

## KONTUROWANIE AUTOMATYCZNE

UKD 550.8:528(084.3—32):681.3

W badaniach geologicznych bardzo często wyniki badań zestawia się w formie map konturowych. Wygodnym i skutecznym narzędziem przy analizie danych geologicznych jest mapa konturowana automatycznie za pomocą elektronicznej maszyny cyfrowej i automatycznego urządzenia kreślącego (plotter). Celem artykułu jest podanie w skróconej formie przeglądu aktualnie stosowanych metod opracowywania map konturowych na podstawie wartości w punktach pomiarowych.

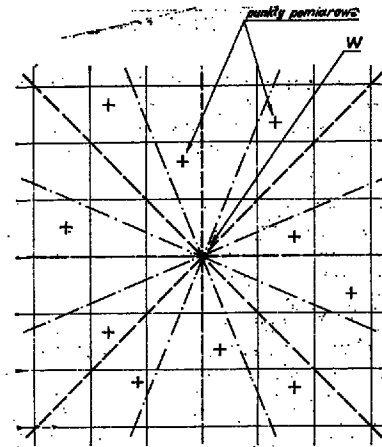
Ogólny problem konturowania automatycznego można scharakteryzować następująco: na płaszczyźnie  $XY$  dany jest zbiór punktów pomiarowych (o określonych współrzędnych), w których zmierzono lub zaobserwowano wartość pewnej cechy albo inaczej — na badanym obszarze istnieje powierzchnia, będąca obrazem ciągłej funkcji dwóch zmiennych  $z = z(x, y)$ ; wartości tej funkcji znamy tylko w punktach pomiarowych  $z_k = z(x_k, y_k)$ ,  $k = 1, 2, \dots, K$ . Należy skonstruować funkcję (powierzchnię), która dostatecznie dokładnie przybliży funkcję  $z(x, y)$ .

Rozwiązanie tego problemu nie przedstawia większych trudności, jeśli znane jest ogólne równanie szukanej powierzchni lub gdy punkty pomiarowe położone są w dostatecznie gęstej siatce prostokątnej. W badaniach geologicznych przypadki te występują niezwykle rzadko, przeważnie ogólne równanie nie jest znane, co więcej punkty pomiarowe rozłożone są nierównomiernie. W dalszej części opracowania zakładając będziemy, że mamy do dyspozycji zbiór wartości w nierównomiernie rozłożonych punktach pomiarowych, założymy również, że szukana powierzchnia jest powierzchnią ciągłą i gładką (funkcja  $f(x, y)$  jest gładką, gdy pochodne cząstkowe pierwszego rzędu są ciągłe; obrazem funkcji gładkiej  $f(x, y)$  jest powierzchnia bez ostrych załamania).

Tak postawiony problem można rozwiązać dwoma sposobami. Pierwszy obejmuje grupę metod, w których konturowanie odbywa się na podstawie wartości w węzłach siatki kwadratowej. Wartości w węzłach siatki określone są na podstawie wartości w punktach pomiarowych — metody te będziemy

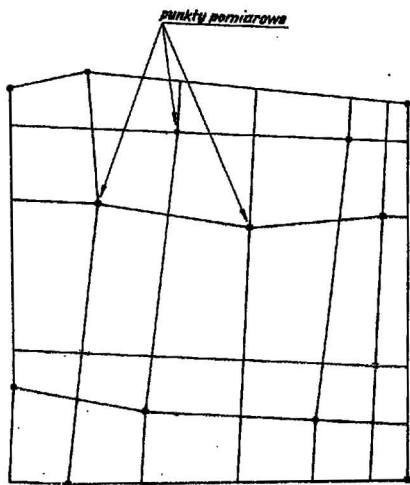
nazywać metodami pośrednimi. Drugi sposób obejmuje metody bezpośrednie, w których konturowanie przebiega na podstawie wartości w punktach pomiarowych. Pomocniczą siatkę w tych metodach stanowi system wielokątów.

**Metody pośrednie.** Określanie wartości w węzłach siatki przeprowadza się w następujący sposób: niech  $W$  będzie węzłem siatki (ryc. 1). Płaszczyznę wokół węzła dzielimy na sektory (na ryc. 1 linie przerywane) i z każdego sektora wybieramy punkt leżący najbliżej węzła  $W$ , każdemu z tak wybranych punktów przyporządkowana jest waga w zależności od odległości punktu od węzła  $W$  (przeważnie jest to odwrotność kwadratu odległości). Na tak określonych punktach znajdujemy za pomocą ważonej metody najmniejszych kwadratów wielomian (najczęściej jest to wielomian drugiego stopnia), wartość tego wielomianu w węzle  $W$  będzie szukaną wartością.



Ryc. 1.

Fig. 1.



Ryc. 2.

Fig. 2.

Ilość punktów pomiarowych (sektorów) uwzględnianych w obliczeniach uzależniona jest od stopnia wielomianu. Założenie stałego stopnia wielomianu przy określaniu wartości we wszystkich węzłach, bez względu na rozkład przestrzenny wartości branych do obliczeń, jest niewątpliwie niedostatkami tej metody. Pewnym sposobem kontroli uzyskiwanego wyniku może być porównanie obliczonej wartości z wartością, jaką otrzymamy przy innym ułożeniu sektorów (ryc. 1 linie punktowe).

Pelto (4) opisuje metodę określania wartości w węzłach siatki za pomocą wielomianu pierwszego lub drugiego stopnia w zależności od rozkładu wartości uwzględnianych w obliczeniach. Zaletą metod pośrednich jest prostota konturowania za pomocą plottera w oparciu o dane rozmieszczone w siatce kwadratowej.

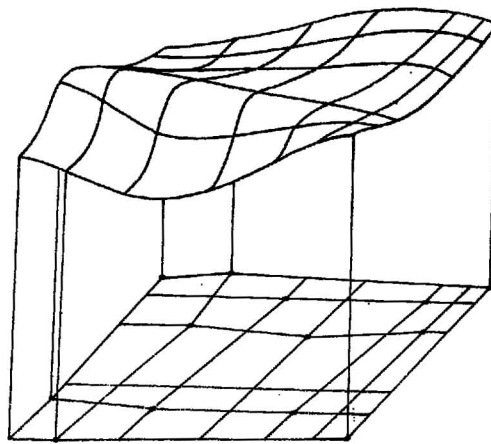
**Metody bezpośrednie.** Do metod bezpośrednich należy konturowanie mechaniczne na podstawie systemu trójkątów, których wierzchołki znajdują się w punktach pomiarowych. Dla każdego trójkąta określamy płaszczyznę przechodzącą przez wartości w wierzchołkach trójkąta. Przy dostatecznie gęsto rozłożonych punktach pomiarowych otrzymamy ciągłą (ale nie gładką) powierzchnię. Metody tej nie należy używać, gdy na badanym obszarze występują obszary bez punktów pomiarowych.

Inną metodą bezpośrednią jest metoda oparta na interpolacji funkcji wielu zmiennych wprowadzonej przez Fergusona (1964). Obszar, na których położone są punkty pomiarowe, pokrywamy systemem czworokątów (ryc. 3). System ten powstaje w wyniku utworzenia „poziomych” i „pionowych” linii łamanych przechodzących przez punkty pomiarowe, przy czym poszczególne odcinki linii „pionowych” nie mogą tworzyć z kierunkiem osi Y kąta większego niż  $45^\circ$ . Każda linia łamana musi zawierać co najmniej jeden punkt pomiarowy. Przecięcia linii łamanych wyznaczają wierzchołki czworokątów. Brakujące wartości w wierzchołkach czworokątów można określić metodą opisaną w pierwszej części używając ważonej metody najmniejszych kwadratów. Podobną metodę opisuje Hessing (3).

### SUMMARY

In geology, results of investigations are often presented in the form of contour maps. An automatically contoured map, made by means of a computer equipped with a plotter (remote drawing device) is a useful and convenient aid for processing geological data.

The paper gives a review of methods of construction of contour maps on the basis of data from unevenly distributed measuring points by means of electronic calculating techniques and plotters.



Ryc. 3.

Fig. 3.

Dla każdego czworokąta określamy płat powierzchniowy oparty na wartościach w wierzchołkach czworokąta, będący obrazem wielomianu. Współczynniki wielomianu należy tak dobrać, aby płaty określone dla sąsiednich czworokątów stykały się wzdłuż tej samej krzywej (rzutem tej krzywej na płaszczyznę XY jest bok wspólny tych czworokątów), co więcej — przy określaniu współczynników musimy pamiętać o tym, że powierzchnia otrzymana w wyniku superpozycji wszystkich płatów ma być powierzchnią gładką. Zaletą tej metody jest otrzymanie ciągłej i gładkiej powierzchni zawierającej wartości we wszystkich punktach pomiarowych. Analityczne przedstawienie powierzchni w obrębie jednego czworokąta pozwala konturować za pomocą plottera z żadaną dokładnością.

Opisane metody pozwalają otrzymać mapę konturową porównywalną z mapą kreśloną przez doświadczonego geologa. Przewaga map konturowanych automatycznie jest widoczna, zwłaszcza wówczas, gdy w punktach pomiarowych zaobserwowano lub zmierzono wartości kilku cech. Wtedy można otrzymać mapy będące wynikiem operacji na kilku powierzchniach, np. mapy miąższościowe kilku kolejnych warstw litologicznych. Warto jeszcze dodać, że zawsze jakość otrzymanej mapy jest zależna od ilości i jakości danych uwzględnianych w obliczeniach.

### LITERATURA

1. Cottawa G., Le Moli G. — Automatic contour map. Communication of ACM 1969, vol. 12.
2. Graphic Analysis of Three-Dimensional Data (GATD). Program Description IBM Corporation, 1971.
3. Hessing R. i in. — Automatic contour map using bicubic functions. Geophysics, 1972, vol. 37, nr 4.
4. Pelto R. i in. — Automatic contouring of irregularly spaced data. Geophysics, 1968, vol. 33, nr 3.

### РЕЗЮМЕ

Результаты геологических исследований весьма часто изображаются в виде контурных карт. Большим удобством для интерпретации геологических данных обладает контурная карта, составляемая автоматически с помощью ЭВМ и автоматического чертежного устройства.

В статье дается обзор методов составления контурных карт по данным нерегулярно разбросанных точек наблюдения с использованием электронной вычислительной техники и автоматических чертежных устройств.