

ANDRZEJ RÓŻYCKI

Uniwersytet Warszawski

FOTOGRAMETRYCZNA METODA DOKUMENTOWANIA ODSŁONIEŃ GEOLOGICZNYCH W BARDZO DUŻYCH SKALACH

UKD 550.8:526.77(084.3M001/01):578.3

Zdjęcia fotograficzne w dokumentowaniu odsłoneń geologicznych w bardzo dużych skalach, to znaczy od 1:10 do 1:100, były od dawna załączane jako interesujący materiał ilustracyjny. Przy ich pomocy montowano panoramy przedstawiające ogólny widok i kształt odsłoneń, albo też przekazywano na fotograficznych powiększeniach informacje o budowie geologicznej wybranych jego fragmentów.

Niezmiernie jednak rzadko wykorzystywano te walory zdjęć fotograficznych, wykonywanych w określo-

ny sposób, które by umożliwiały opracowywanie kartometrycznych planów. Zgodnie bowiem z definicjami geometrii rzutowej stwierdza się, że zdjęcie fotograficzne terenu płaskiego oraz plan, są utworami rzutowymi. Stąd wniosek, że na podstawie zdjęcia wykonanego przy dowolnym usytuowaniu płaszczyzny kliszy można na drodze przekształcenia rzutowego opracować plan (11). Może to nastąpić dwoma sposobami. Pierwszy wymaga znajomości współrzędnych czterech punktów terenowych, które zostały odfotografowane

na zdjęciu, drugi stawia warunek określenia terenowych elementów orientacji zdjęcia zarówno wewnętrznej orientacji, jak i zewnętrznej. Zadania powyższe wykonuje się między innymi poprzez przetwarzanie fotomechaniczne, co można zrealizować na drodze kolejnych prób i przybliżeń, aż do uzyskania zgodności czterech par punktów, albo też na drodze analitycznego (rachunkowego) określenia elementów przetwarzania, czyli danych kątowych i liniowych, charakteryzujących przestrzenne usytuowanie płaszczyzn przetworznika.

Koncepcja wykorzystywania pojedynczych zdjęć fotogrametrycznych, wykonywanych ze stanowisk naziemnych, pojawiła się między innymi również w geologii i górnictwie (5, 6, 2). Istnieje tam bowiem konieczność wykonywania dokumentacji geologicznej pionowych odciosów w kopalniach i bardzo stromych, terenowych odsłoneń naturalnych i sztucznych. Plany dokumentacyjne takich obiektów są z reguły wykonywane w płaszczyźnie pionowej XOZ, a próby przetwarzania zdjęć naziemnych opierały się wyłącznie na parach punktów i były realizowane metodą kolejnych przybliżeń. W przedstawionej pracy podjęte zostało zadanie przetwarzania zdjęć naziemnych w oparciu o obliczone elementy nastawienia płaszczyzn przetworznika fotomechanicznego.

ZASTOSOWANY SPRZĘT

Specyfika podjętego zadania wymagała określonego sprzętu fotogrametrycznego — sprzętu łatwo dostępnego, niedrogiego i prostego w obsłudze. W ten sposób wybór padł na powszechnie stosowane, zwykle aparaty fotograficzne o średnim formacie zdjęcia. Należało na wstępie, spośród wielu typów aparatów, wyłonić poprzez prowadzone badania (8, 9, 13) te, które mogą spełnić pomiarowo-fotogrametryczne zadanie (12). Niekiedy potrzebne były dodatkowe zmiany konstrukcyjne zastosowanego aparatu, innym razem należało zaproponować taką metodę jego wykorzystania, która by kompensowała błędy pomiarowe.

W terenowym sprzęcie fotograficznym, opisanym w niniejszej pracy, nie wprowadzono żadnych zmian i ulepszeń konstrukcyjnych, a poprzestano jedynie na wyznaczeniu elementów orientacji wewnętrznej. Określono odległość obrazową f_z oraz położenie punktu głównego zdjęcia względem narożników ramki kadru (4). Zażądano również, aby wniesiony na matówkę użytego aparatu fotograficznego układ współrzędnych XOZ możliwie dokładnie odpowiadał układowi istniejącemu w płaszczyźnie tłowej (zdjęcia). Dodatkowym wyposażeniem sprzętu fotograficznego jest lekki statyw, busola geologiczna z klinometrem oraz węgielnica geodezyjna, służąca do wytyczenia linii prostopadłych.

Stosunkowo poważniejszym zmianom został poddany powiększalnik „Krokus” firmy PZO. Został on tak przekonstruowany, aby istniała możliwość pochylania w nim płaszczyzn kliszy i ekranu wokół poziomych, wzajemnie równoległych osi. Ponadto umożliwiono przesuwanie kliszy w jej własnej płaszczyźnie, prostopadle do osi obrotu.

Mając do dyspozycji omówiony wyżej sprzęt można by fotografować odsłoneńca, umieszczając w jego płaszczyźnie punkty do przetwarzania w postaci szablonek (5) lub też punkty niezależnie sygnalizowane i pomierzone metodami geodezyjnymi, w celu określenia ich współrzędnych prostokątnych X, Y, Z (3).

Prace kameralne polegałyby wtedy na skartowaniu fotopunktów na odpowiednim podkładzie w wymaganej skali, a następnie takim ustawieniu płaszczyzn kliszy, obiektywu i ekranu, aby obrazy punktów przetransmitowane ze zdjęcia pokryły się z tymi, przedstawionymi na podkładzie ekranu. Proces ten, wykonywany przy użyciu zaadaptowanego przetworznika, na drodze kolejnych przybliżeń, jest niezwykle żmudny i kłopotliwy. Przetworznik pozbawiony jest bowiem dodatkowych urządzeń automatycznych realizujących podstawowe warunki geometryczno-op-

tyczne (stery i inwersory). Dlatego, w miejsce opisanego przetwarzania zdjęć, proponuje się rozwiązanie oparte o uprzednio określone elementy nastawienia przetworznika (1). W tym celu należy już w terenie zażądać o uzyskanie niezbędnych parametrów, na podstawie których można by określić elementy przetwarzania.

CYKL PRAC DOKUMENTACYJNYCH

Metoda fotogrametryczna jednoobrazowa jest szczególnie użyteczna i łatwa w stosowaniu w przypadku dokumentowania odsłoneń sztucznych. Wykopy budowlane lub rowy badawcze prowadzone są bowiem wzdłuż określonych linii, a same odsłoneńca są w przybliżeniu płaszczyznami lub mogą być na takowe modelowane, dodatkowymi pracami. Bywają odsłoneńca pionowe, co jest przypadkiem najprostszym z dokumentacyjnego punktu widzenia, albo, co się najczęściej zdarza, są one płaszczyznami pochylonymi pod określonym kątem. Taka sytuacja wymaga w terenie określonych prac przygotowawczych i projektowych.

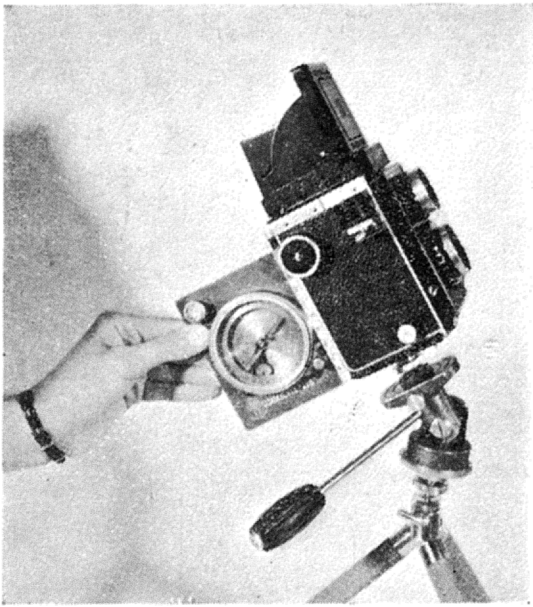
Prace terenowe

Po zapoznaniu się z rodzajem odsłoneńca, jego położeniem i ukształtowaniem, podejmuje się prace projektowe. W ich wyniku zapadnie decyzja, czy całe odsłoneńca może być zgeneralizowane do jednej płaszczyzny, czy też należy wyróżnić kilka płaszczyzn o różnych azymutach. Przypadek pierwszy oznacza, że opracowanie dokumentacji może nastąpić na jednej płaszczyźnie pionowej, w przypadku drugim takich płaszczyzn będzie kilka. Informacja o wariancie przyjętego opracowania musi być jasno określona i podana w odpowiednich objaśnieniach. Następnym etapem prac jest przyjęcie układu współrzędnych dla dokumentowanego obiektu. Może to być układ bazujący na istniejącej osnowie geodezyjnej albo też układ współrzędnych lokalnych, z wykorzystaniem rzeczywistej rzędnej wysokościowej układu krajowego.

Prace pomiarowe rozpoczynają się założeniem linii prostej, z której wykonywane będą zdjęcia, równoległej do zaprojektowanej rzutni. Stanowiska zdjęciowe powinny być wyznaczone na linii w pewnym stałym interwale, na przykład 3, 5 lub 10 m. Wybór odległości między stanowiskami uzależniony jest od kilku parametrów: odległości aparatu od odsłoneńca, ogniskowej używanego obiektywu i od założonej szerokości pasa podwójnego pokrycia sąsiadujących zdjęć. Z wielu powodów korzystne jest pokrycie 60%. Na każdym z wyznaczonych stanowisk ustawiony zostanie na statywie aparat fotograficzny, o znanych elementach orientacji wewnętrznej, obejmujący określone fragmenty odsłoneńca. Ważne jest, aby pionowa płaszczyzna promienia głównego obiektywu była prostopadła do przyjętej linii stanowisk. Położenie aparatu, a zwłaszcza jego pochylenie ω (pochylenie płaszczyzny zdjęcia K) zostanie wystarczająco dokładnie ustalone za pomocą klinometru kompasu geologicznego.

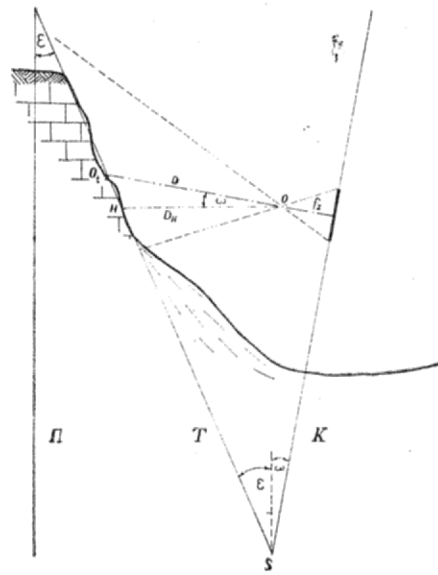
Przykładowy obraz odsłoneńca oraz schemat geometrycznego usytuowania płaszczyzn został przedstawiony na ryc. 1. Płaszczyzna T generalizuje tutaj powierzchnię dokumentowanego odsłoneńca, a kąt jej odchylenia od pionu ϵ może być również określony za pomocą klinometru. Płaszczyzna π jest obrazem rzutni, na którą odwzorowane będzie odsłoneńca. Punkt S, leżący w miejscu przecięcia płaszczyzn K i T, jest ich osią kolineacji, osią niezwykle istotną przy geometrycznych przekształceniach rzutowych. Ostatnim elementem wymagającym pomiarzenia jest odległość D, mierzona między środkiem rzutów O (obiektywem), a terenowym obrazem punktu głównego zdjęcia O_t (ryc. 2). Na podstawie pomiarzonej odległości D oraz kąta ω można obliczyć odległość poziomą (zredukowaną) D_H .

Bardzo ważne dla ostatecznych wyników dokumentacji jest wprowadzenie oznaczeń w samym od-



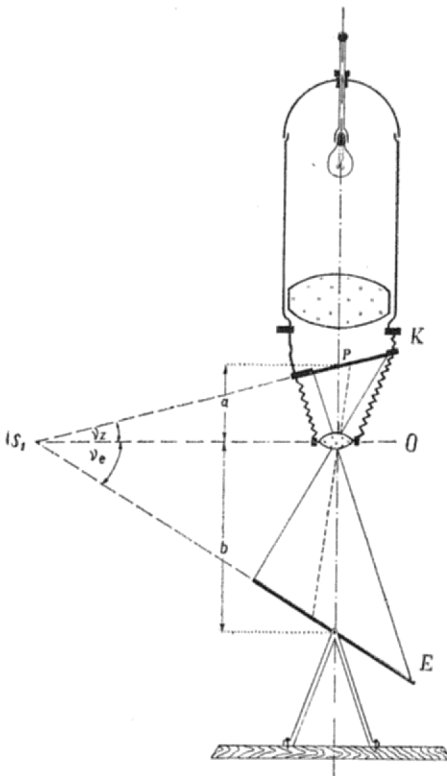
Ryc. 1. Pomiar kąta pochylecia (ω) aparatu fotograficznego.

Fig. 1. Determination of the angle of inclination (ω) of photographic camera.



Ryc. 2. Układ płaszczyzn stanowiska terenowego.

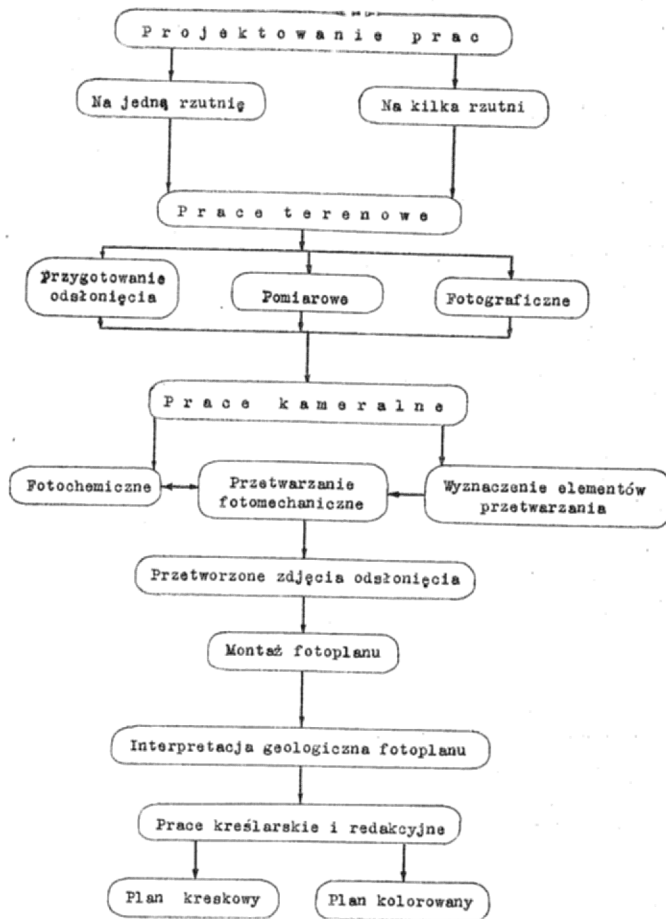
Fig. 2. Pattern of planes of field locality.



Ryc. 3. Schemat przetwornika.

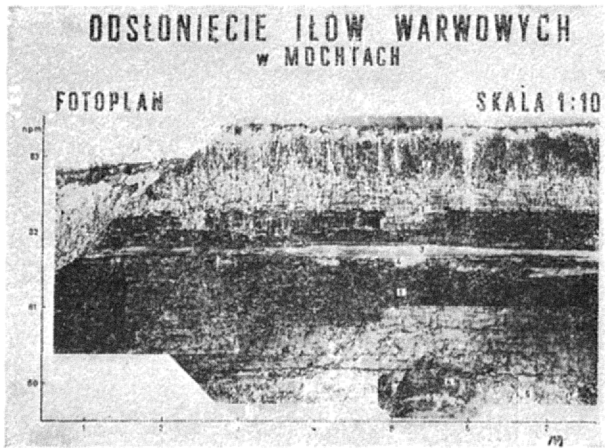
Fig. 3. Scheme of converter.

słonięciu. Może to być wykonane przy użyciu odpowiednio pomyślanych symboli albo też za pomocą sygnałów z kolejnymi numerami. Przy ich pomocy wyróżni się konkretne wydzielenia i granice geologiczne oraz punkty, z których pobrane zostały próbki. Każdy taki symbol czy oznaczenie powinno znaleźć wyczerpujące objaśnienie w notatniku doku-

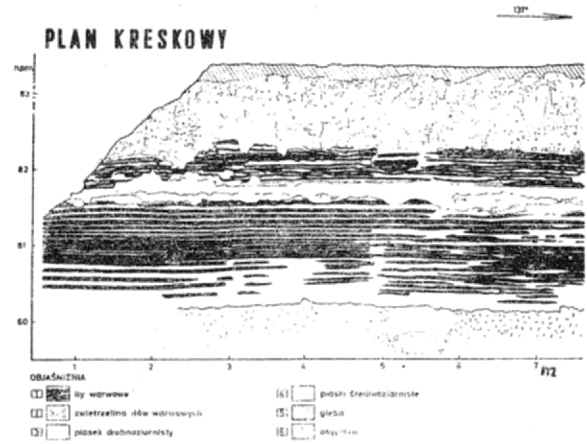


Ryc. 4. Schemat poszczególnych etapów cyklu dokumentacyjnego.

Fig. 4. Sequence of stages of documentary cycle.



Ryc. 5.
Fig. 5.



Ryc. 6.
Fig. 6.

mentatora. Oznaczenia te będą niekiedy decydowały o powodzeniu geologicznej fotointerpretacji.

Ekspozycja zdjęcia (końcowa praca na stanowisku) powinna nastąpić przy odległości fotografowania nastawionej na ∞ i stosunkowo małym otworze przysłony, który decyduje o dużej głębi ostrości zdjęcia. Ponadto godne polecenia jest wykonywanie na stanowisku zdjęć kolorowych na filmie odwracalnym (diapozytywowym) aparatem fotograficznym nie posiadającym już określonych elementów orientacji wewnętrznej.

Prace kameralne

Przetworzenie zdjęć wykonanych w terenie, odbywa się przy użyciu przekonstruowanego powiększalnika „Krokus”, którego schemat przedstawiony został na ryc. 3. Należy tu podkreślić, że płaszczyzna K jest płaszczyzną zdjęcia K , występującą na ryc. 1. Płaszczyzna O , to płaszczyzna obiektywu o ogniskowej f_p , użytego w przetworniku. Płaszczyzna ekranu przetwornika E , odpowiada terenowej płaszczyźnie rzutów π i powstaje na niej przetworzony, ortogonalny, obraz odsłonięcia w wybranej skali.

Aby stało się zadość zasadom optyki geometrycznej płaszczyzny K , O , E muszą mieć wspólną oś przecięcia (warunek Scheimpfluga), co gwarantuje zachowanie ostrości rzutowanego obrazu na całej powierzchni ekranu, niezależnie od kątów pochylenia. Pełne przetworzenie fotomechaniczne zostanie zrealizowane wtedy, gdy kąty ν_z i ν_e oraz wielkości liniowe a , b , p (oznaczone na ryc. 3) będą ustalone na odpowiednich podziałkach przyrządu. Nie przytaczając szczegółowych wzorów należy stwierdzić, że wszystkie elementy przetworzenia uzyskują konkretne wartości liczbowe na podstawie terenowych pomiarów ω , ε , D (ryc. 1), parametrów f_z i f_p , oraz wielkości M , która jest mianownikiem skali planu dokumentacyjnego,

Określenie elementów przetworzenia może nastąpić albo na drodze bezpośredniego wyliczenia według wzorów, albo też, kiedy prace dokumentacyjne prowadzone są na dużej skali, w oparciu o uprzednio skonstruowane nomogramy.

Po umieszczeniu negatywu zdjęcia terenowego w nośniku kliszy K i po nastawieniu wszystkich wyznaczonych elementów na płaszczyźnie ekranu powstanie obraz przetworzony. Jeśli teraz dokonana zostanie na ekranie ekspozycja papieru fotograficznego, to po odpowiednich zabiegach fotochemicznych uzyskuje się pojedyncze, przetworzone zdjęcie dokumentowanego odsłonięcia. Komplet takich zdjęć montuje się w jeden fotoplan poprzez odrzucenie stref podwójnego pokrycia kolejnych zdjęć i naklejenie ich na sztywny podkład. Prace końcowe nad fotoplanem, to naniesienie układu współrzędnych XOZ oraz wy-

konanie opisów i oznaczeń objaśniających. Następny etap jest związany z geologiczną interpretacją fotoplanu. Bardzo pomocne w tej pracy będą oznaczenia wprowadzone w samym odsłonięciu, pobrane próbki i kolorowe zdjęcia diapozytywowe.

Opisany wyżej tok postępowania dokumentacyjnego, wykorzystujący metodę fotogrametrii jedno-obrazowej, potraktowany został skrótowo i nie wyczerpuje innych wariantów możliwych w tego typu opracowaniach. W celu uzupełnienia przytoczonych zaleceń, a głównie w intencji ich usystematyzowania, na ryc. 4 przedstawiony został schemat obejmujący poszczególne etapy cyklu dokumentacyjnego.

Dla zilustrowania referowanej metody załączono przykład opracowania dokumentacyjnego, zrealizowanego dla odsłonięcia iłów warwowych, znajdującego się w Mochtach n. Wisłą (13).

Ryc. 5, to 10-krotnie zmniejszona reprodukcja fotoplanu, zmontowanego woryginalie w skali 1:10, z pięciu przetworzonych fotogramów. Oś OX została tutaj przyjęta lokalnie, zaś rzędne wysokościowe uzyskano z mapy topograficznej. Oryginał fotoplanu przedstawiał odsłonięcie niezmiernie czytelnie i dzięki temu identyfikacja elementów budowy geologicznej nie przedstawiała większych trudności. Fotointerpretacja została wykonana przy użyciu tuszu litograficznego bezpośrednio na fotoplanie, z którego następnie, w czasie kąpieli fotochemicznej, wywabiono rysunek półtonowy zdjęcia. Na byłym fotoplanie pozostał jedynie plan kreskowy (ryc. 6). Dodatkowym ułatwieniem interpretacji fotoplanu były sygnały cyfrowe, umieszczone w płaszczyźnie odsłonięcia, które objaśniono na ryc. 6.

Czas poświęcony na dokumentowanie odsłonięcia w Mochtach wyniósł, w całości, 12 godzin roboczych, w tym 1,5 godziny prac terenowych.

UWAGI KOŃCOWE

W zakończeniu należy stwierdzić, że podstawową zaletą prezentowanej metody fotogrametrycznego dokumentowania odsłonięć geologicznych jest zastosowanie w pracach terenowych sprzętu aktualnie wykorzystywanego przez geologów, zaś zmiany dotyczą jedynie odmiennego jego użycia. Również prace kameralne bazują na sprzęcie ogólnodostępnym, poddanym niewielkim tylko zmianom konstrukcyjnym.

Proces przetwarzania fotomechanicznego został znacznie uproszczony, szczególnie przy wykorzystywaniu nomogramów, które zwalniają od znajomości skomplikowanych zasad geometrii rzutowej. Zwraca również uwagę niezwykle krótki czas poświęcony na prace terenowe, ze względu na przeniesienie całego ciężaru prac dokumentacyjnych w zacisze pracowni, gdzie mogą zostać one podjęte w dowolnym czasie

(na przykład po całym sezonie letnim), niezależnie od warunków atmosferycznych.

Przedstawionemu cyklowi dokumentacji właściwe są również inne zalety fotogrametrii. Dotyczy to głównie dokumentalnej wartości uzyskiwanych materiałów fotograficznych, którym obcy jest subiektywizm kartującego geologa. Istnieje tu również możliwość realizowania opracowań w różnych skalach na podstawie tych samych danych oraz niezwykła łatwość archiwizowania materiałów, mogących stanowić źródłowy „bank geologicznej informacji”. Do danych terenowych można powrócić nawet po latach, kiedy odsłonięcie przestało już istnieć, i opracować je ponownie w nowym aspekcie albo też w celu zeryfikowania wykonanej kiedyś dokumentacji.

Kończąc należy mieć świadomość uzyskiwanych dokładności. Są one wprawdzie uzależnione od ukształtowania odsłonięcia, co jest ułomnością ogólnie pojmowanej fotogrametrii jednoobrazowej, ale przy starannie prowadzonym projektowaniu prac, metoda ta nie tylko dorównuje dotychczas stosowanym metodom, ale z reguły bywa od nich dokładniejsza.

Należy zatem mieć nadzieję, że w wyniku przeprowadzonych rozważań przedstawiona metoda dokumentowania odsłonięć geologicznych spotka się z życzliwym zainteresowaniem kartujących geologów i będzie w przyszłości szerzej stosowana.

LITERATURA

1. Burkhardt R. — Entzerrung nach Einstellwerten? B.u.L., 1942, No. 3/4.
2. Guzik K. — Sporządzanie uproszczonych zdjęć fotograficznych stereoskopowych dla dokumentacji geologicznej. Prz. geol., 1961, nr 2.
3. Guzik K., Iwanow A., Ostaficzuk S., Różycki A. — Coup du bord de la riviere

SUMMARY

The paper discusses applicability of ordinary photographic camera in preparing documentation surveys of geological exposures in very large scales, e.g. 1:10 to 1:100. The procedure is based on the principle of single-image photogrammetry and involves processing of field photos by means of calculating elements of converter adjustment.

In order to simplify geological interpretation the author suggests the use of color slides and of supplementary field marks and symbols. A series of documentary works discussed in the paper shows a possibility of reducing time-consuming field works, and, at the same time, obtaining more accurate results than it was possible with the use of classic methods of mapping and preparing plans.

San dans les Karpathes. Materiały ekspozycji kongresu MTF, Lizbona, 1964.

4. Hallert B. H. — A new Method for the Determination of the Distortion and the Inner Orientation of Cameras and Projectors. Photogrammetrie, 1956, No. 3.
5. Kowalczyk Z. — Próba wykorzystania fotogrametrii jednoobrazowej w geologii kopalnianej. Prz. geol., 1959, nr 9.
6. Kowalczyk Z. — Fotogrametryczne kartowanie i profilowanie wyrobisk górniczych na przykładzie kopalni w Wieliczce. Pr. Inst. Geol., 1960, t. 30, cz. 2.
7. Kowalczyk Z. — Uproszczony przetwornik do specjalnych opracowań nietopograficznych. Zesz. nauk. AGH-Geodezja, 1960, z. 3.
8. Kowalczyk Z., Sitek Z. — Badanie dokładności obiektywu aparatu fotograficznego. Ibidem, 1963, z. 4.
9. Müller U. G. — Fehlertheoretische Untersuchung der Kleinbildphotogrammetrie und Vorschläge für ihre Anwendung auf montanwissenschaftlichen Gebiet. Leipzig, 1968.
10. Piasecki M. B. — Fotogrametria płaska. PPFiK, Warszawa, 1951.
11. Piasecki M. B. — Fotogrametria lotnicza i naziemna. PPWK, Warszawa, 1958.
12. Pichl K. — Photogrammetrische Gelandaufnahmen mit der Kleinbildkamera. VR, 1965, No. 11.
13. Różycki A. — Uprozczone metody fotogrametryczne, jednoobrazowe, naziemne, dokumentowania odsłonięć geologicznych w bardzo dużych skalach. Maszynopis, 1971.
14. Sitek Z. — Możliwości zastosowania zwykłych aparatów fotograficznych dla dokładnych opracowań fotogrametrycznych. Zesz. nauk. AGH-Geodezja, 1963, z. 4.

РЕЗЮМЕ

В работе рассматривается возможность использования обыкновенных фотоаппаратов в документации геологических обнажений в крупном масштабе: 1:10 до 1:100. Примеры основываются на принципе однокладровой фотограмметрии и превращении полевых съемок методом вычисленных элементов установки преобразователя.

Для облегчения геологической фотоинтерпретации предлагается применение цветных диапозитивов и дополнительно — полевых обозначений и индексов. Предложенный цикл документации позволяет значительно сократить сроки полевых работ и по своей детальности как правило превышает применяющиеся до сих пор методы картования.