

GRAŻYNA SKALSKA
WITOLD MIZERSKI

771.536 : 528.7

Korekcje deformacji diapozytywów filmowych

W Zakładzie Fotogrametrii IGiK prowadzone są obecnie badania zmierzające do opracowania wytycznych do technologii sporządzania map wielkoskalowych 1 : 500 (1 : 250) metodami fotogrametrycznymi. Jednym z rozpatrywanych zagadnień, w ramach wspomnianych badań, jest określenie, pozostałych po korekcji deformacji szczątkowych diapoztywów wykonanych na filmie, zastosowanych obecnie w krajowej produkcji map fotogrametrycznych. Diapozytywy te zastępują, używane do niedawna, znane i wypróbowane u nas płyty na szkle.

Następujące materiały filmowe były poddane badaniom:

- I — Kodalith Ortho Film Typ 3, produkcji firmy Kodak,
- II — Gevalith Ortho Film 0,81 p, produkcji firmy Agfa-Gevaert.
- III — Gevatone Film N 43 p, produkcji firmy Agfa-Gevaert.

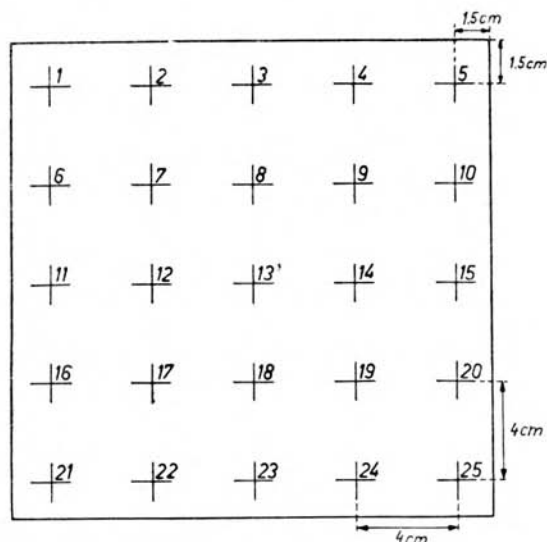
Dla wyznaczenia deformacji, skopiowano na powyższych trzech filmach siatkę kwadratów ze szklanej płytki rektyfikacyjnej. Nazywać je będziemy negatywami siatki. Następnie z tych negatywów, na tych samych rodzajach filmu, sporządzono diapozytywy.

W naszych krajowych warunkach niejednokrotnie korzysta się, przy opracowywaniu map, z negatywów wtórnych. Wyżej wspomniany proces kopiowania umożliwi nam uzyskanie rozeznania odnośnie kształtowania się deformacji wywołanej wtórnym kopiowaniem.

Założeniem naszym było aby kopiowanie i cała obróbka fotograficzna wykonana była w warunkach produkcyjnych, dlatego kopie przygotowane zostały w Państwowym Przedsiębiorstwie Fotogrametrycznym z wykorzystaniem kopiarki Zeissa KG-30. Filmy I i II przycinane były przed kopiowaniem z formatu 50×60 cm do formatu 19×19 cm, film III posiadał już taki format. Suszenie odbywało się w temperaturze pokojowej, a przechowywanie w warunkach takich jak w produkcji.

Współrzędne 25 przecięć siatki kwadratów, których rozmieszczenie przedstawione jest na rysunku 1, mierzone były na filmach za pomocą stecometru Zeissa ze średnim błędem $\pm 2,5 \mu\text{m}$. Również oryginalna siatka

kwadratów na szkłe podlegała analogicznym pomiarom. Ze względu na to, że film, zwłaszcza w pierwszym okresie po wywołaniu; posiada zazwyczaj inny rozkład deformacji aniżeli w następnych okresach, obserwacje siatek wykonywano czterokrotnie w następujących okresach czasu, licząc od dnia wywołania filmu: 7, 14, 26 i 51 dni. Tak więc, jako materiał do przeprowadzania próbnych obliczeń i analiz mieliśmy łącznie 24 zaobserwowane siatki (4×3 na negatywach i 4×3 na diapozytywach) oraz obserwacje oryginału siatki kwadratów. Zdajemy sobie sprawę, że jest to zbyt mało aby móc wyciągnąć wnioski kateryczne, dlatego też wykonane doświadczenia traktujemy jako pierwszą próbę w tym zakresie. Obecnie jest już w przygotowaniu program szerszych badań obejmujący również materiał filmowy lotniczy. Ponieważ jednak, jak się orientujemy, szereg osób w kraju zainteresowanych jest tymi zagadnieniami, zdecydowaliśmy się niniejszym opublikować wyniki wstępnych doświadczeń.



Rys. 1

Deformacje szczątkowe wyznaczone zostały przy zastosowaniu następujących operacji rachunkowych: transformacji Helmerta (A), transformacji afinicznej (B), dwóch niepełnych wielomianów 2 rzędu (C i D) oraz przekształcenia rzutowego (E).

$$A \quad \begin{aligned} x' &= x_0 + a_1x + a_2y; \\ y' &= y_0 + a_1y - a_2x. \end{aligned}$$

$$B \quad \begin{aligned} x' &= x_0 + a_1x + a_2y; \\ y' &= y_0 + b_1y + b_2x. \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ll}
 C & \begin{aligned} x' &= x_0 + a_1x + a_2y + a_3xy; \\ y' &= y_0 + b_1x + b_2y + b_3xy. \end{aligned} \\
 D & \begin{aligned} x' &= x_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2; \\ y' &= y_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4y^2. \end{aligned} \\
 E & \begin{aligned} x' &= \frac{ax + by + c}{dx + ey + 1}; \\ y' &= \frac{fx + gy + h}{dx + ey + 1}. \end{aligned}
 \end{array}$$

Transformacje Helmerta wykonano w oparciu o 4 punkty łączne (numery punktów 1, 5, 21, 25 na rysunku 1), 8 punktów łącznych (o numerach 1, 3, 5, 15, 25, 23, 21, 11) oraz o wszystkie pomierzone 25 punktów. Transformacje *B*, *C* i *E* wykonano w oparciu o 4 i 8 wspomnianych punktów oraz transformację *D* tylko o 8 punktów. Dla każdego z wyżej wymienionych wzorów, po obliczeniu współczynników, wykonano transformację wszystkich pomierzonych punktów na kopiach. Następnie obliczono różnice pomiędzy przetransformowanymi współrzędnymi punktów siatki i współrzędnymi punktów na oryginale. Różnice te nazwano deformacją szczątkową. Wartości średniej deformacji szczątkowej w $\pm\mu\text{m}$ z 25 punktów zestawiono w tabelcy 1.

W trakcie badań rozważono następujące zagadnienia:

- wpływ ilości punktów łącznych transformacji na wielkość deformacji szczątkowej,
- wpływ rodzaju stosowanej transformacji, w oparciu o 4 punkty, na wielkość deformacji szczątkowej,
- kształtowanie się wielkości deformacji szczątkowej dla różnych gatunków filmu,
- kształtowanie się wielkości deformacji szczątkowej dla negatywów i diapozytywów,
- zachowanie się filmów w czasie,
- rozkład deformacji szczątkowej na powierzchni zdjęcia.

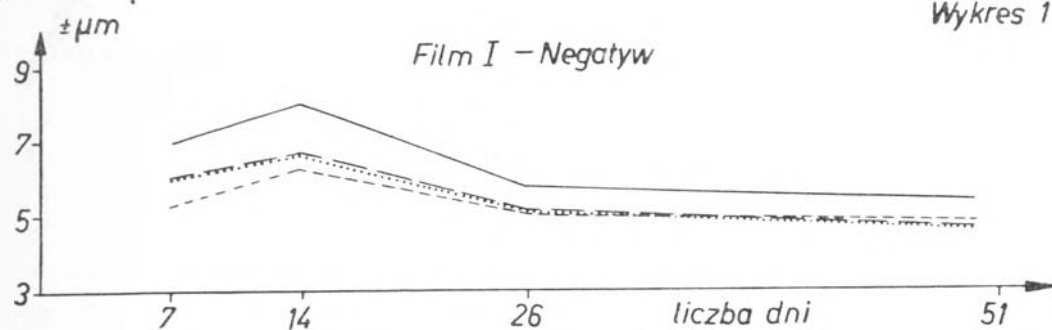
Badaniem deformacji regularnych nie zajmowano się, gdyż są one eliminowane i nie rzutują na błąd analitycznego opracowania fotogrametrycznego. Przy rozpatrywaniu przedstawionych wyników należy mieć na uwadze fakt, że są one obarczone nie tylko błędami pomiaru, lecz również błędami z tytułu nieprzylegania kopii do oryginału w trakcie kopiowania.

Wpływ ilości punktów łącznych transformacji na wielkość deformacji szczątkowej widoczny jest z wartości zamieszczonych w tabelcy 2. Przedstawia ona średnie wartości średnich deformacji szczątkowych z czterech serii obserwacji dla poszczególnych filmów, wyrażone w $\pm\mu\text{m}$ i obliczone wg wzorów różnych transformacji. Z tabelcy widać, że średnio o około

Transformacja w oparciu o 4 punkty

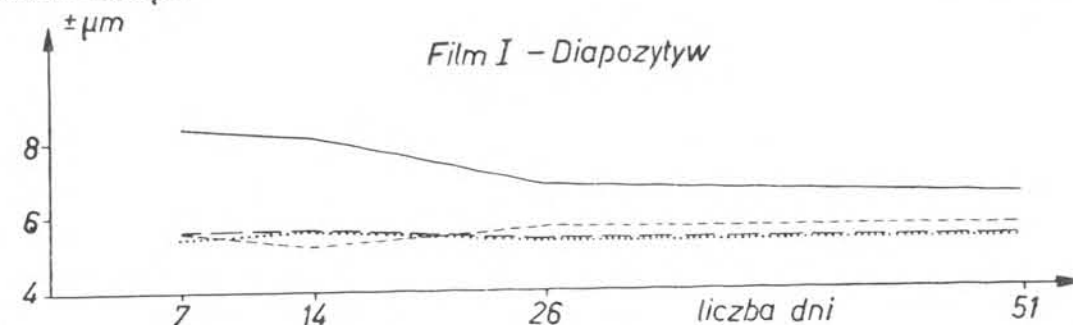
śr. def. szczątk.
±μm

Wykres 1



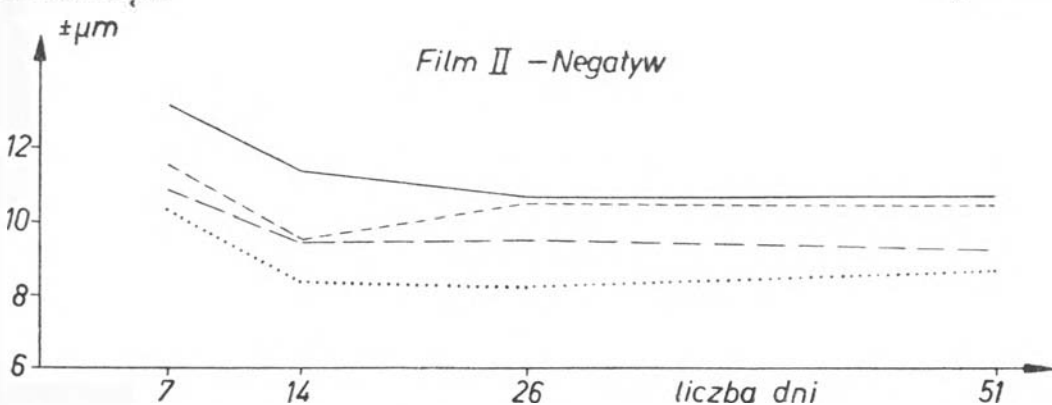
śr. def. szczątk.
±μm

Wykres 4



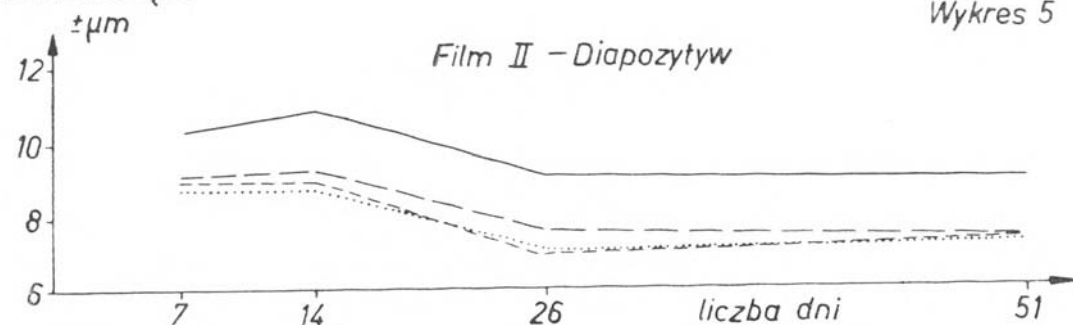
śr. def. szczątk.
±μm

Wykres 2



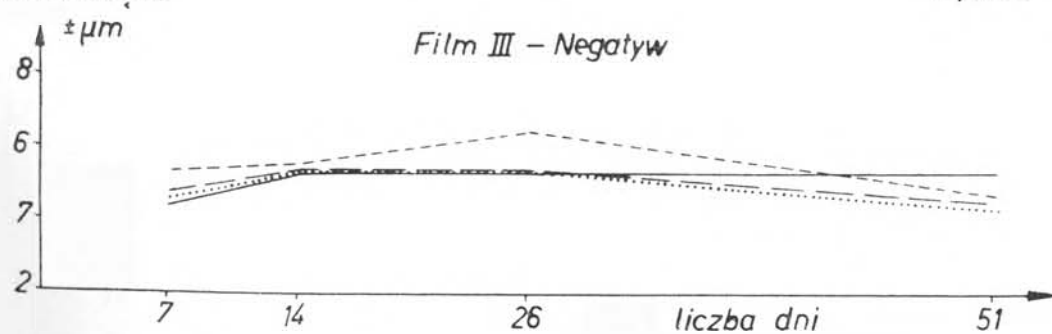
śr. def. szczątk.
±μm

Wykres 5



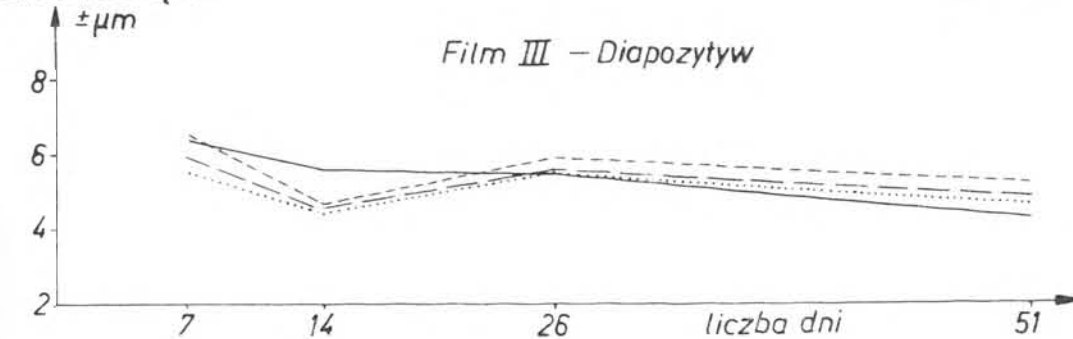
śr. def. szczątk.
±μm

Wykres 3



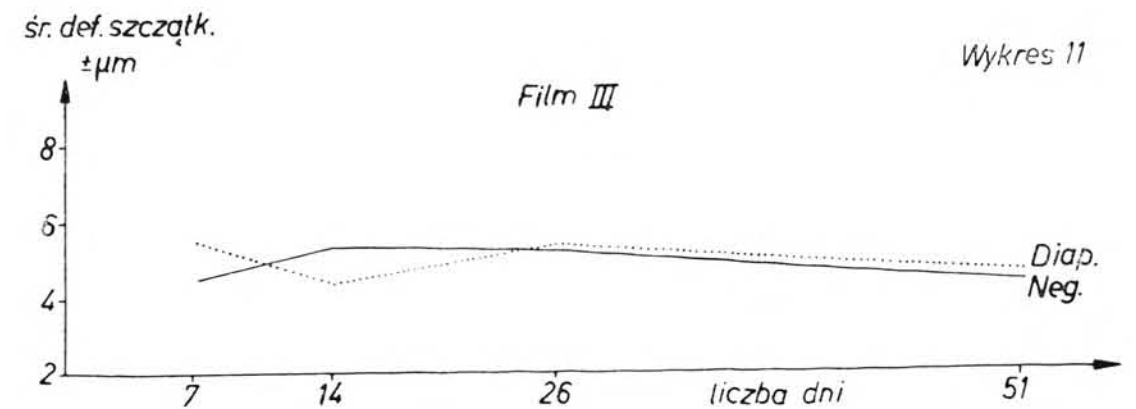
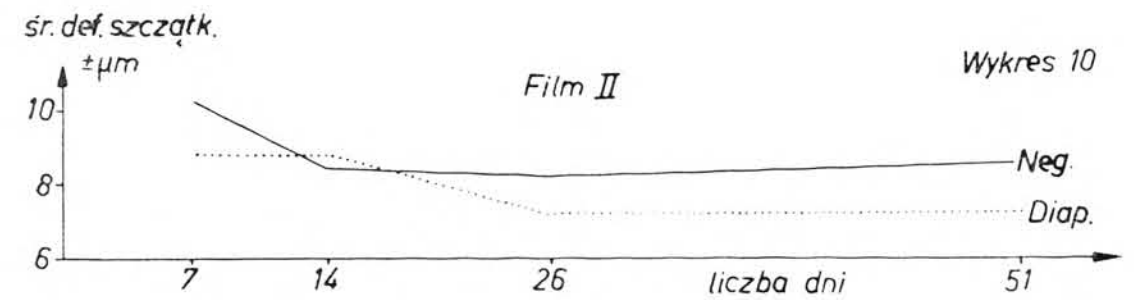
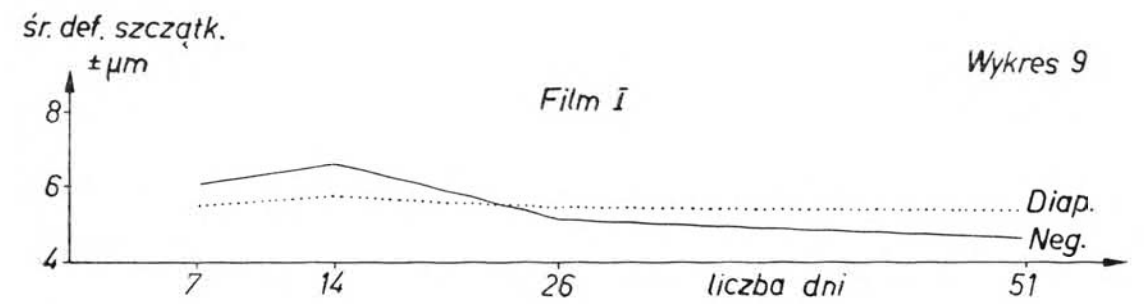
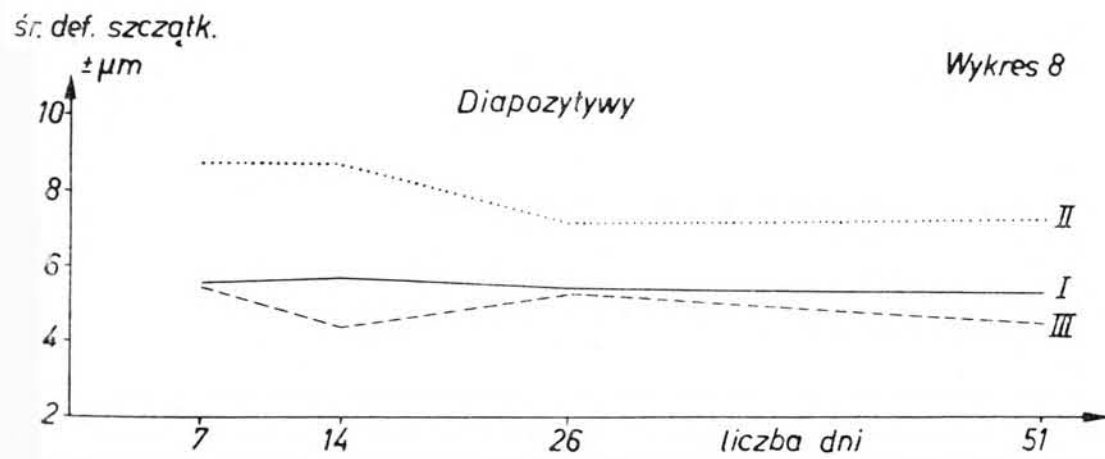
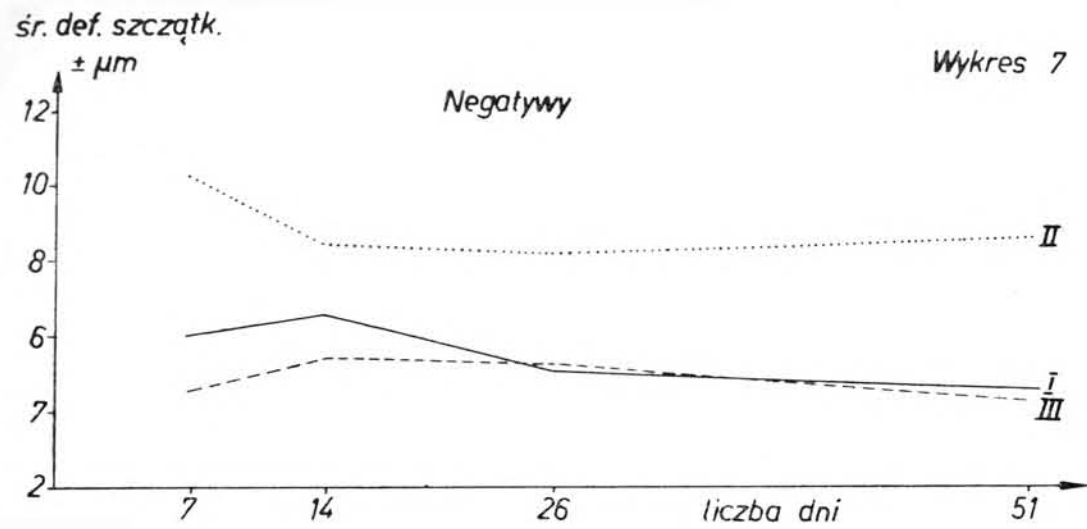
śr. def. szczątk.
±μm

Wykres 6



- transformacja A
- - - transformacja B
- ... transformacja C
- · - transformacja E

Transformacja w oparciu o 4 punkty



Tablica 2

Rodzaj filmu	Ilość punktów łącznych	Negatywy					Diapozytywy				
		Transformacje					A	B	C	D	E
I	4	6,5	5,6	5,6	—	5,3	7,5	5,6	5,5	—	5,6
	8	6,0	4,9	4,9	4,6	4,7	6,5	4,5	4,4	4,0	4,2
	25	5,3	—	—	—	—	6,4	—	—	—	—
II	4	11,4	9,7	8,9	—	10,5	9,8	8,4	8,0	—	8,1
	8	10,6	8,6	7,6	8,6	8,3	8,7	7,0	6,6	6,8	6,6
	25	9,8	—	—	—	—	8,0	—	—	—	—
III	4	5,0	4,9	4,8	—	5,5	5,4	5,2	5,0	—	5,6
	8	5,0	4,7	4,6	4,8	5,0	5,1	4,6	4,4	4,1	4,4
	25	4,3	—	—	—	—	4,9	—	—	—	—

1 μm korzystniej kształtują się wyniki, gdy przy obliczeniach stosowano 8 punktów łącznych, aniżeli tylko 4 punkty.

Ponieważ stosowane u nas w kraju kamery lotnicze zaopatrzone są tylko w 4 znaczki tłowe, dlatego przy wyborze najkorzystniejszej formuły rachunkowej ograniczyliśmy się do wyników uzyskanych w oparciu o 4 punkty łączne. Dla zilustrowania wpływu stosowanych wzorów na wielkość średniej deformacji szczątkowej wykonano wykresy od 1 do 6. Wynika z nich, że prawie dla wszystkich badanych przypadków stosowanie wielomianu C jest korzystniejsze od innych względnie równorzędnie dobre.

Wielkość deformacji szczątkowej, w zależności od różnych gatunków filmów, ilustruje wykres 7 i 8. Jak widać, najmniejsze średnie deformacje szczątkowe, rzędu $\pm 5 \mu\text{m}$, posiada film III, następnie film I — rzędu $\pm 5,5 \mu\text{m}$. Najmniej korzystnie wypadł film II, wykazujący średnią deformację szczątkową rzędu około $\pm 8,5 \mu\text{m}$.

Ciekawym jest fakt, że przy porównywaniu wielkości średnich deformacji szczątkowych negatywów z diapozytywami (patrz wykresy 9, 10, 11), okazało się, że różnica pomiędzy nimi jest minimalna. Dla filmów I i II różnica ta wynosi około 1 μm na korzyść negatywu, natomiast dla filmu II diapozytyw wypadł korzystniej od negatywu, przeciętnie o około 1 μm .

Na podstawie wykresów 1 do 6 można zauważyć, że wpływ okresu czasu, który upłynął od dnia wywołania filmu, na wielkość deformacji jest różny dla różnych kopii i dla różnych transformacji. Różnice wahają się w przedziale 2 μm . Przeważnie jednak najmniej korzystnym okresem do pomiaru (ze względu na wielkość deformacji) jest okres do 3 tygodni po wywołaniu.

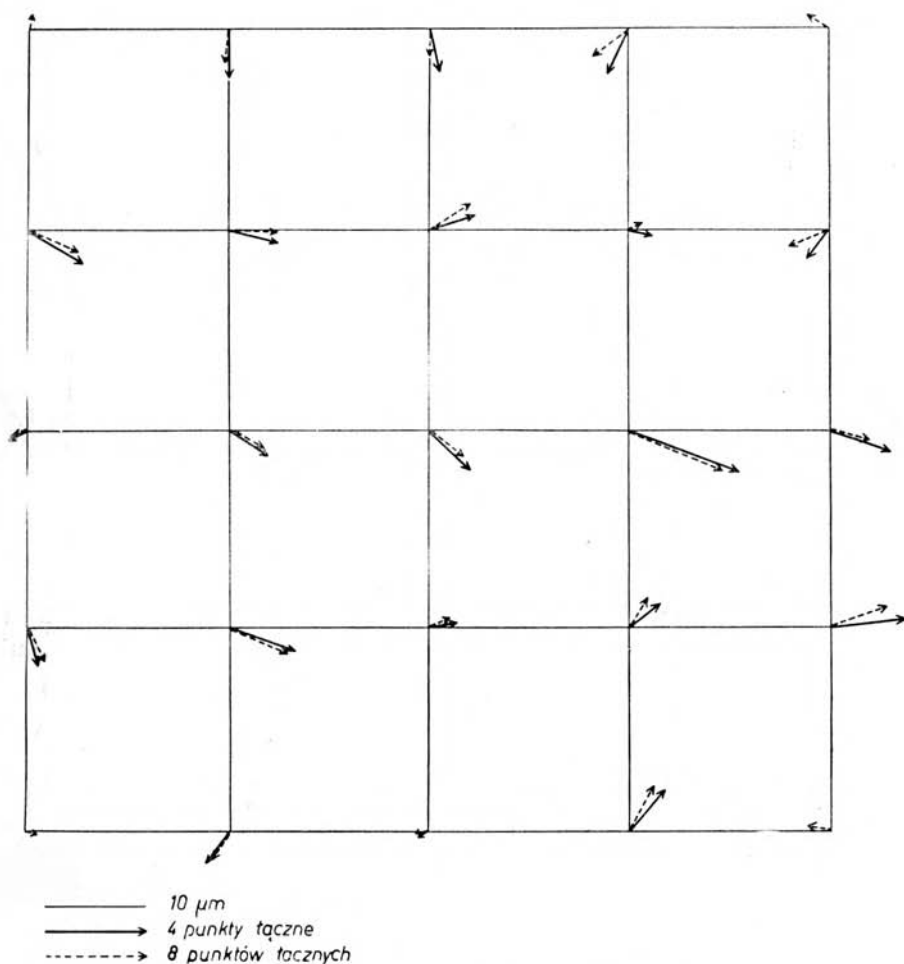


Diagram 1. Film I- negatyw. Transformacja C

Dla zobrazowania charakteru deformacji szczątkowych i ich rozkładu na powierzchni zdjęcia wykonano diagramy 1, 2, 3. Diagram 1 przedstawia deformację szczątkową na 25 punktach dla filmu 1 — negatywu, dla 4 obserwacji (wykonanej po 51 dniach od daty wywołania) po dokonaniu transformacji C w oparciu o 4 i 8 punktów łącznych. Diagram 2 i 3 jest analogiczny do diagramu 1 tylko odpowiednio dla filmu II i III. Na podstawie rozkładu powierzchniowego deformacji szczątkowej zobrazonej na wspomnianych 3 diagramach trudno jest twierdzić o ich zupełnie przypadkowym charakterze. Wydaje się konieczne powrócić do tego zagadnienia w planowanych następnych badaniach i zwrócić uwagi na to czy przedstawione rozkłady deformacji nie wynikają z błędów kopiowania

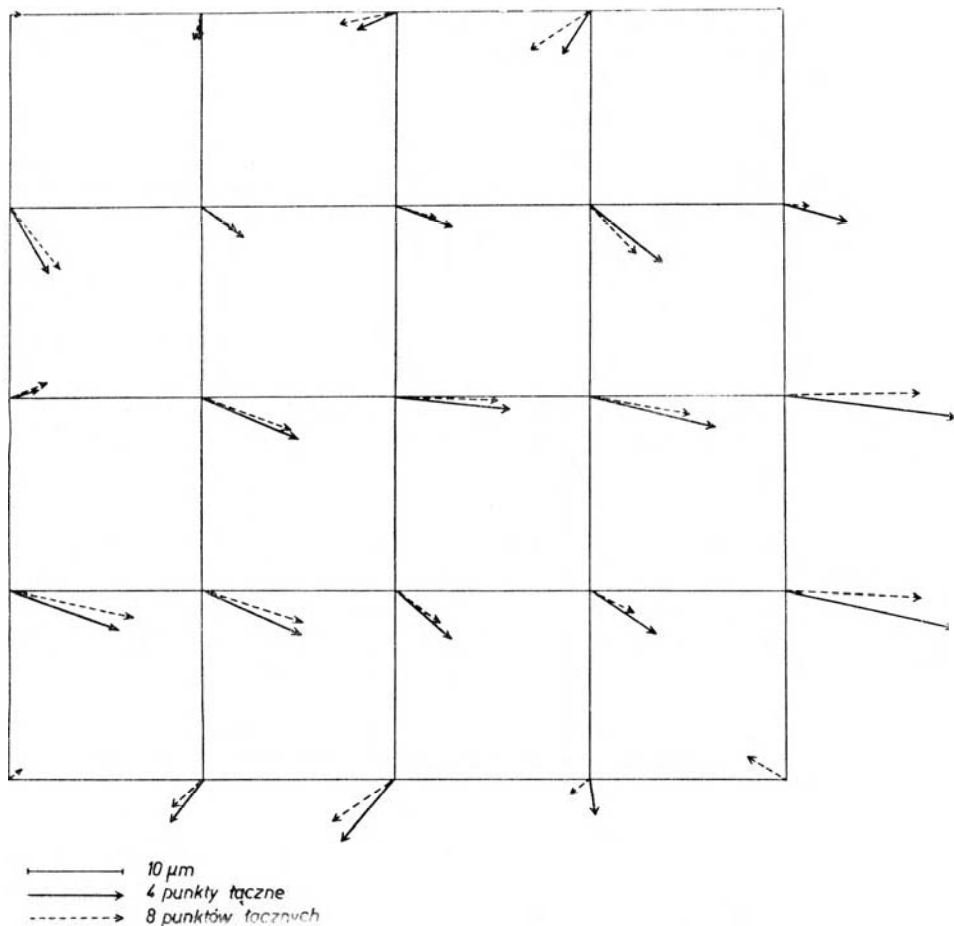


Diagram 2. Film II-negatyw. Transformacja C

i suszenia filmu. Diagramy te wykazują nam natomiast wyraźnie, że transformacja w oparciu o 8 punktów łącznych nie tylko nie zmniejsza w praktycznym znaczeniu wartości deformacji szczątkowej w stosunku do transformacji w oparciu o 4 punkty ale również nie wpływa na zmianę jej rozkładu. Warto również dodać, że maksymalna deformacja szczątkowa w poszczególnym punkcie wynosi dla filmu I — 11 μm , II — 18 μm i III — 9 μm , co stanowi zaledwie dwukrotną wartość średnią deformacji.

Na podstawie przeprowadzonych badań nasuwają się następujące przypuszczenia:

— najkorzystniejszą transformacją w oparciu o 4 punkty łączone jest transformacja wg wzorów C,

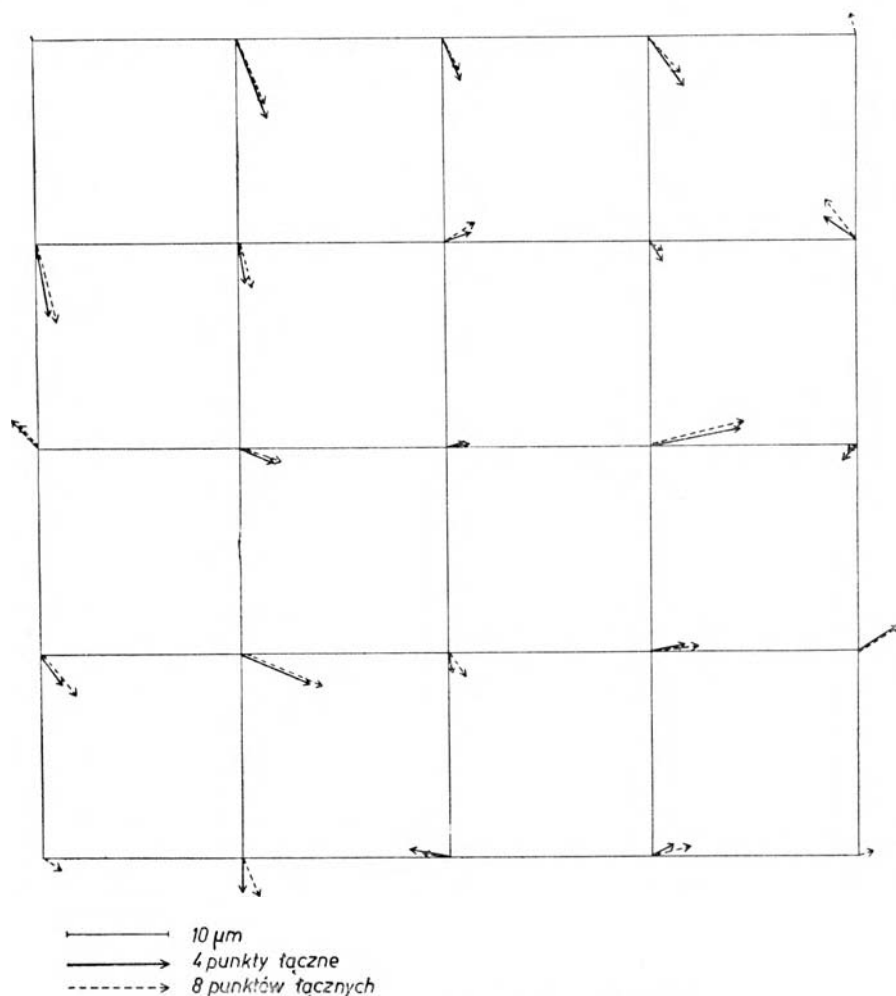


Diagram 3. Film III-negatyw. Transformacja C

— przyjęcie do transformacji 8 punktów łącznych zamiast 4 nie wpływa praktycznie na polepszenie wyników,

— deformacja szczątkowa filmów I i III jest niewielka, średnio $\pm 5 \mu\text{m}$ i spełnia wymagania stawiane w tym względzie fotogrametrycznym opracowaniom wielkoskalowym,

— film II wykazuje 1,6-krotnie większe zniekształcenia i stosowanie jego do wysokodokładnych opracowań analitycznych nie jest wskazane,

— powtórne kopiowanie, stosowane przy wykonywaniu negatywów wtórnych, praktycznie nie powoduje zwiększenia deformacji szczątkowych.

Powyższe hipotezy zweryfikowane będą na podstawie przygotowywanych dalszych doświadczeń.

Porównując wyniki naszych próbnych badań z wynikami publikowanymi przez innych autorów za granicą można stwierdzić zgodność odnośnie przydatności poszczególnych operacji rachunkowych dla korekcji deformacji filmów fotogrametrycznych. Ponadto wyniki naszych badań potwierdziły wnioski innych autorów odnośnie przyjęcia do transformacji 4 i 8 punktów łącznych. Należy podkreślić, że badania zagraniczne dotyczyły innych gatunków filmów i przeprowadzane były w zupełnie odmiennych warunkach (specjalne sposoby kopiowania, aklimatyzacja itp.).

L I T E R A T U R A

- [1] *Ducloux J.*: „Étude sur la déformation des films pour la photographie aérienne”. Société Française de Photogrammétrie. Bulletin Nr 46.
- [2] *Ziemann H.*: „Vergleich verschiedener, auf Randleisten gegründeter Bilddeformationskorrekturverfahren”. Vermessungstechnik 10/70.
- [3] *Regensburger K.*: „Zum Problem der Erfassung der Filmdeformationen bei Luftbildern”. Vermessungstechnik 10/70.
- [4] *Portnova O.*: „O nieliniejnom učetie deformacii aëroplenki”. Gieodiezija i Kartografija 6/1971.

Recenzował doc. Wacław Sztompke

Rękopis złożono w Redakcji w marcu 1973 r

ГРАЖИНА СКАЛЬСКА
ВИТОЛЬД МИЗЭРСКИ

КОРРЕКТУРА ДЕФОРМАЦИИ ФОТОДИАПОЗИТОВ

Резюме

Целью работы было определение остающейся после корректуры остаточной деформации фотопленок, применяемых у нас для изготовления диапозитивов с аэрофотоснимков.

Были исследованы следующие фотоматериалы:

- I — Kodalith Ortho Film Type 3 производства фирмы Кодак,
- II — Gevalith Ortho Film 0,81 p производства фирмы Агфа-Гэвэрт,
- III — Gevatone Film N 43 p производства фирмы Агфа-Гэвэрт.

Корректурa деформации производится при помощи следующих вычислительных операций; трансформации Гельмерта, афинической трансформации двух неполных полиномов второй степени, а также проекционного преобразования.

На основании проведенных экспериментов были сделаны следующие выводы:

— наиболее выгодной трансформацией для 4 пунктов оказался полином:

$$\begin{aligned}x' &= x_0 + a_1x + a_2y + a_3xy, \\y' &= y_0 + b_1x + b_2y + b_3xy,\end{aligned}$$

— выбор для трансформации 8 совместных пунктов вместо 4 не влияет в значительной степени на улучшение результатов,

— статочная деформация плёнок I и II составляет в среднем $\pm 5 \mu\text{m}$,

— плёнка III обладает в 1,6 раза большей деформацией, чем плёнка I и II.

GRAŻYNA SKALSKA
WITOLD MIZERSKI

CORRECTIONS OF DEFORMATIONS OF FILM DISPOSITIVES

Summary

The aim of this study was to determine the deformations, left after correction, of film strips used in Poland for preparing diapositives of aerial photographs.

The investigations made by the authors covered films of the following sources:

- I — Kodalith Ortho Film Type 3 produced by the Kodac Company,
- II — Gevalith Ortho Film 0,81 p produced by the Agfa-Gevaert Company,
- III — Gevatone Film N 43 p produced by the Agfa-Gevaert Company.

The authors corrected the deformations by applying the following calculations: Helmert's transformation, affinity transformation, two incomplete second-degree polynomials, and a projective transformation.

As the result of these studies the authors put forward the following suggestions:

— the most favourable transformation for four joint points proved to be the polynomial:

$$\begin{aligned}x' &= x_0 + a_1x + a_2y + a_3xy, \\y' &= y_0 + b_1x + b_2y + b_3xy;\end{aligned}$$

— the application of eight joint points for transformation instead of four points does not essentially improve the results obtained.

— residual deformation of the films marked I and II averages $\mp 5 \mu\text{m}$.

— the film marked III shows a deformation 1,6 times greater than films I and II.

SPIS TREŚCI

MACIEJ MOSKWIŃSKI	
Błąd osobowy przy obserwacji gwiazd metodą podwójnej bisekcji	3
ANDRZEJ MAREK ŻÓŁTOWSKI	
Opracowanie mapy izogon Europy na rok 1972	15
JERZY GAŻDZICKI	
JAN ŚLIWKA	
Problematyka numerycznego modelowania terenu do celów projektowania obiektów przemysłowych	23
JANINA DERYŁO-STĘPNIAK	
ANDRZEJ KOPCEWICZ	
Wykorzystanie numerycznego modelu terenu do celów obliczania objętości i kosztów robót ziemnych na obszarze projektowanego obiektu przemysłowego	33
EUGENIUSZ PIANKO	
Optymalizacja kosztów robót ziemnych na terenie projektowanego zakładu przemysłowego	47
JOANNA DWORAKOWSKA	
Prace badawcze w zakresie automatyzacji sporządzania katalogów i map grawimetrycznych	57
STANISŁAW DĄBROWSKI	
Generatory liczb (pseudo) losowych zastosowane w programach numerycznej symulacji procesu wykonania i pomiaru zdjęć fotogrametrycznych	71
TADEUSZ WYRZYKOWSKI	
Zasadnicze elementy technologii oraz wartości dopuszczalne i kryteria przewidywane w projekcie nowo opracowanej polskiej instrukcji niwelacji państwowej 1 klasy	85
GRAŻYNA SKALSKA	
WITOLD MIZERSKI	
Korekcie deformacji diapozytywów filmowych	97

СОДЕРЖАНИЕ

МАЦЕЙ МОСКВИНСКИ	
Личная ошибка при наблюдении звёзд методом двойной бисекции	3
АНДЖЕЙ МАРЭК ЖУЛТОВСКИ	
Разработка карты изогон Европы на 1972 год	15
ЕЖИ ГАЗЬДИЦКИ	
Проблемы цифрового моделирования местности при проектировании промышленных объектов	23
ЯНИНА ДЭРЫЛО-СТЭНПНЯК	
АНДЖЕЙ КОПЦЭВИЧ	
Использование цифровой модели местности для вычисления объёма и стоимости земляных работ на территории проектируемого промышленного объекта	33
ЭҮГЭНИҮШ ПЯНКО	
Оптимизация стоимости земляных работ на территории проектируемого промышленного предприятия	47

ИОАННА ДВОРАКОВСКА

- Исследовательские работы в области автоматизации составления гра-
виметрических каталогов и карт 57

СТАНИСЛАВ ДОНБРОВСКИ

- Генераторы (псевдо) случайных чисел, применяемые в программах но-
мерного моделирования процесса изготовления и измерения фото-
грамметрических снимков 71

ТАДЭУШ ВЫЖИКОВСКИ

- Основные элементы технологии, а также допускаемые значения
и предусматриваемые критерии в разрабатываемом проекте польской
инструкции государственного нивелирования 1 класса 85

ГРАЖИНА СКАЛЬСКА

ВИТОЛЬД МИЗЭРСКИ

- Корректурa деформации фотодиапозитивов 97

CONTENTS

MACIEJ MOSKWIŃSKI

- The personal error in star observation made by the double bisection
method 3

ANDRZEJ MAREK ŻÓLTOWSKI

- Preparation of the isogonic chart of Europe for 1972 15

JERZY GAŻDZICKI

JAN ŚLIWKA

- The problems of numerical modelling of the terrain for the purposes
of industrial plants design 23

JANINA DERYŁO-STĘPNIAK

ANDRZEJ KOPCEWICZ

- Application of numerical model of the terrain for calculating volume
and cost of earthworks in area of the designed industrial plant . . . 33

EUGENIUSZ PIANKO

- Optimizing the cost of earthworks on the site of a designed industrial
plant 47

JOANNA DWORAKOWSKA

- Research work in the field of automation of preparing gravimetrical
catalogues and maps 57

STANISŁAW DĄBROWSKI

- Generators of pseudo random numbers applied in programmes of nu-
merical simulation of the process of producing and measuring photo-
grammetrical images 71

TADEUSZ WYRZYKOWSKI

- Basic elements of technology, as well as admissible values and criteria
foreseen in the draft of new Polish instructions for the country's first
class levelling 85

GRAŻYNA SKALSKA

WITOLD MIZERSKI

- Corrections of deformations of film dispositives 97