

Program testovania usporiadanosti súborov uhlových meraní na osobnom počítači

PETR BLÁHA¹, VLADIMÍR BLÁHA²

¹ Katedra geológie a mineralógie, BF VŠT, Park Komenského 15, 043 84 Košice

² Ústav pre výskum rúd, Magnezitárska 11, 042 76 Košice

(Doručené 29. 6. 1988)

Routine for testing spatial distribution pattern of angle measurement data set using personal computer

The STAT routine realizes uniformity test of a given data set, determines distribution type and the degree of preferred orientation of elements in the given set. This allows to decide the best suitable way for further processing and directly to compare the analyzed sets. The routine has been used for the processing of structural data. It is written in GBASIC language and the PP-01 personal computer was used for processing. The routine is applicable without problem to any other PC.

Úvod

Využitie výpočtovej techniky a najmä osobných počítačov v štruktúrnej geológii umožňuje doplniť klasické numericko-štatistické metódy spracovania uhlových meraní analyticko-štatistickými metódami, ktoré sa opierajú predovšetkým o poznatky vektorevej štatistiky a o analýzu charakteristických čísel matíc. Za jedno zo základných doplnení spomenutých klasických metód pokladáme testovanie súborov uhlových meraní, ktoré by podľa nášho názoru malo predchádzať každému ďalšiemu spracovaniu týchto dát. Výsledky tohto testovania nám v prvom rade umožňujú vybrať na ďalšie spracovanie analyzovaného súboru tú najvhodnejšiu metódu. Okrem toho na základe výsledkov testu môžeme jednotlivé súbory porovnávať exaktnejšie ako pomocou tektonogramov, čo bol doteraz najbežnejší spôsob. To platí najmä pre súbory s väčším počtom meraní — nad 200.

Na testovanie súborov uhlových meraní bol vypracovaný program STAT, ktorý sme využili pri analýze drobnotektonických meraní. Program je napísaný v programovacom jazyku GBASIC a spracovaný bol na osobnom počítači PP-01. Je zrejmé, že uvedený program možno bez väčších úprav využiť i v iných oblastiach geológie, resp. i v ďalších vedných disciplínach, ktoré pracujú s uhlovými meraniami v trojrozmernom priestore.

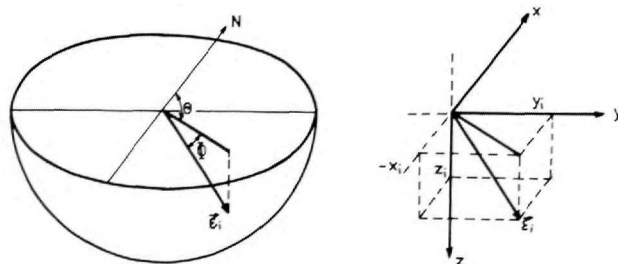
Opis použitých metód

Namerané hodnoty, ktoré pokladáme za jednotkové vektory v trojrozmernom priestore, najprv trans-

formujeme do kartézskych súradníc podľa týchto vzťahov:

$$\begin{aligned}x_i &= \cos \theta_i \cdot \cos \Phi_i \\y_i &= \sin \theta_i \cdot \cos \Phi_i \\z_i &= \sin \Phi_i\end{aligned}\quad (1)$$

kde θ_i = smer, Φ_i = sklon jednotlivých meraní. Nami zvolená orientácia kartézskeho súradnicového systému je uvedená na obr. 1.



Obr. 1. Priestorový vektor a jeho transformácia do kartézskych súradníc.

Fig. 1. Space vector and its transformation into Cartesian coordinates.

Ďalej urobíme test uniformity, ktorým určíme, či v danom súbore existuje prednostné usporiadanie — teda určitý prednostný smer v usporiadaní jednotlivých prvkov. Pre test uniformity boli v literatúre navrhnuté viaceré spôsoby, ktoré vo svojej práci podrobne analyzuje Rock (1987). My sme využili Rayleighov test (Rayleigh in Mardia, 1972), ktorý uniformitu posudzuje podľa vzťahu:

$$RB = R/N \quad (2)$$

kde N = počet meraní a R = sumárny vektor, ktorý vypočítame zo vzťahu:

$$R = [(\sum_{i=1}^N x_i)^2 + (\sum_{i=1}^N y_i)^2 + (\sum_{i=1}^N z_i)^2]^{1/2} \quad (3)$$

Uniformitu určíme porovnaním vypočítanej hodnoty RB s tabuľkovou hodnotou. Ak je vypočítaná hodnota väčšia ako tabuľková, potom na danej hladine pravdepodobnosti hypotézu o uniformite zamietame. Spolu s testom uniformity určíme ešte stupeň prednostnej orientácie daného súboru. Na jeho výpočet udáva Wallbrecher (1978) vzorec:

$$R_{\%} = \frac{2R - N \cdot 100}{N} (\%) \quad (4)$$

Táto veličina zodpovedá pojmu „tropia“, ktorý zaviedol Sander (1950) a slúži na porovnávanie jednotlivých súborov. Pri paralelne orientovaných meraniach $R_{\%} = 100$, pre rovnomerne rozložené merania $R_{\%} = 0$.

Ďalšie spracovanie súboru závisí od výsledku testu uniformity. Ak prijímame hypotézu o uniformite daného súboru, čiže v ňom nepredpokladáme prednostné usporiadanie, súbor ďalej štatisticky neanalyzujeme. V opačnom prípade pokračujeme v analýze a určíme typ rozdelenia vektorov v danom súbore. Postupujeme pritom nasledovne:

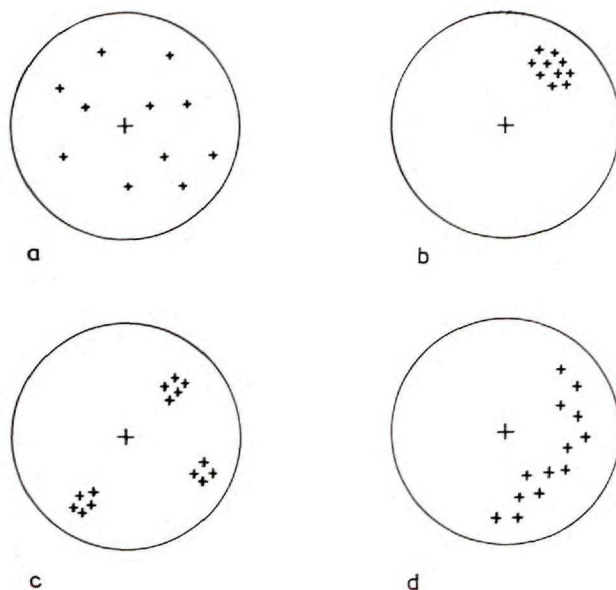
Ak $\{x_i, y_i, z_i, i = 1, 2, \dots, N\}$ sú kartézské súradnice jednotlivých meraní daného analyzovaného súboru, môžeme vytvoriť maticu

$$M = \begin{pmatrix} \sum x_i^2 & \sum x_i y_i & \sum x_i z_i \\ \sum y_i x_i & \sum y_i^2 & \sum y_i z_i \\ \sum z_i x_i & \sum z_i y_i & \sum z_i^2 \end{pmatrix}$$

ktorej charakteristické čísla λ_1, λ_2 a λ_3 (pričom platí $\lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \lambda_3$), resp. vzťahy medzi nimi determinujú typ rozdelenia vektorov v danom súbore. Vyčerpávajúco sa touto problematikou zaoberajú vo svojich prácach Mardia (1972) a Wallbrecher (1979). V našom programe sme však využili postup, ktorý navrhol Woodcock (in Griffis et al., 1985). Tento postup je relatívne jednoduchý, pritom umožňuje rozlíšiť všetky základné typy rozdelenia jednotkových vektorov na guľovej ploche. Schematické znázornenie týchto rozdelení je uvedené na obr. 2. Predpokladaný typ rozdelenia určuje spomenutý autor podľa vzťahu:

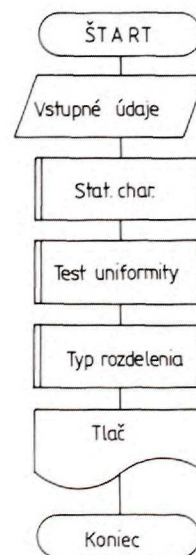
$$AK = \frac{\ln(\lambda_3/\lambda_1)}{\ln(\lambda_2/\lambda_1)} \quad (5)$$

V prípade, že $AK > 1$, ide o zhlukové rozdelenie, ak $AK < 1$, ide o pásťové rozdelenie a ak $AK = 1$, ide o prechodné pásťovo-zhlukové rozdelenie. Keďže takéto hranice pokladáme za veľmi ostré, navrhujeme pre prechodné pásťovo-zhlukové rozdelenie vyhradiť interval $AK \in (0.9; 1.1)$, čím sa zvýrazní oblasť tohto prechodného rozdelenia. Takto sme postupovali i v našom programe. Postup uvedených autorov



Obr. 2. Základné typy rozdelení vektorov na guľovej ploche. a — uniformné, b — zhlukové unimodálne, c — zhlukové polymodálne, d — pásťové.

Fig. 2. Main types of vector distribution pattern over spherical surface. a — uniform, b — unimodal cluster, c — polymodal cluster, d — zonal.



Obr. 3. Vývojový diagram programu STAT.

Fig. 3. Flow chart of the STAT routine.

umožňuje rozlíšiť unimodálne a polymodálne rozdelenie (obr. 2b, c). K tomu slúži sférická disperzia S :

$$S = \frac{N - R}{N} \quad (6)$$

Ak $S < 0.1$, ide o zhlukové unimodálne rozdelenie, ak $S \geq 0.1$, ide o zhlukové polymodálne rozdelenie.

Okrem stanovenia typu rozdelenia jednotlivých prvkov určujeme i mieru prednostného usporiadania prvkov v konkrétnom rozdelení. Na jej stanovenie udáva Griffis et al. (1985) vzorec:

$$CSTAT = \ln(\lambda_3/\lambda_1) \quad (7)$$

Ak $CSTAT \geq 6$, prvky sú usporiadané veľmi výrazne, ak $4 \leq CSTAT < 6$, prvky sú usporiadané výrazne, ak $2 \leq CSTAT < 4$, usporiadanie prvkov je mierne a napokon ak $CSTAT < 2$, ide o nevýrazné usporiadanie prvkov v danom súbore.

Vývojový diagram programu STAT je uvedený na obr. 3.

Vstupné údaje a forma výstupu

Program STAT interaktívne komunikuje s užívateľom, pričom zadávanie vstupných dát je evidentné z oznamov na termináli. Maximálny počet spracovávaných meraní v súbore je 2 500, minimálny počet nie je programovo obmedzený. Aby však bol výsledok štatisticky významný, odporúča sa spracovávať súbory s minimálne 30 meraniami.

Tlač výsledku obsahuje hlavičku so základnými údajmi o danom súbore, vstupné hodnoty, výsledok testu uniformity, stupeň prednostnej orientácie, vymedzený typ rozdelenia a mieru usporiadania prvkov v ňom. Pokiaľ bolo vymedzené zhlukové, prípadne

TAB. 1

Štatistická analýza súboru 1/P
Statistical analysis of the 1/P data set

Lokalita: Novoveská Huta. Typ štruktúrnych dát: plochy ss.

Počet meraní: 86.

Vstupné hodnoty:

152/62.	192/73.	158/71.	190/83.	204/77.	176/76.	352/62.	123/20.
12/73.	3/63.	176/76.	355/84.	9/74.	6/81.	314/64.	91/70.
199/76.	356/80.	2/79.	349/69.	184/79.	9/77.	11/86.	80/38.
181/79.	7/74.	1/86.	357/78.	349/72.	352/79.	146/24.	78/75.
126/37.	105/36.	141/30.	139/39.	126/34.	137/25.	142/46.	89/41.
120/49.	128/40.	146/34.	140/26.	94/41.	122/31.	91/50.	146/29.
103/55.	82/63.	116/62.	74/65.	91/51.	96/46.	111/51.	122/31.
105/56.	99/39.	126/31.	144/45.	142/40.	126/38.	146/50.	120/40.
141/42.	131/40.	126/70.	138/36.	135/45.	148/45.	107/50.	140/36.
120/35.	129/29.	129/46.	112/61.	134/28.	124/60.	129/46.	139/26.
121/43.	116/46.	108/68.	95/49.	113/28.	145/31.		

Charakteristické čísla:

$\lambda_1 = 3.4135$; $\lambda_2 = 15.015$; $\lambda_3 = 67.5661$

Test uniformity:

$R = 75.8226$; $R_s = 76.35$

Rozdelenie dát v súbore nie je uniformné.

Test rozdelenia dát:

$AK = 1.0153$; $CSTAT = 2.9953$.

Predpokladá sa prechodné pásmovo-zhlukové rozdelenie.

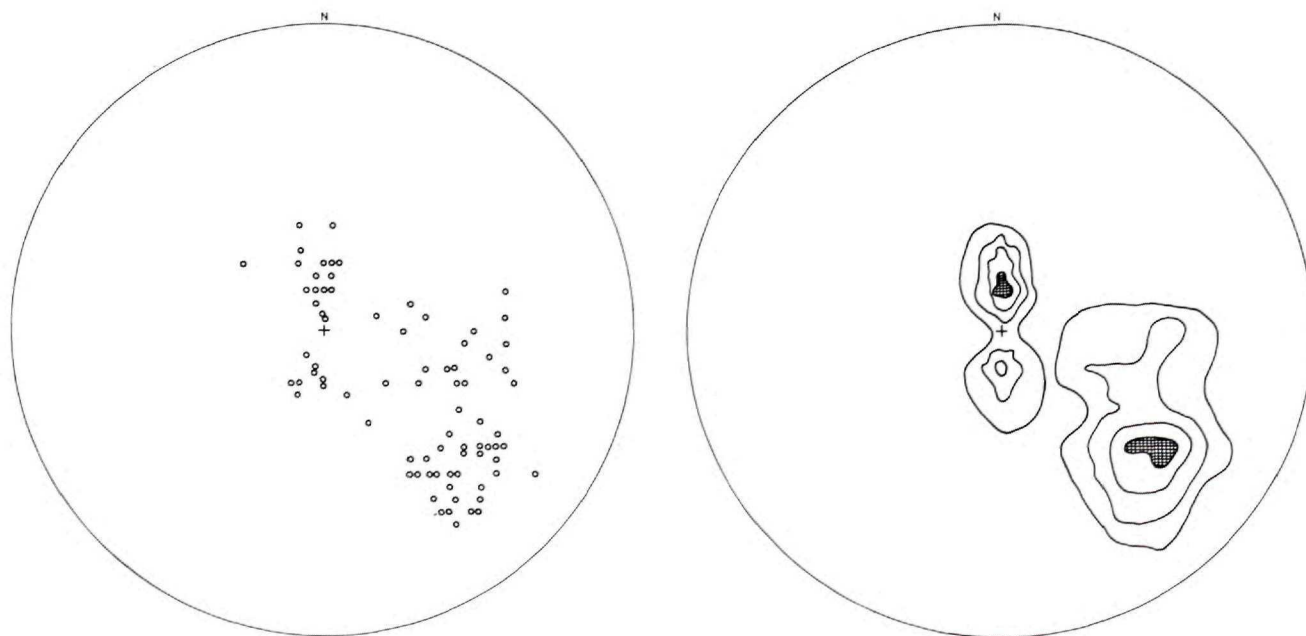
Dáta sú mierne prednostne usporiadané.

Test sférickej disperzie.

$S = 0.1182$.

Ide o polymodálne rozdelenie.

Výpočet sa robil na hladine významnosti 0.05.



Obr. 4. Bodový diagram a tektonogram (izolínie 1 — 3 — 6 — 9 %) hodnôt spracovaných v tab. 1. a — bodový diagram, b — tektonogram.
Fig. 4. Point chart and tectonogramme (isolines 1 — 3 — 6 — 9%) of the values from Tab. 1. a — point chart, b — tectonogramme.

prechodné pásmovo-zhlukové rozdelenie, tlač výsledku obsahuje i sférickú disperziu a informáciu, či ide o unimodálne, resp. polymodálne rozdelenie. Nakoniec je vytlačená hladina významnosti, na ktorej sa robil výpočet. Výstup je orientovaný na riadkovú tlačiareň. Pri bežne spracovávaných súboroch (do 1 000 meraní) trvá výpočet maximálne 2 minúty.

Príklad výstupu programu STAT uvádza tab. 1. Analyzovali sa plochy vrstevnatosti v širšom okolí Novoveskej Huty. Kvôli porovnaniu sú vstupné hodnoty vynesené i v bodovom diagrame a tektonograme (obr. 4).

Záver

Štatistické testovanie súborov uhlových premených by malo byť podľa nášho názoru prvou fázou ich vyhodnotenia. Na základe neho navrhujeme vybrať ďalšiu vhodnú metódu spracovania analyzovaného súboru. Prvoradý význam má pritom vymedzený typ rozdelenia dát. Ak bolo vymedzené zhlukové unimodálne rozdelenie, je najvhodnejšou metódou ďalšieho spracovania konštrukcia tektonogramov. Pri pásmovom rozdelení je vhodné súbory ďalej spracovávať v bodových diagramoch s vynesením π -pólu a π -oblúku. V prípade, že testovaním bolo stanovené

prechodné pásmovo-zhlukové alebo zhlukové polymodálne rozdelenie, navrhujeme pri ďalšom spracovaní využiť metódy združovacej analýzy (Bláha, 1987).

Literatúra

- Bláha, P. 1987: Združovanie uhlových meraní na počítači. *Miner. slov.*, 19, 85—89.
- Griffis, R. A., Gustafson, S. J., Adams, H. G. 1985: PETFAB: User-considerate FORTRAN-77 program for the generation and statistical evaluation of fabric diagrams. *Comp. and Geosci.*, 11, 369—408.
- Mardia, K. V. 1972: Statistics of directional data. *New York, Academic Press*, 357 s.
- Rock, N. M. S. 1987: ANGLE: A FORTRAN-77 package to perform one-sample uniformity tests, two- and multisample tests on two-dimensional orientation data. *Comp. and Geosci.*, 13, 185—208.
- Sander, B. 1950: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. I., II. Teil. *Wien, Springer Verlag*, 409 s.
- Wallbrecher, E. 1978: Ein Cluster-Verfahren zur richtungsstatistischen Analyse tektonischer Daten. *Geol. Rdsch.*, 67, 840—857.
- Wallbrecher, E. 1979: Methoden zum quantitativen Vergleich von Regelungsgraden und -formen struktureologischer Datenmengen mit Hilfe von Vektorstatistik und Eigenwert Analyse. *Neu. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 159, 113—149.
- Wallbrecher, E. 1986: Tektonische und gefügeanalytische Arbeitsweisen. *Stuttgart, F. Enke Verlag*.
- Rajlich, P. 1980: Analýza orientovaných dat v geológii. *Praha, ÚÚG*.

Routine for testing spatial distribution pattern of angle measurement data set using personal computer

The article introduces statistical tests of angle measurement data sets which should represent the first phase of structural interpretation. Angle measurement data are assumed to represent unite vectors in three-dimensional space (Fig. 1). The test uses vector statistics and the analysis of characteristic matrix numbers.

The Rayleigh's uniformity test (Rayleigh in Mardia, 1978) is realized as the first step and then the degree of set preferred orientation is evaluated (Wallbrecher, 1978). In the case that the hypothesis of uniformity is rejected, the distribution pattern and the degree of preferred orientation in this pattern are computed (Griffis et al., 1985).

According to the results of this testing the further suitable method of processing is decided or an exact comparison is made between the single data sets what is better than the hitherto used visual comparison of tectonograms.

The computerized solution uses the STAT routine written for this task. The flow chart is indicated in Fig. 3. The routine is written in GBASIC and used the PP-01 personal computer. Computed data sets represented megascopic structural data but it may be successfully applied also in any other branch of geology, or even in other scientific research, for the evaluation of angle measurement data.