

METODIKA VÝSKUMU

Združovanie uhlových meraní na počítači

PETR BLÁHA

Katedra geológie a mineralógie BF VŠT, park Komenského 15, 043 84 Košice

Doručené 5. 5. 1986

Группировка угловых измерений счётными машинами

Программа ГЛОДАТ, которая кроме вычисления отдельных групп производит и подсчёт основных статистических характеристик каждой вычлененной группы, на основании которых можно сделать вывод какое распределение элементов находится в той или иной группе и больше того, можно эти группы сравнивать. Программа написана программным языком ФОРТРАН IV, приготовленным на счётной машине СМЗ-10.

Cluster of angle measurements using computer

The CLODAT routine is applied to cluster analysis of angle measurements. The routine clusters measurement data into groups and computes mean statistical parameters to each group, allowing judgements over the internal structure of each group. The routine is written in FORTRAN IV language for a SM 3-10 computer.

Združovanie uhlových meraní do skupín a opis takto vymedzených skupín je veľmi častá úloha, s ktorou sa stretávame pri štruktúrnej analýze. V niektorých prípadoch — napr. pri puklinovej analýze — má dokonca prvoradý význam. Doposiaľ sa táto úloha riešila najčastejšie pomocou tektonogramov. Rôzne spôsoby ich konštrukcie i interpretácia získaných výsledkov boli v príslušnej literatúre podrobne opísané. Spoločným nedostatkom týchto metód je pomerne zdĺhavé spracovanie (a to i vtedy, keď tektonogramy zostrojujeme pomocou počítača) a subjektívny charakter interpretácie získaných

výsledkov. V odôvodnených prípadoch (napr. pri puklinovej analýze, analýze trhlin či analýze rôznych systémov foliačných plôch) navrhujeme nahradiť tento klasický spôsob riešenia horeuvedenej úlohy analyticko-štatistickou metódou.

Opis použitej metódy

To, či dve uhlové merania, ktoré pokladáme za jednotkové vektory v trojrozmernom priestore, patria do jednej skupiny, alebo nie, posudzujeme na základe uhla, ktorý tieto vektory zvierajú, a jeho porovnania s kritickým uhlom. Ak takýmto

spôsobom otestujeme všetky merania daného súboru, vymedzíme v ňom vlastne charakteristické skupiny. Pri testovaní postupujeme takto:

a) Na základe celkového počtu meraní určíme kritický uhol β_0 . Pre výpočet jeho veľkosti udáva Wallbrecher (1978) vzorec:

$$\beta_0 = 2 \arccos \left(1 - \frac{1}{N} \right), \quad (1)$$

kde N je celkový počet meraní.

Závislosť veľkosti kritického uhla β_0 na počte meraní je znázornená na obr. 1. Tento graf môže tiež slúžiť na určenie približnej veľkosti kritického uhla.

b) Namerané hodnoty (vektory ε_i) transformujeme do kartézskych súradníc podľa vzťahov:

$$\begin{aligned} x_i &= \cos \theta_i \cdot \cos \Phi_i, \\ y_i &= \sin \theta_i \cdot \cos \Phi_i, \\ z_i &= \sin \Phi_i, \end{aligned} \quad (2)$$

kde θ_i — smer, Φ_i — sklon jednotlivých meraní.

c) Vypočítame si uhol β_{ij} zovretý dvoma vektormi ε_i a ε_j podľa vzorca:

$$\beta_{ij} = \arccos (x_i x_j + y_i y_j + z_i z_j). \quad (3)$$

d) Uhol β_{ij} porovnáme s kritickým uhlom β_0 . Ak je kritický uhol väčší alebo rovný uhlu zovretému dvoma vektormi, potom predpokladáme, že tieto dva vektory patria do jednej skupiny. V opačnom prípade túto hypotézu zamietame a predpokladáme, že obidva vektory patria do rôznych skupín.

Po vymedzení základných skupín v danom súbore musíme vyriešiť ešte druhú časť úlohy — výpočet základných štatistických charakteristík každej skupiny, na základe ktorých môžeme posúdiť, aké je

usporiadanie prvkov v tej-ktorej skupine, a teda i porovnávať dané skupiny. Predpokladáme pritom unimodálne rozdelenie jednotlivých prvkov v skupinách. K týmto charakteristikám patrí: stredný vektor skupiny, parameter koncentrácie a uhol spoľahlivosti.

Stredný vektor skupiny vypočítame zo vzťahu:

$$\theta_{\text{priem}} = \arctg \frac{X}{Y},$$

$$\Phi_{\text{priem}} = \arcsin Z, \quad (4)$$

kde X , Y a Z sú smerové kosíny stredného vektora vypočítané podľa vzorcov:

$$X = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i$$

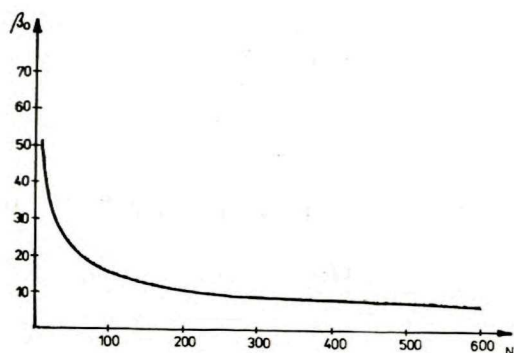
$$Y = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N y_i$$

$$Z = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N z_i \quad (5)$$

Parameter koncentrácie (ktorý je prvkom intervalu $<2, \infty$) je mierou koncentrácie jednotlivých vektorov okolo strednej hodnoty. Pri paralelne orientovaných meraniach rastie nad všetky medze, pri rovnomerne rozložených meraniach sa blíži k hodnote 2. Vypočítame ho zo vzťahu (Fisher, 1953):

$$k = \frac{N - 1}{N - R}, \quad (6)$$

$$\text{kde } R = \left[\left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^N y_i \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^N z_i \right)^2 \right]^{1/2} \quad (7)$$



Obr. 1. Závislosť veľkosti kritického uhla β_0 na počte meraní N

Fig. 1. Relation between the critical angle (β_0) and measurement number (N)

Uhol spoľahlivosti charakterizuje mieru presnosti určenia stredného vektora. Je to vlastne vrcholový uhol kužela opísaného okolo strednej hodnoty, v ktorom na danej hladine pravdepodobnosti musí ležať skutočný stredný vektor skupiny. Pre výpočet jeho veľkosti uvádza Fisher (1953) vzorec:

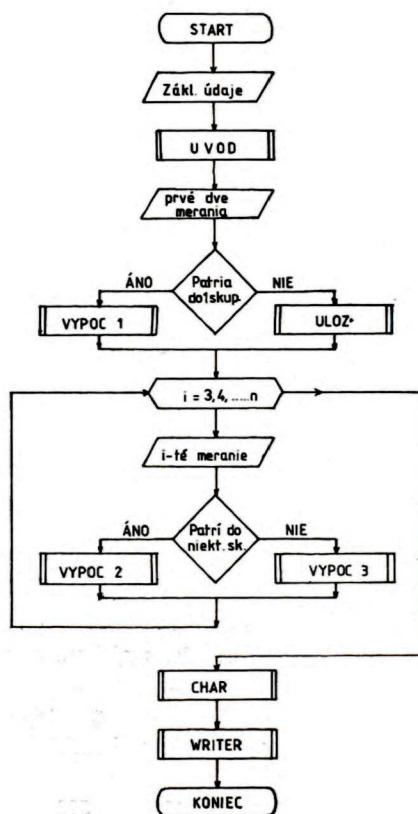
$$\delta = \arccos \left\{ 1 - \frac{N-R}{N} \left[\left(\frac{1}{P} \right)^{1/(N-1)} - 1 \right] \right\}, \quad (8)$$

kde P je zvolená hladina pravdepodobnosti (v praxi spravidla 0,05 alebo 0,01). Podľa Braitscha (1956) môže byť veľkosť tohto uhla až 45° , jeho výpočet má však význam realizovať len pre $k \geq 4$.

Algoritmus programu CLODAT

Pri zostavovaní programu CLODAT sme vychádzali z postupu, ktorý navrhol Peschel (1985). Po načítaní základných údajov o analyzovanom súbore program najprv na základe celkového počtu meraní vypočíta kritický uhol (podprogram UVOD). Potom načíta prvé dva páry hodnôt a posúdi, či patria do tej istej skupiny, alebo nie. Ak áno, vypočíta stredný vektor tejto skupiny a počtu prvkov v

nej priradí hodnotu dva (podprogram VYPOC 1). Ak páry hodnôt nepatria do tej istej skupiny, program vymedzí dve skupiny, každú s jedným prvkom a stredným vektorom rovným zadaným hodnotám (podprogram ULOZ). Ďalej postupne načíta jednotlivé hodnoty a rozhodne, či patria do niektorej už vymedzenej skupiny. Ak áno, zaradí hodnotu do tejto skupiny, t. j. prepočíta hodnotu stredného vektora tejto skupiny vzhľadom na novú zadanú hodnotu a zvýši počet prvkov v skupine o jeden (podprogram VYPOC 2). Ak zadaný prvok nepatrí do žiadnej skôr vymedzenej skupiny, program vytvorí no-



Obr. 2. Vývojový diagram programu CLODAT
Fig. 2. Flow chart of the CLODAT routine

vú skupinu s jedným prvkom a stredným vektorom rovným zadanej hodnote (podprogram VYPOC 3). Po spracovaní poslednej hodnoty vypočíta základné štatistické charakteristiky každej skupiny (podprogram CHAR) a vytlačí výsledok (podprogram WRITER). Vývojový diagram programu je na obr. 2.

Program je napísaný v programovacom jazyku FORTRAN IV., spracovaný bol na počítači SM 3-10 s použitím operačného systému FOBOS-2. Bez väčších problémov sa dá aplikovať na všetky počítače s programovacím jazykom FORTRAN. (Zdrojový text je prípadným záujemcom k dispozícii na KGaM BF VŠT v Košiciach.)

Vstupné údaje a forma výstupu

Program interaktívne komunikuje s užívateľom, pričom zadávanie vstupných dát je evidentné z oznamov na termináli. Maximálny ani minimálny počet údajov nie je obmedzený, ale aby bol výsledok štatisticky významný, odporúča sa spracovávať súbory minimálne s 30 meraniami [Peschel, 1985].

Tlač výsledku obsahuje hlavičku so základnými údajmi o danom súbore a vlastný výpis jednotlivých skupín. Pokiaľ bol do skupiny zaradený len jeden prvok, program pokladá skupinu za štatisticky bezvýznamnú a výpočet charakteristík nevykonáva. Nakoniec program vytlačí hla-

dinu spoľahlivosti, na ktorej bol výpočet urobený, a kritický uhol. Programové vybavenie umožňuje realizovať výstup na rôznych výstupných zariadeniach (riadková tlačiareň, obrazovkový terminál, dierna páska, magnetická páska, magnetický disk). Pri bežne spracovávaných súboroch (zhruba do 1000 vstupných dát) trvá výpočet maximálne 1 minútu.

Praktické využitie programu CLODAT

Program CLODAT sme využili pri analýze puklinových systémov v širšom okolí novoveského rudného poľa. Časť výsledkov uvádzame v tab. 1. Program vymedzil tri skupiny. Keďže vstupné údaje sme zadávali v tvare smer sklonu — sklon, vypočítané stredné vektory zodpovedajú plochám 30/76, ZSZ, 177/81 V a 102/68 SSV. Najvýraznejšia je prvá skupina, v ktorej je zastúpený najväčší počet meraní. Z pomerne vysokého parametra koncentrácie vyplýva, že jednotlivé merania v tejto skupine sú rozložené zhruba paralelne, teda, že sú koncentrované okolo strednej hodnoty. O tom svedčí i hodnota uhla spoľahlivosti. Ďalej si treba bližšie všimnúť najmä tretiu skupinu. Hoci tu je tiež zastúpený pomerne veľký počet meraní (tretina meraných hodnôt), nízka hodnota parametra koncentrácie a v porovnaní s ostatnými skupinami relatívne veľký uhol spoľahlivosti svedčia o značnom

TAB. 1

Analýza puklinových systémov na J od Novoveskej Huty
Analysis of fissure systems S from Novoveská Huta

Skupina	Počet prvkov	Stredný vektor		Parameter koncentrácie	Uhol spoľahlivosti
		smer	sklon		
1	47	300	76	240,52	3,82
2	12	87	81	316,74	4,16
3	30	12	68	41,54	8,20

Hladina spoľahlivosti = 0,05, kritický uhol = 17°

rozptyle jednotlivých meraní v tejto skupine. Preto jej pri charakterizovaní stavby daného územia nemožno pripisovať taký význam ako prvej skupine.

Možno povedať, že v danej oblasti výrazne prevládajú pukliny smeru SSV — JJZ so strmým úklonom na ZSZ. Z ostatných systémov sa uplatňujú subvertikálne pukliny SJ smeru a ďalej pukliny smeru VJV — ZSZ s úklonom na SSV.

Literatúra

- Braitsch, O. 1956: Quantitative Auswertung einfacher Gefügediagramme. *Heidelberg. Beitr. Mineral. Petrogr.*, 5, 210 — 226.
- Fisher, R. A. 1953: Dispersion on a sphere. *Proc. Roy. Soc., Ser. A*, 217, 295 — 305.
- Peschel, G. 1985: Klassifizierung tektonischer Raumlagendaten. *Zeit. angew. Geol.*, 31, 12 — 15.
- Wallbrecher, E. 1978: Ein Cluster-Verfahren zur richtungsstatistischen Analyse tektonischer Daten. *Geol. Rdsch.*, 67, 840 — 857.

Cluster of angle measurements using computer

Angle measurements are assumed to represent unite vectors in the three-dimensional space. The problem is solved through comparison of angle formed by two unite vectors with the critical angle. The value of critical angle is determined either by computation (Wallbrecher, 1978) or from a graph (Fig. 1). The basic condition for classifying two vectors into the same group is that the critical angle is higher, or equal, than the angle formed by these two vectors.

The second part of the problem represents the computation of main statistical parameters of discerned groupings allowing to judge on

the internal arrangement of single units in the group. Such parameters are the mean angle, the concentration parameter and the angle of reliability.

The problem is solved by the CLODAT routine. The flow chart of the routine is in Fig. 3, the programming language is FORTRAN IV and main rules of structural and modular programming are maintained. The routine is applied to a SM 3-10 type computer using the FOBOS — 2 (RT 11-V3.B) operational system.

The routine may be applied without considerable troubles to any computer using the FORTRAN programming language.