - 6 +12 - 9	+ 2 - + 3 - 5						

cd. Tablicy 8

1	2	3			4	5	6			7	8	9	10				11
10	10	2	3	1	/	3	/			$\frac{2}{2}$	2365-64/2 2343-42/1 2342-41/1	5	- 4	+ 9	- 3		
													+ 5	+12	+10		
													- 4	- 2	- 1		
11	11	1	1	2	/	0	/			-	2365-64/2 2364-63/2 2342-41/1 2341-40/1	0	- 6	+ 8	- 1		
													+ 4	0	+ 4		
													+ 2	-11	+ 5		
													- 4	+ 1	+ 3		
12	12	1	1	4	/	0	/			-	2364-63/2 2342-41/1 2341-40/1	0	0	0	+ 8		
													+ 9	- 2	+12		
													+ 2	+ 2	+ 6		
13	13	1	2	1	/	10	/			$\frac{2}{3}$	2363-62/2 2351-40/1	4	-12	-11	+ 4		
													+11	-11	+ 2		
14	14	1	1	-	/	12	/			$\frac{2}{2}$	2363-62/2 2364-63/2 2341-40/1 2340-39/1	2	+11	+ 9	+ 4		
													- 1	- 9	+ 4		
													- 4	- 1	- 5		
													+ 5	+ 1	+10		
15	15	1	3	1	/	13	/			$\frac{3}{3}$	2363-62/2 2341-40/1 2340-39/1	3	- 1	+ 2	-20		
													+ 5	- 5	-17		
													- 2	+ 5	- 2		
16	16	5	3	1	/	8	/			$\frac{3}{3}$	2363-62/2 2341-40/1 2340-39/1	3	- 1	+11	+ 1		
													+ 1	- 5	0		
													+ 5	+ 9	+ 4		
17	17	2	3	4	/	0				$\frac{2}{3}$	2363-62/2 2362-61/2 2340-39/1 2339-38/1	5	-21	0	+ 4		
													- 9	0	- 2		
													-19	+ 2	- 5		
													- 9	+ 1	- 5		
18	18	0	0	2	/	0	/			$\frac{3}{3}$	2362-61/2 2340-39/1 2339-38/1	3	- 2	-13	+ 2		
													+11	-11	+ 6		
													+ 5	-13	+ 7		

cd.Tablicy 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	19	1	1	3	/	0	/	- 2362-61/2 2339-38/1	- 0 + 4 - 4 + 2 + 5 +10	
20	20	1	3	3	/	11	/	$\frac{2}{3}$ 2368-67/2	4 - 1 - 7 +11	
21	21	0	0	3	/	5	/	$\frac{2}{3}$ 2368-67/2	2 - 8 - 9 - 5	
22	22	-	-	-	/	0	/	- 2367-66/2 2368-67/2	0 + 8 + 4 - -10 -17	wieża
23	23	2	6	2	/	0	/	- 2367-66/2 2366-65/2	0 + 8 0 - 9 +12 + 4 +11	
24	24	3	3	1	/	0	/	- 2367-66/2 2366-65/2	0 - 4 + 2 - 8 + 5 0 - 2	
25	25	2	4	3	/	0	/	- 2366-65/2	0 + 6 + 2 - 9	
26	26	5	8	3	/	5	/	$\frac{2}{3}$ 2365-64/2 2366-65/2	5 +16 0 - +13 + 6 - 3	
27	27	3	2	7	/	32	/	$\frac{2}{2}$ 2365-64/2	7 + 7 + 2 + 9	
28	28	1	1	3	/	7	/	$\frac{3}{3}$ 2365-64/2 2364-63/2	4 +10 0 + 6 +10 +11 0	
29	29	1	2	1	/	0	/	- 2364-63/2	0 + 6 - 8 - 1	
30	30	2	1	1	/	0	/	$\frac{3}{3}$ 2363-62/2 2364-63/2	4 + 1 + 6 + 6 - 6 + 6 - 3	
31	31	1	0	1	/	0	/	$\frac{2}{2}$ 2363-62/2	5 +11 + 9 - 5	
32	32	1	1	1	/	12	/	$\frac{3}{3}$ 2362-61/2 2363-62/2	3 - 3 + 5 - 5 + 4 + 4 - 8	
33	33	1	2	1	/	0	/	$\frac{3}{3}$ 2362-61/2 2363-62/2	3 +15 - 3 -12 + 4 -18 - 4	

cd. Tablicy 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
34	34	1	1	4	/	9	/	$\frac{3}{3}$	2361-60/2 2362-61/2	3	- 4 -10	- 3 + 2	- 4 -19	
35	35	2	2	0	/	12	/	$\frac{3}{3}$	2368-67/2	2			+ 8	
36	36	1	1	4	/	0	/	-	2368-67/2	0	- 6	-11	- 2	
37	37	1	3	4	/	6	/	$\frac{2}{3}$	2368-67/2	3	- 2	+ 6	- 5	
38	38	2	3	5	/	9	/	-	2367-66/2 2368-67/2		- 9 -16	0 - 2	+ 9 + 4	
39	39	6	1	2	/	19	/	-	2367-66/2 2368-67/2		- 8 -10	- 8 - 7	-10 - 2	
40	40	-	-	-	/	0	/	-	2367-66/2	0	- 6	+ 1	-	
41	41	-	-	-	/	-	/	$\frac{1}{3}$	2366-65/2	5				
42	42	3	4	0	/	3	/	$\frac{2}{3}$	2366-65/2 2367-66/2	4	+ 4 + 7	- 5 + 3	- 8 + 3	
43	43	3	8	1	/	0	/	-	2366-65/2	0	- 1	+15	- 5	
44	44	1	5	0	/	0	/	$\frac{2}{3}$	2366-65/2 2365-64/2	5	- 4 + 3	+16 + 9	+ 1 + 5	niewid.
45	45	0	1	-	/	10	/	$\frac{3}{3}$	2365-64/2 2366-65/2	3	+ 6 +20	+ 3 - 4	- -	
46	46	2	1	4	/	0	/	$\frac{2}{2}$	2365-64/2	3	- 6	+ 2	- 8	
47	47	1	1	6	/	0	/	-	2365-64/2 2364-63/2	-	- 7 -12	- 1 + 3	- 4 0	
48	48	8	6	4	/	0	/	-	2365-64/2 2364-63/2	0	- 6 + 4	-14 -13	+ 9 - 2	

cd. Tablicy 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
49	49	3 5 2 /		0	/	$\frac{2}{3}$	2364-63/2	4 - 8 + 5 -23	słabo wid.	
50	50	4 1 3 /		7	/	$\frac{1}{2}$	2363-62/2 2364-63/2	2 - 5 0 - 2 - 4 + 6 -10		
51	51	1 3 -	/	10	/	$\frac{3}{3}$	2363-62/2	3 - 9 + 2 - 5		
52	52	1 3 - /		10	/	$\frac{3}{3}$	2363-62/2	4 - 148 -25 -	poprawiony na +1 i +2	
53	53	0 0 3	/	-	/	-	2363-62/2 2362-61/2	- - 6 0 - 4 - 7 0 - 9		
54	54	2 2 7 /		0	/	$\frac{3}{3}$	2361-60/2 2362-61/2	2 -11 + 1 -15 - 2 + 1 -17		
55	55	0 0 3	/	6	/	$\frac{3}{3}$	2361-60/2 2362-61/2	3 - 6 - 1 0 - 6 +10 - 8		
56	56	3 2 3 /		4	/	$\frac{1}{1}$	2368-67/2	3 + 3 - 6 - 3		
57	57	5 8 2	/	4		$\frac{2}{2}$	2368-67/2	4 + 1 -11 - 1		
58	58	- - 1	/	6		$\frac{1}{1}$	2368-67/2 2390-89/3	4 - 6 -12 0	poprawiony	
59	59	- - -	/	0 /		$\frac{2}{2}$	2368-67/2 2390-89/3	4 - 2 - 4 - - 7 - 2 -		
60	60	0 0 1	/	0	/	-	2367-66/2 2390-89/3	0 -11 - 5 + 4 - 4 - 9 - 1		
61	61	- - 6	/	0	/	-	2367-66/2 2366-65/2 2390-89/3 2389-88/3	+10 +19 + 2 +14 +15 0 - 7 - 4 + 1 - 1 - 8 + 8		

СТАНИСЛАВ ДМОХОВСКИ

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ПУНКТОВ
ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ
ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛЯ НОВЫ СОНЧ — ГРЫБУВ

Резюме

Фотограмметрическое испытательное поле должно отвечать двум условиям:

1) основа этого поля должна быть измерена, вычислена и уравнена соответственно точными геодезическими методами и

2) эта основа, состоящая из фотопунктов, должна быть хорошо идентифицирована (дешифрирована) на аэроснимках и на местности.

Это первое условие сводится к выбору и применению подходящего метода классической геодезии, второе — является основной фотограмметрической функцией. Для фотограмметрической основы принято довольно строгие требования, определяющие значения предельных ошибок координат x, y, z — не превосходящих ± 10 см.

Если первое условие могло быть проконтролированное во время производства наблюдений, или вычислений основы, то второе условие можно было проверить лишь камерально через хорошего наблюдателя на соответственно точном приборе. Фотограмметрическая основа этого поля не маркировалась, за исключением 23 пунктов триангуляции, существующих на местности во время производства аэроснимок (залета). Эту последнюю проверку можно было выполнить только частично, по случаю ограниченной точности самого фотограмметрического, камерального метода проверки и потому вместо говорить об точности идентификации (дешифрирования) фотопунктов — можно бы говорить об полезности фотопунктов для определенных исследовательских целей. Невзирая на это, эту полезность нужно понимать таким способом, что если камеральная проверка идентификации фотопунктов не выявляла явных ошибок, тогда дан-

ный фотопункт можно было считать за соответственно точный, а его точность была хотя бы равна точности фотограмметрического метода примененного для проверки.

Для проверки точности фотограмметрической основы испытательного поля Новы Сонч — Грыбув применялся автограф Вильд А8 снабженный компенсирующими пластинками и диапозитивы на стекле аэроснимков полученных аэрофотокамерами Вильд РС7, масштаб 1:20 000, 1:15 000, 1:10 000 и 1:6 000.

Большое количество фотопунктов (свыше 400) и ограниченное время на их проверку решило, что проверка точности фотопунктов опиралась прежде всего на аэроснимках в масштабе 1:20 000, при котором наименьшее число стереопар покрывало целое поле.

Идентификация фотопунктов на местности производилась независимо два раза и каждый фотопункт (кроме фотопунктов несомненной идентичности) имел добавочно по три подфотопункта (добавочные фотопункты) в своем ближайшем окружении, согласно концепции описанной в моей статье „Принципы идентифицирования f и z — пунктов при полевых работах и при обработке карт большого и среднего масштаба” — (смотри Prace IGiK, том VI, 1959). Эти три подфотопункта предоставляли возможность вывода предполагаемой ошибки камеральной идентификации фотопункта (смотри пример фотопункта 8/6), а в случае когда этот был невидимым — давали возможность использования этого фотопункта, опираясь на знакомые положения подфотопунктов и их линейные меры на невидимый или слабо видимый фотопункт.

Это последнее действие можно было легко выполнить используя соответствующий трафарет на восковке, который имел ряд одноцентренных кругов разных радиусов, изменяющихся на постоянное значение подобранное соответственно к масштабу обработки стереопары. Ошибки дешифрирования фотопунктов, выписаны в сотых долях миллиметра представляет таблица 1, в которой имеется 46 фотопунктов; средняя квадратическая ошибка идентификации фотопункта равна $\pm 0,036$ мм в масштабе аэроснимков. Это был один из способов оценки точности в наблюдательном этапе произведенным на автографе Вильд А8.

Последующие оценки получено в вычислительном этапе. Для этого каждую из около 50 стереопар в масштабе 1:20 000 обработано на автографе А8, т.е. были сняты со счетчиков автографа координаты x_{yz} — каждого фотопункта. Многие из этих фотопунктов, а даже и стереопар (смотри таблицу 6), наблюдались несколько раз, получая таким способом новые данные для контроля и выводов.

Отнаблюдаемые координаты фотопунктов были трансформированы с автограмметрической системы в геодезическую систему на местности (смотри таблицу 5). После трансформирования можно было вывести истинные ошибки (E_x , E_y , E_z) координат фотопунктов и выделить „плохие” фотопункты. Из общего количества свыше 400 фотопунктов около 20 было плохих. Эти последние подвергнуто еще раз отдельному анализу, опираясь на аэроснимки в масштабе 1:6 000, 1:10 000 а даже и 1:15 000. Этот последний анализ позволил исправить некоторые координаты фотопунктов „на местности”; ошибки оказались в вычислениях или же в названиях пунктов триангуляции, которые применялись к вычислению обратных засечек.

Для выделения систематических ошибок координат фотопунктов применено, независимо от совокупной сводки этих ошибок (не приводится в статье), их расположение в масштабе 1:20 000 в векторной форме (смотри рис. 1 и 2). Из этих чертежей легко можно увидеть существование систематических ошибок, которые можно объяснить такими влияниями, как:

- 1) земной кривизны и атиосферической рефракции,
- 2) деформации негативов аэроснимков, сделанных на фотопленке,
- 3) малой дисторсии объектива „Авиогон”, $f = 115$ мм, 18×18 см (RC5a),
- 4) отсутствия плоскости стеклянной подложки отечественных диапозитивов.

В последней таблицы 8, которая является частью сводки фотопунктов со знаменателем „6” (в номере), представлено сводку всех полученных данных, относящихся к каждому фотопункту, а именно данные из: полевых материалов, вычислений координат на местности, наблюдений на автографе Вильд А8, трансформирования координат и т.п.

В конце (последняя сводка) произведено оценку пригодности фотопунктов с точки зрения требуемых точностей этих фотопунктов для исследований фотограмметрических разработок в различных масштабах (1:2 000, 1:5 000 и 1:10 000), которые являются в настоящее время предметом нашей заинтересованности.

STANISŁAW DMOCHOWSKI

THE ANALYSIS OF THE ACCURACY OF CONTROL POINTS OF THE PHOTOGRAMMETRIC TEST FIELD NOWY SĄCZ-GRYBÓW

Summary

The photogrammetric test field must fulfill two conditions: 1) the control points have to be measured, computed and adjusted by geodetic methods of appropriate accuracy 2) the control points have to be well identified on the air photographs and on the ground.

The first condition consists in the choice and use of an appropriate geodetic method, the second one is of a photogrammetric nature. For the control points in this field a rather high precision was adopted, the maximum error of the coordinates m_x, m_y, m_z being not greater than ± 10 cm.

While the fulfillment of the first condition could be checked during the field measurement or in the course of computations the fulfillment of the second one could be checked only by observations made by a qualified observer with the instrument of adequate accuracy. The control points were not marked (signalled) except of 23 trigonometric points existing on the ground, when the air photography was performed. The checking of identification could be done only partially, because of the limited accuracy of the photogrammetric method of such a control performed in the office; this is why, it is more correctly not to speak about the accuracy of the identification of control points but rather about the usefulness of these points to the definite research purposes. This usefulness is to be understood in such a meaning, that if such an instrumental control of the identification of a point didn't show any significant error, then this point can be regarded as adequately accurate and that its accuracy is at least the same, as the accuracy of the photogrammetric method used for the checking.

For the checking of accuracy of the control points of the photogrammetric test field Nowy Sącz — Grybów the Wild A8 autograph with cor-

rection plates and the glass diapositives from the air photographs made with the Wild RC5a and RC7 cameras in the scale 1 : 20 000, 1 : 15 000, 1 : 10 000 and 1 : 6 000 — were used.

Because of the large number of control points (more than 400) and the limited time for the control, the checking of the accuracy was carried out mainly on the 1 : 20 000 air photographs, because in this scale the least number of stereograms covers the whole area of the test field.

The field identification of the control points was made twice, independently, and each control point (except the points of unquestionable identification) had, in addition, three auxiliary points in its vicinity, according to the idea, described in my paper: The methods of identification of f -points and z -points on the ground by the restitution of maps in large and medium scales (*Zasady przeprowadzania identyfikacji f — i z — punktów w terenie przy opracowaniach map wielko- i średnioskalowych*). — Proceedings of the Institute of Geodesy and Cartography Vol. VI, 1959. With these 3 auxiliary points it was possible to determine the estimated error of instrumental identification of the control point (see example for the control point Nr 8/6) and — if the control point was invisible in the photograph — it was possible to use such a point, having the Known positions of the se 3 auxiliary points and distances to the invisible or poorly visible control point. A simple diagram, consisted of a set of concentric circles of the constant radii difference choosen accordingly to the restitution scale of the stereogram may be used to facilitate this procedure. In the table 1 the errors of identification of 46 control points in hundreths of mm are given; the mean square error of the identification of the control points is $\pm 0,036$ mm in the picture scale. It was one the methods of determination of the accuracy in the process of observations on the Wild A8 autograph. The next values are obtained from the computations. For this purpose, for each of the 50 stereograms from the photographs in the scale 1 : 20 000 the outer orientation was made on the Wild A8 autograph and the coordinates x , y , z of each control point were read. For many of these points and even for many stereograms the observations were made several times; thus the new data for the control and conclusions were obtained.

The machine coordinates of the control points were transformed to the geodetic ground system (see table Nr 5). After this transformation the true errors (E_x , E_y , and E_z) of the coordinates of control points may be computed and the false control points may be excluded. From the total number of 400 control points there were 20 false points. These 20 points were checked once more, by the use of photographs in the scale 1 : 6 000 and 1 : 10 000 and even 1 : 15 000. As a result of this checking some errors in computations or in the designation of trigonometric points used for the

resection were found; thus the ground coordinates of some of these points were corrected.

For the determination of systematic errors of the coordinates of control points the complete lists of these errors were made (these lists are not inserted in the article). Besides, all these errors are shown as vectors in the figures 1 and 2. It is evident from these figures, that some systematic errors really occur. These systematic errors may be due to:

- 1) the curvature of earth and atmospheric refraction,
- 2) the deformation of negatives of air photograph made on film.
- 3) the distortion of the objective Aviogon $f = 115$ mm. (camera RC5a, 18×18 cm)
- 4) non — planetaity of the glass diapositives

In the last table Nr 8, which is a portion of the list of control points with the denominator 6 in the point's number, all the data concerning each control point are given, viz. data obtained from: field measurements, computation of ground coordinates, observations on the Wild A8 autograph, transformation of coordinates etc.

At the end (the last list) the evaluation of the utility of control points from the view point of the accuracy, necessary for the research purposes concerned the photogrammetric restitutions in different scales ($1 : 2\,000$, $1 : 5\,000$ and $1 : 10\,000$) was made. The photogrammetric restitutions in these scales are objects of our present interest.