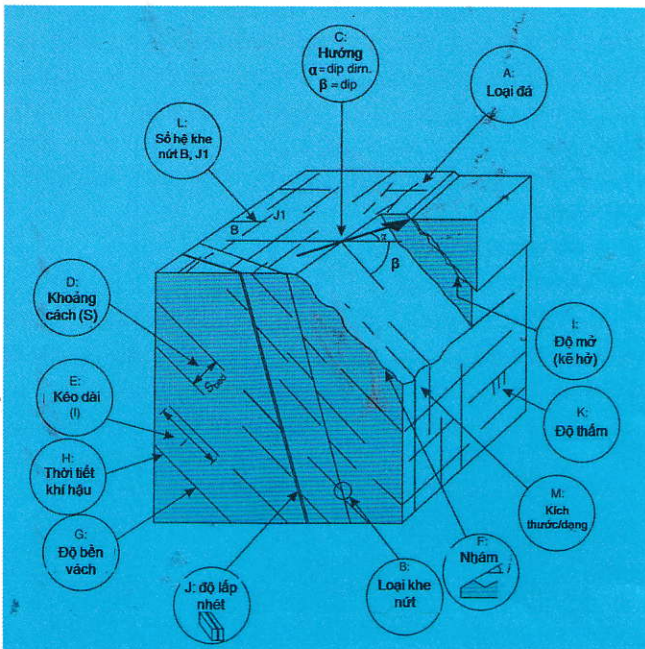


# MÔ PHÒNG MÔI TRƯỜNG KHỐI ĐÁ NỨT NỀ BẰNG THUẬT TOÁN NGẪU NHIÊN ĐỂ ĐÁNH GIÁ MẤT ỔN ĐỊNH SƯỜN DỐC, BỜ MỎ

NGUYỄN ANH TUẤN - Trường Đại học Mỏ-Địa chất  
NGUYỄN TUẤN ANH - Công ty CP TVKSTKXD Mỏ-Địa chất

## 1. Giới thiệu chung

Đá là môi trường đặc biệt vì nó là môi trường liên tục, gián đoạn; đẳng hướng, không đẳng hướng; bền vững, kèm bền vững đan xen nhau phức tạp và luôn tồn tại sự nứt nẻ. Đó chính là một trong những nguyên nhân quan trọng, chủ yếu làm cho môi trường đá trở nên đa dạng và phức tạp. Do đó, nghiên cứu đặc điểm khe nứt của đá có ý nghĩa quan trọng trong quá trình khai thác mỏ.



H.1. Đặc tính của khối đá (Ducan C. Wyllie, 1999)

Chúng ta gọi những khe nứt tự nhiên là những mặt phẳng hoặc cong tồn tại và chia tách khối đá đồng nhất thành các khối. Mỗi khe nứt được định nghĩa là "tất cả các gián đoạn cơ học và độ bền tách nhỏ trong khối đá" (Priest 1993). Khe nứt có thể hình thành tự nhiên do hoạt động kiến tạo và lịch sử hình thành địa chất và cấu trúc khu vực

hoặc nhân tạo, được tạo ra bởi các hoạt động của con người như quá trình khoan nổ, xúc bốc trong khối đá. Các thông số đặc trưng của khe nứt trong khối đá được thể hiện trên hình H.1. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng và thống nhất thuật ngữ "gián đoạn", "nứt nẻ" hoặc "khe nứt" trong các mô tả và sử dụng trong tính toán thiết kế tương ứng với các kích thước mở rộng của nó từ centimét đến hàng mét ứng dụng trong các điều kiện mỏ địa chất.

Trong thực tế, để xác định vị trí một khe nứt thường chỉ cần xác định góc phương vị hướng dốc ( $\alpha$ ) và góc dốc ( $\beta$ ). Có thể sử dụng la bàn đo trực tiếp các thông số ngoài hiện trường, hình H.1.c. Các quan sát và khảo sát khe nứt trên một khu vực nào đó thường được thực hiện dọc theo một tuyến khảo sát trên bề mặt theo các hướng khác nhau, vết lộ địa hình, vách đá trên sườn dốc của khu vực khai thác, hoặc bắt đầu từ hướng của khe nứt của lõi lỗ khoan thăm dò, hoặc phân tích từ các ảnh bề mặt địa hình, sườn tầng. Trong thực tế tại mỗi khu vực nghiên cứu xác định, chúng ta không thể thu thập hết và chính xác tất cả các khe nứt cũng như đủ những đặc điểm khe nứt của khối đá do tính phức tạp và không rõ ràng điều kiện địa chất; phương pháp thu thập số liệu. Do đó, việc thu thập số liệu đủ lớn và xử lý số liệu khe nứt đảm bảo độ chính xác đóng vai trò quan trọng và quyết định đến độ tin cậy trước khi phân tích rủi ro mất ổn định của bờ mỏ. Trong các phần dưới chúng tôi sẽ giới thiệu các phương pháp phân tích dữ liệu khe nứt và mô phỏng ngẫu nhiên mô hình khối đá và kết quả áp dụng đánh giá rủi ro mất ổn định sườn dốc và bờ mỏ cho mỏ đá Ninh Dân.

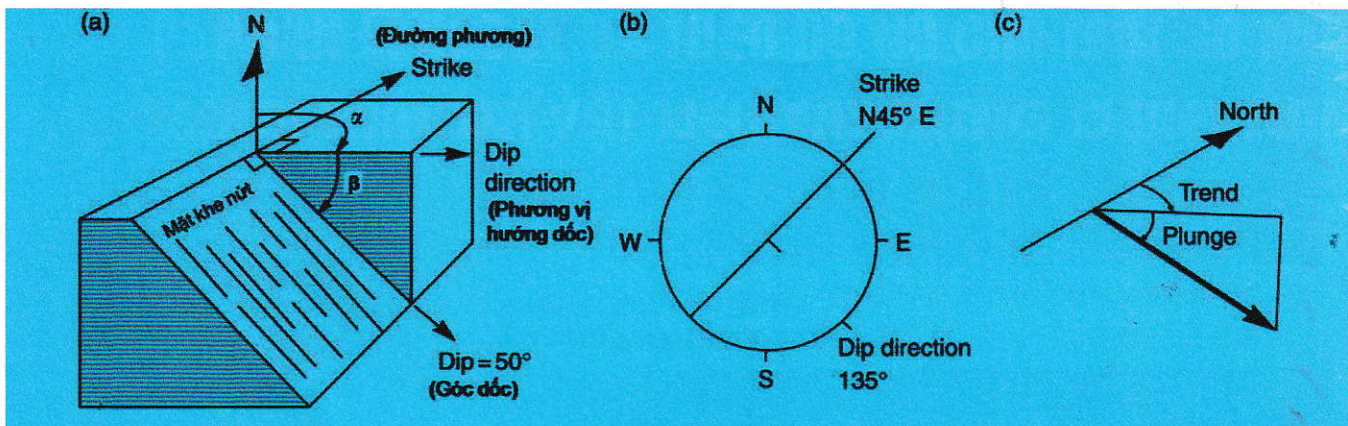
## 2. Các thông số của môi trường không liên tục và các mô hình nứt nẻ

### 2.1. Các thông số cơ bản của khe nứt

Môi trường không liên tục được đặc trưng bởi

những khe nứt, hệ khe nứt và các thông số đặc trưng. Trong khối đá nứt nẻ, thể nằm của khe nứt

được xác định (H2) là những thông số để xác định vị trí của nó trong không gian.



H.2. Thuật ngữ về kích thước hình học định nghĩa hướng của mặt phẳng khe nứt: a - Hướng của một mặt phẳng khe nứt: góc dốc (dip  $\beta$ ) và góc phương vị hướng dốc (dip direction  $\alpha$ ); b - Biểu diễn mặt của khe nứt (trên lưới chiếu Wulff hoặc Schmidt); c - Hướng của đường (góc cắm-plunge và đường phương-trend)

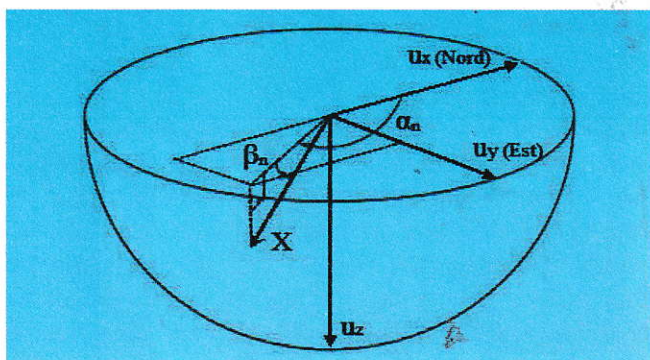
Các khe nứt có thể được biểu diễn bởi các vectơ pháp tuyến hoặc trục của hướng khe nứt ( $\alpha_n$ ,  $\beta_n$ ). Chúng ta có thể xác định ( $\alpha_n$ ,  $\beta_n$ ) từ giá trị ( $\alpha_d$ ,  $\beta_d$ ) theo mối quan hệ sau:

$$\alpha_n = \alpha_d \pm 180^\circ \quad (1)$$

$$\beta_n = 90^\circ - \beta_d, \quad 0^\circ \leq \beta_n < 90^\circ \quad (2)$$

Trong đó:  $\alpha_d$  - Phương vị hướng dốc (dip direction) và  $\beta_d$  là góc dốc (dip).

Mặt khe nứt có thể biểu diễn bởi các vectơ pháp tuyến đơn vị trong hệ trục tọa độ đề các  $X(u_x, u_y, u_z)^T$  (H3).



H.3. Biểu diễn vectơ pháp tuyến đơn vị mặt khe nứt trong hệ thống tọa độ đề các (Jimenez-Rodriguez & Sitar, 2006)

Mối liên hệ giữa hệ tọa độ Đề Các và các góc biểu diễn hướng của khe nứt được xác định như sau, Priest (1993):

$$\begin{cases} u_x = \cos \alpha_n \cos \beta_n \\ u_y = \sin \alpha_n \cos \beta_n \\ u_z = \sin \beta_n \end{cases} \quad (3)$$

2.2. Hệ khe nứt

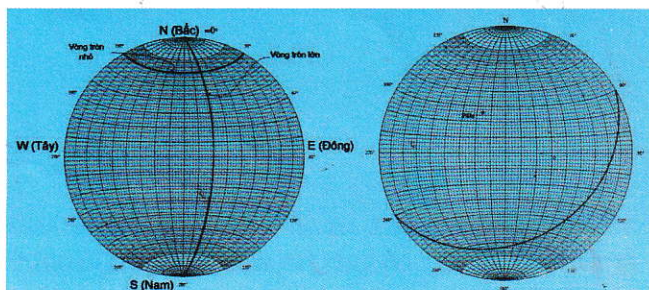
Một hệ khe nứt là tập hợp cấu trúc của các khe nứt có cùng nguồn gốc cũng như đặc điểm nứt nẻ và hướng tương đương, H5.

a. Phân bố hướng của hệ khe nứt

Nếu trong một hệ khe nứt có M khe nứt. Mặt khe nứt thứ i có vectơ pháp tuyến  $n_i$  tương ứng với hướng  $\alpha_{ni}$  và góc dốc  $\beta_{ni}$  và trong hệ trục tọa độ đề các  $X(n_{xi}, n_{yi}, n_{zi})$ . Tổng vectơ pháp tuyến là  $r_n$  với  $r_{xn} = \sum n_{xi}$ ,  $r_{yn} = \sum n_{yi}$  và  $r_{zn} = \sum n_{zi}$ . Từ đó ta xác định được hướng trung bình của hệ khe nứt theo biểu thức sau:

$$\begin{aligned} \alpha_n &= \arctan(r_{xn}/r_{yn}) + Q. \\ \beta_n &= \arctan(r_{zn}/(r_{xn} + r_{yn})^{0.5}) \end{aligned} \quad (4)$$

Với  $Q=0^\circ$  nếu  $r_{xn} \geq 0$  và  $r_{yn} \geq 0$ ;  $Q=180^\circ$  nếu  $r_{xn} < 0$  và  $r_{yn} \geq 0$  hoặc  $r_{xn} < 0$  và  $r_{yn} < 0$ ;  $Q=360^\circ$  nếu  $r_{xn} \geq 0$  và  $r_{yn} < 0$ .

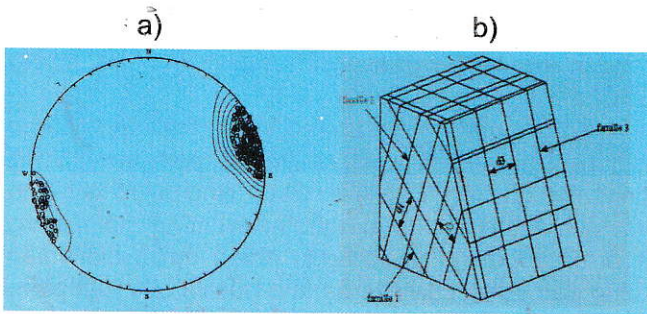


H.4. Phép chiếu trên lưới chiếu Schmidt (bên trái) và một mặt khe nứt có góc hướng vị  $\alpha_d=60^\circ$ , góc cắm  $\beta_d=30^\circ$  ký hiệu (60, 30) trên lưới chiếu (bên phải)

Xác suất  $P(\theta)$  là giá trị hướng của một khe nứt được chọn ngẫu nhiên trong một tập hợp tạo một góc

trong khoảng  $\theta$  và  $\theta+d\theta$  với giá trị hướng trung bình của hệ khe nứt phân bố như sau, (Priest, 1993):

$$P(\theta) = \frac{K \sin(\theta)}{e^K - e^{-K}} e^{K \cos\theta} d\theta \quad (5)$$



H.5. Phép chiếu Wulff trên bán cầu dưới với 195 khe nứt, hướng trung bình của hệ khe nứt (6,71) (a); 3 hệ khe nứt trên mô hình 3D. (b) Hadj-hassen (2000), Nguyen A.T (2015)

Với K là hệ số Fisher. Hệ số này có thể ước lượng suất phát từ tập hợp các khe nứt trong hệ như sau:

$$K \approx \frac{M}{M - |r_n|} \quad (6)$$

Chúng ta có thể tính xác suất hướng của hệ khe nứt trong khoảng góc từ  $\theta_1$  và  $\theta_2$ :

$$P(\theta_1 < \theta < \theta_2) = \frac{e^{K \cos\theta_1} - e^{K \cos\theta_2}}{e^K - e^{-K}} \quad (7)$$

Nếu  $\theta_1=0$ , chúng ta có:

$$P(<\theta) = \frac{e^K - e^{K \cos\theta}}{e^K - e^{-K}} \quad (8)$$

Với giá trị K lớn, biểu thức (8) có thể xác định như sau:

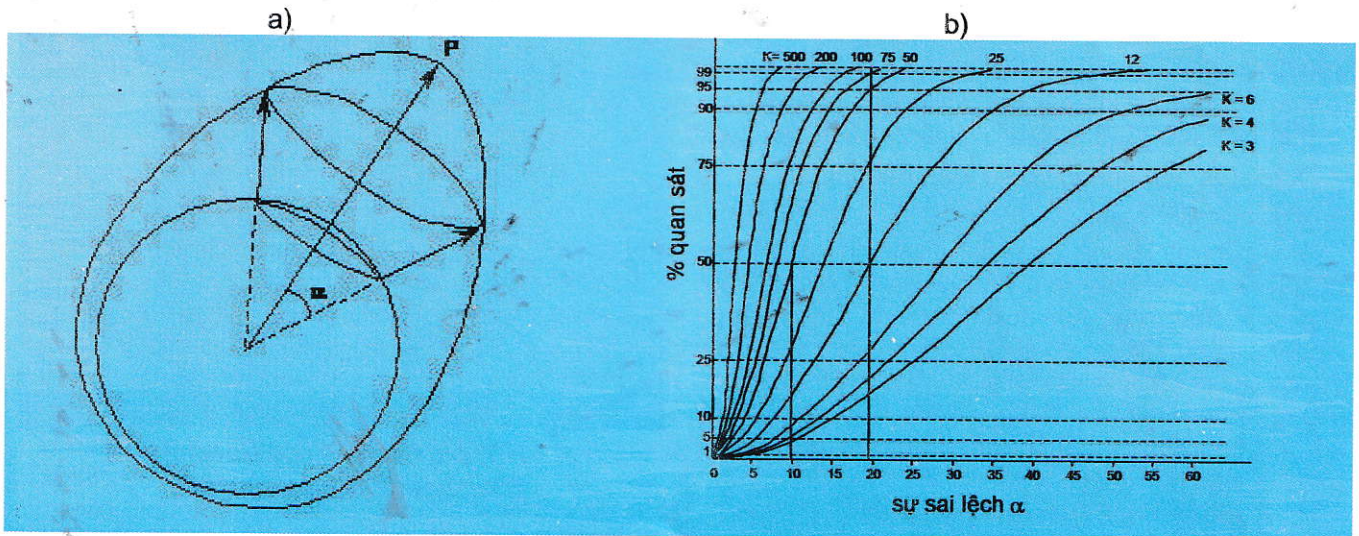
$$P(<\theta) \approx 1 - e^{K(\cos\theta - 1)} \quad (9)$$

Xác định các khoảng tin cậy, Fisher đưa ra cách diễn đạt xác suất của một giá trị tổng vector  $r_n$  nhỏ hơn một góc  $\theta$  với hướng trung bình của phân bố là:

$$P_r(<\theta) \approx 1 - \left[ \frac{M - |r_n|}{M - |r_n| \cos\theta} \right]^{M-1} \quad (10)$$

Với giá trị K lớn, chúng ta có:

$$P(<\theta) \approx 1 - e^{K|r_n|(\cos\theta - 1)} \quad (11)$$



H.6. Phân bố Fisher trên mặt cầu: a - Hàm mật độ xác suất trên mặt cầu với  $\alpha$  góc hợp bởi trục của phân bố; b - Hàm mật độ phân bố theo giá trị độ phân tán K và góc  $\alpha$  (Mardia, 1972)

Trong khối đá nứt nẻ thông thường tồn tại một hoặc nhiều hệ khe nứt phân bố trong không gian khối đá. Hướng của hệ khe nứt có thể phân bố theo quy luật phân bố Fisher trên mặt cầu với một hàm mật độ xác suất như trên hình H.6.

Ví dụ: với giá trị  $K=50$  xác suất  $P=95\%$  tương ứng  $\alpha=20^\circ$  và với xác suất  $P=5\%$  thì  $\alpha=10^\circ$ . Nghĩa là với 95% các vector pháp tuyến biến thiên một góc  $20^\circ$  xung quanh giá trị vector trung bình của hệ khe nứt. Nếu K là một giá trị lớn ( $K>000$ ), với góc  $\alpha$  rất nhỏ và các mặt khe nứt trong họ gần như song song với nhau.

**b. Độ chéo góc giữa tuyến khảo sát thu thập số liệu với các khe nứt**

Hướng chéo góc ( $\delta$ ) giữa tuyến khảo sát (scanline) thực hiện các phép đo thu thập khe nứt với các khe nứt cắt tuyến này cùng mức, các khe nứt cần hiệu chỉnh góc  $\delta$  để xác định khoảng cách giữa các khe nứt trong cùng một hệ.

Nếu coi mặt phẳng khe nứt có hướng vector pháp tuyến  $\alpha_n$  và góc dốc  $\beta_n$  và mặt A. Xác suất,  $P_s$  với tuyến khảo sát có hướng  $\alpha_s$  và góc cắm  $\beta_s$  cắt mặt phẳng khe nứt với tỉ lệ là  $A_s$  với phép chiếu A trên mặt phẳng pháp tuyến với tuyến khảo sát thì:

$$A_s = (A \cdot \cos \delta) \quad (12)$$

Với  $\delta$  là góc giữa vectơ pháp tuyến của mặt khe nứt và tuyến khảo sát. Giá trị  $\delta$  được xác định theo biểu thức sau:

$$\delta = |\cos(\alpha_n - \alpha_s) \cos \beta_n \cos \beta_s + \sin \beta_n \sin \beta_s| \quad (13)$$

Xác suất lớn nhất tương ứng  $\delta=0^\circ$  (tuyến khảo sát vuông góc với mặt của khe nứt) và xác suất nhỏ nhất với  $\delta=90^\circ$  (tuyến khảo sát song song với mặt khe nứt).

**c. Tần số xuất hiện các khe nứt trên tuyến khảo sát**

Quá trình hình thành các khe nứt trong khối đá thường rất phức tạp và giao cắt lẫn nhau. Khi tiến hành thực hiện các phép đo thu thập số liệu khe nứt, thông thường chúng ta coi sự giao cắt giữa khe nứt và tuyến khảo sát (scanline) là một hiện tượng ngẫu nhiên.

Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng hiện tượng này thường tuân theo phân bố Poisson. Nếu là phân bố các khe nứt với tần số  $\lambda$ , thì xác suất  $P(k,x)$  cho chúng ta biết chính xác  $k$  sự kiện (ở đây là sự giao cắt giữa tuyến khảo sát với các khe nứt) sinh ra dạng khoảng cách chiều dài  $x$  trên tuyến, nó được xác định là:

$$P(k,x) = \frac{e^{-\lambda x} (\lambda x)^k}{k!} \quad (14)$$

Xác suất nếu không có sự kiện nào thì:

$$P(k,x) = e^{-\lambda x} \quad (15)$$

Với cùng lý do với quá trình Poisson có thể tạo ra hai kích thước về mật độ mặt và kể tới các sự kiện xuất hiện các khe nứt như các mặt phẳng. Khoảng cách khi đó có chiều dài  $x$  được thay thế và coi như khoảng cách giữa các mặt khe nứt. Trong không gian ba chiều, chúng ta sử dụng chỉ số mật độ thể tích, chi tiết nội dung này được giới thiệu ở mục dưới đây.

**d. Khoảng cách giữa các khe nứt**

Khoảng cách giữa các khe nứt là khoảng cách  $X_t$  giữa hai lần cắt liên tiếp của các khe nứt với đường thẳng tuyến khảo sát. Xác suất của  $X_t$  được coi là giá trị lớn nhất  $x$  với xác suất là không có khe nứt nào không cắt đoạn tuyến với giá trị chiều dài  $x$ .

$$P(X_t > x) = P(0,x) = e^{-\lambda x} \quad (16)$$

$$P(X_t \leq x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad (17)$$

Hàm mật độ xác suất về khoảng cách giữa các khe nứt một cách tổng quát là:

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad (18)$$

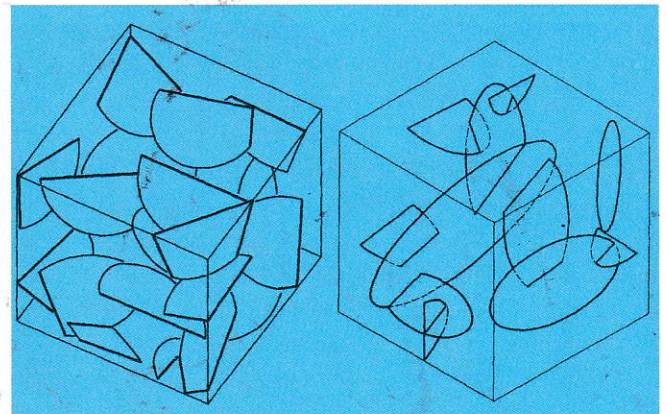
Thực chất đây là một hàm mũ lũy thừa âm với giá trị khoảng cách trung bình bằng  $1/\lambda$  (với  $\lambda$  là tần số tuyến tính). Phép đo khoảng cách thông thường chéo góc, tức là giá trị khoảng cách phụ thuộc vào sự kéo dài của các khe nứt và lệch một

góc so với tuyến khảo sát lấy mẫu (scanline) một góc  $\delta$ . Do đó, cần tìm giá trị khoảng cách thật là đường thẳng vuông góc giữa 2 mặt khe nứt liên tiếp trong cùng một hệ khe nứt và xác định theo biểu thức sau:

$$X_n = X_t \cos(\delta) \quad (19)$$

**2.3. Mô hình ngẫu nhiên mạng khe nứt trong khối đá**

Ứng dụng trong ngành mỏ và cơ học đá các khe nứt và hệ khe nứt đóng vai trò rất quan trọng trong phân tích ổn định. Các khe nứt thường được xác định với vị trí chính xác hoặc ngẫu nhiên trong môi trường khối đá. Phương pháp ngẫu nhiên được biểu diễn bằng đặc trưng của các hệ khe nứt và quy luật phân bố thống kê về hướng, khoảng cách và độ kéo dài của hệ khe nứt. Các dạng hình học của khe nứt có thể là các mặt không xác định, ellíp, đĩa,... hình thành trong quá trình hoạt động lịch sử địa chất. Mô hình khe nứt dạng đĩa của Baecher et al. (1978) dựa trên giả thuyết về bán kính và kích thước của đĩa trên hình H7, nó được phát triển và ứng dụng rộng rãi trong ngành mỏ và cơ học đá.



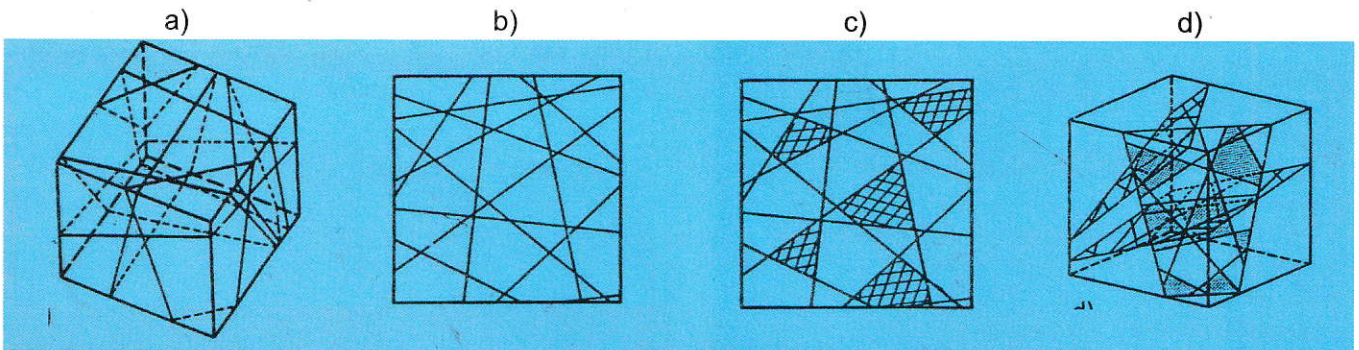
H.7. Mô hình đĩa của Baecher (Dershowitz & Einstein 1988)

Hướng của khe nứt được định nghĩa theo quy luật phân bố Fisher. Độ kéo dài của khe nứt được định nghĩa bằng bán kính của đĩa theo cách xác định chính xác cho tất cả các khe nứt.

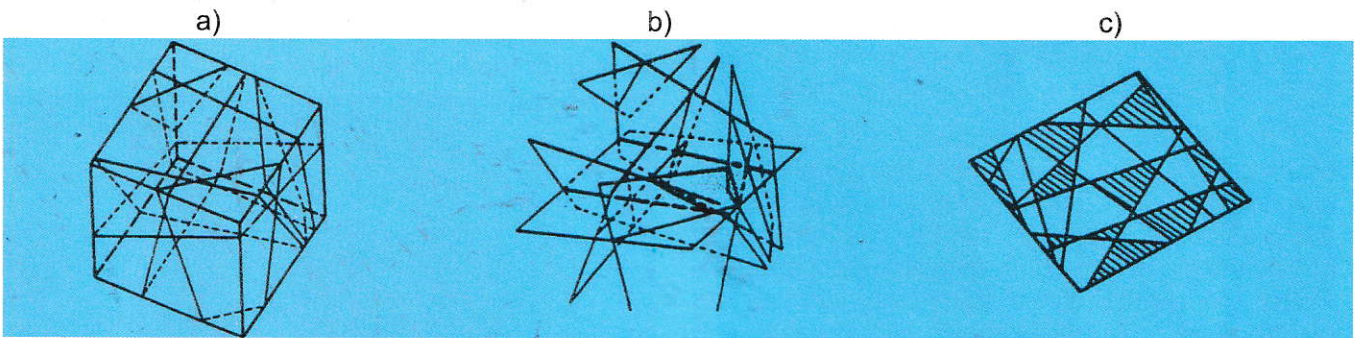
Mô hình được Dershowitz & Einstein (1988) phát triển và sử dụng các phân bố hàm mũ và log-normal trong định nghĩa bán kính của các khe nứt dạng đĩa.

Mô hình Veneziano (H8) được phát triển trên cơ sở các mặt và các đường thu thập số liệu theo quy luật Poisson. Mô hình này được phát triển trên các phân bố uniforme về hướng của các khe nứt (Priest & Hudson 1976).

Mô hình sử dụng phân bố mũ với khoảng cách giữa các khe nứt trong hệ và chiều dài của các khe nứt (Dershowitz & Einstein 1988).



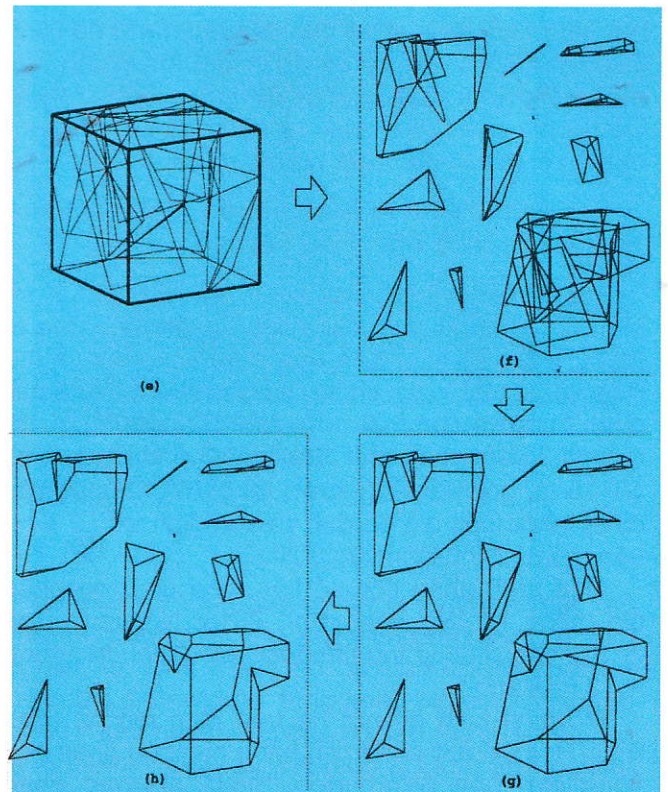
H.8. Mô hình Veneziano: a - Quá trình sơ cấp (mạng các mặt theo phân bố Poisson trong không gian 3D); b và c - Các quá trình thứ cấp (quá trình phân bố Poisson 2D với các đa giác tạo thành từ các khe nứt); d - Mô hình khe nứt 3D (Dershowitz & Einstein 1988)



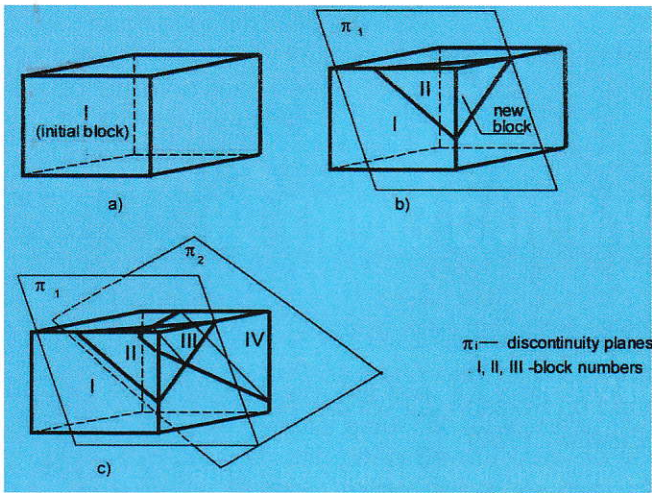
H.9. Mô hình Dershowitz: a và b - Các quá trình sơ cấp (các mặt được tạo theo quá trình Poisson 3D và các đường khảo sát Poisson được hình thành cắt ngẫu nhiên); c - Quá trình thứ cấp hình thành các đa giác kín từ các hệ khe nứt

Mô hình Dershowitz (1979) được phát triển từ mô hình Veneziano (H.9). Mô hình được phát triển từ 2 quá trình. Quá trình sơ cấp là mạng mặt theo phân bố Poisson được tạo ra trong không gian phân bố uniform về hướng giống trong mô hình Veneziano. Quá trình thứ cấp bao gồm các phần quá trình tập hợp các đa giác kín được tạo bởi các khe nứt tồn tại trong khối đá (Dershowitz & Einstein 1988).

Mô hình nhận diện kết hợp địa hình (topological identification) sử dụng phương pháp giới thiệu biên giới các mặt khối. Tất cả các khối được biểu diễn đồng thời. Phương pháp này được phát triển bởi nhiều nhà khoa học như (Lin et al. 1987; Jing 2000; Lu 2002). Thuật toán cho phép nghiên cứu các khối thông số hình học khác nhau: khối lồi hoặc lõm với các mặt bất kỳ. Trên hình H.10 biểu diễn ví dụ đơn giản quá trình tạo các khối. Mô hình các phân tử rời rạc (DFN) được phát triển từ rất sớm, nó là phương pháp chia nhỏ không gian từ các mặt phẳng được phát triển đầu tiên bởi Warburton (1983) và sau đó là Heliot (1988). Các khe nứt được hình thành theo một trật tự xác định. Các miền ban đầu được chia thành 2 hoặc nhiều khối bởi một hay một hệ khe nứt (Jing 2003; Jing 2000; Heliot 1988), hình H.11.



H.10. Quá trình tạo các khối và xử lý các khe nứt trong môi trường khối đá (Lu, 2002)



H.11. Quá trình chia cắt không gian ban đầu tạo môi trường không liên tục (Jing, 2000)

Các hệ khe nứt được định nghĩa bằng các phương pháp thống kê về hướng trung bình của hệ khe nứt (góc cắm, góc phương vị hướng dốc) và thông số K biểu diễn độ phân tán của hướng khe nứt quanh giá trị trung bình theo phân bố Langevin-Fisher; giá trị khoảng cách trung bình giữa các khe nứt trong hệ; quy luật phân tán của khoảng cách này và các thông số biểu diễn độ phân tán.

Trong bài báo này, chúng tôi vận dụng và phát triển các phương pháp mô hình trên để xây dựng mô hình khối đá nứt nẻ cho điều kiện mỏ đá Ninh Dân, Phú Thọ. Trên cơ sở đó chúng tôi nghiên cứu mô phỏng môi trường khối đá nứt nẻ bằng thuật toán ngẫu nhiên, kết quả áp dụng đánh giá rủi ro mất ổn định sườn dốc và bờ mỏ đá Ninh Dân.

**3. Đánh giá rủi ro mất ổn định các tầng trên mỏ đá Ninh Dân, Phú Thọ**

Mỏ đá Ninh Dân nằm cách Hà Nội 70 km về phía Bắc. Mỏ phục vụ cung cấp đá cho nhà máy xi măng Sông Thao. Trong quá trình khảo sát và thu thập số liệu trên mỏ, chúng tôi ghi nhận 55 khe nứt quan trọng và các mặt trượt trên 2 nhóm tầng của mỏ, H12. Các tầng khai thác có chiều cao từ 10÷15 m, góc nghiêng sườn tầng 75°. Các số liệu được nhóm tác giả đo đạc và xác định trên 2 tầng trên mỏ đá Ninh Dân vào 8/2013.

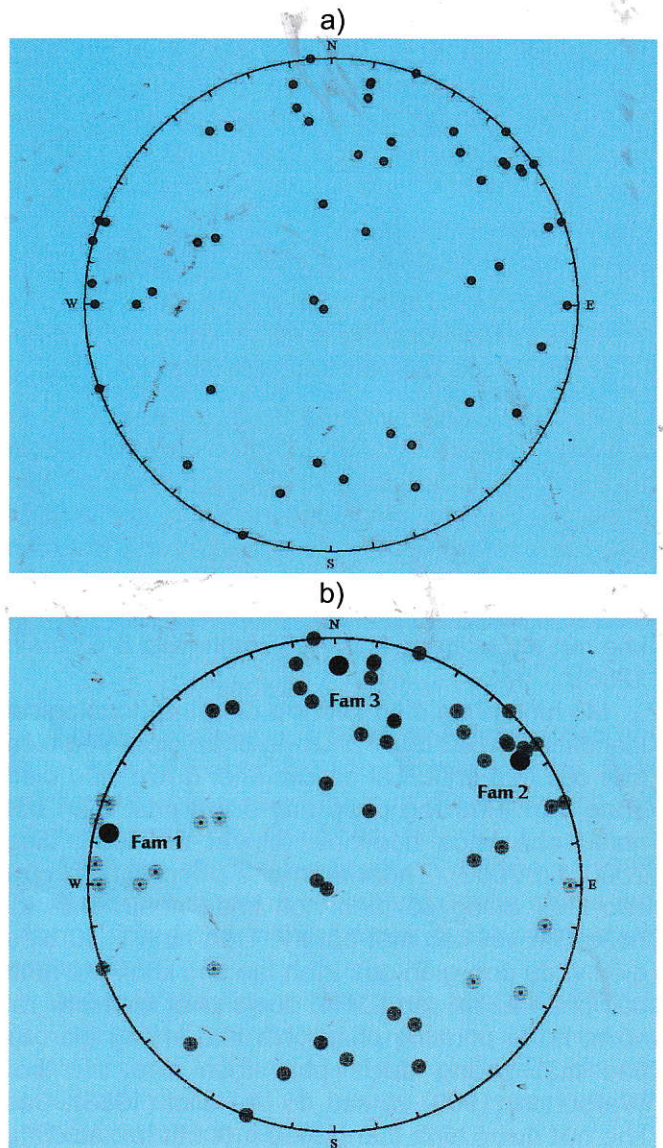
Quá trình phân tích số liệu theo phương pháp địa thống kê (Nguyen et al. 2016; Nguyen et al. 2014), các kết quả thu được biểu diễn trên hình H.13 và Bảng 1.

Mô hình khối đá nứt nẻ trên tầng mỏ đá Ninh Dân (H14), được phân tích bằng phương pháp cân bằng giới hạn (Warburton 1983), phương pháp phân tích và mô hình ngẫu nhiên với 100 mô phỏng bằng phần mềm mã nguồn mở RESOBLOK

(Nguyen et al. 2016; Nguyen et al. 2014; Heliot 1988). Mô hình ngẫu nhiên với khả năng rủi ro sụt lở lớn nhất với mô hình thứ 35, H.15.



H.12. Hình ảnh vùng nghiên cứu (a) và trên tầng (b) mỏ đá Ninh Dân, Phú Thọ



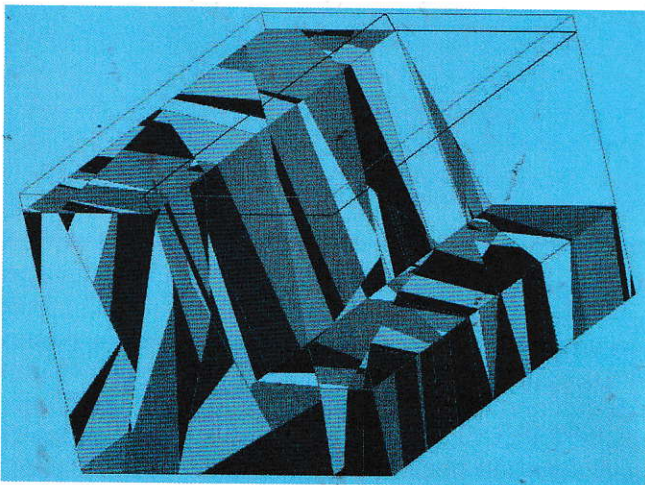
H.13. Dữ liệu các khe nứt của mỏ Ninh Dân (a) và kết quả nhóm thành 3 hệ khe nứt chính (b)

Bảng 1. Các thông số của 3 hệ khe nứt trên mỏ đá Ninh Dân, Phú Thọ

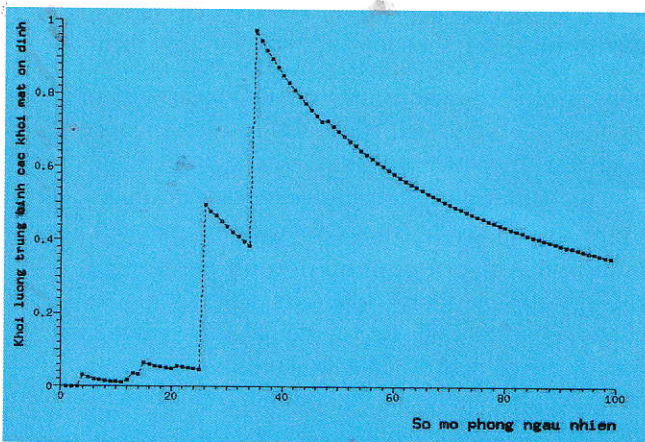
Các thông số		Hệ khe nứt		
		Fam1	Fam2	Fam3
Phương pháp phân nhóm khe nứt bằng thuật toán Spectrale (Nguyen et al. 2014)	Số khe nứt: $N_d$	15	15	25
	Tỷ lệ: $N_{pc}$ , %	27.27	27.27	45.45
	Góc phương vị: $\alpha_d$	241	84	197
	Góc cắm: $\beta_d$	80	83	81
	Hệ số Fisher: $K_f$	32.68	13.25	5.26
Khoảng cách giữa các khe nứt trong hệ		Phân bố mũ, $\lambda=0.3$	Phân bố mũ, $\lambda=0.15$	Phân bố mũ, $\lambda=1$

Kết quả phân tích với khối lượng, vị trí các khối mất ổn định có thể xảy trên tầng biểu diễn trên hình H.16 với 4 khối mất ổn định, tổng khối lượng mất ổn định 20,9 m<sup>3</sup>, giá trị trung bình khối mất ổn định 5,23 m<sup>3</sup>.

a)

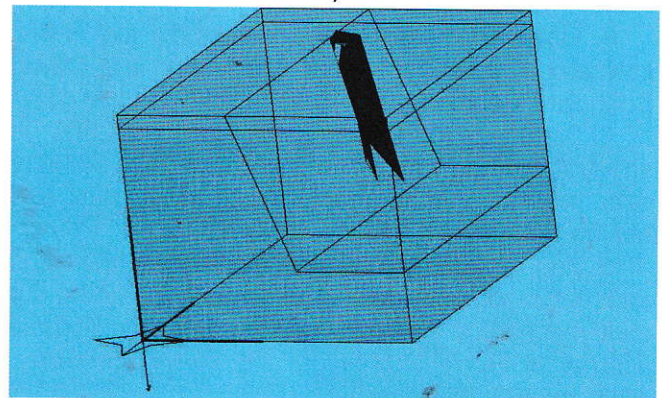


b)

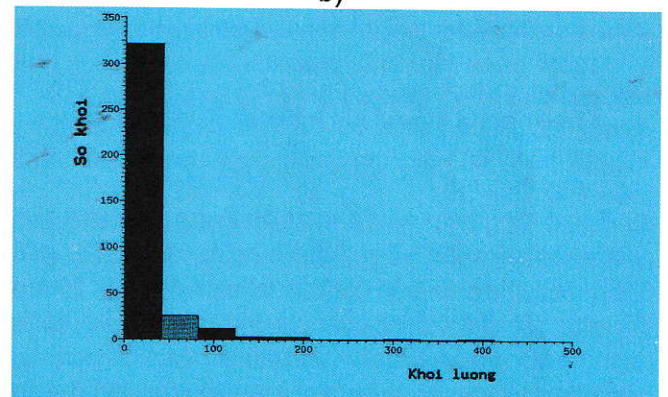


H.14. Mô hình khối đá nứt và hệ khe nứt (a); 100 mô phỏng ngẫu nhiên với lượng trung bình các khối mất ổn định tương ứng từng mô phỏng (b)

a)



b)



H.15. Phân bố các khối mất ổn định trên tầng (a); phân bố kích thước khối trong mô hình ngẫu nhiên số 35 (b)

#### 4. Kết luận

Bài báo đã trình bày cơ sở lý thuyết và các mô hình mô phỏng hệ khe nứt trong môi trường khối đá nứt nẻ. Các thông số cơ bản về hệ khe nứt được xác định và vận dụng trong phương pháp mô phỏng ngẫu nhiên. Từ các số liệu thực tế trên mỏ đá lộ thiên, chúng tôi mô hình 3D khu vực nghiên cứu ở phạm vi tầng và xác định được mô hình ngẫu nhiên có khả năng rủi ro xảy ra mất ổn định sụt lở trên tầng của mỏ đá Ninh Dân. Kết quả phân

tích ổn định bằng phương pháp ngẫu nhiên với điều kiện cân bằng giới hạn chỉ rõ vị trí, khối lượng và khối lượng trung bình các khối mất ổn định trên tầng. Với kết quả đó, chúng tôi sẽ tiếp tục nghiên cứu, áp dụng cho các điều kiện tương tự và trong phân tích rủi ro cho các mỏ đá có điều kiện địa hình núi cao có rủi ro về mất ổn định. □

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Dershowitz, W.S. & Einstein, H.H., 1988. Characterizing rock joint geometry with joint system models. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 21(1), pp.21–51.
2. Hadj-hassen, F., 2000. Fissurat naturelle, Paris, France.
3. Heliot, D., 1988. Generating a blocky rock mass. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 25(3), pp.127–138.
4. Jimenez-Rodriguez, R. & Sitar, N., 2006. A spectral method for clustering of rock discontinuity sets. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 43(7), pp.1052–1061.
5. Jing, L., 2003. A review of techniques, advances and outstanding issues in numerical modelling for rock mechanics and rock engineering. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 40(3), pp.283–353.

**Ngày nhận bài:** 04-12-2016

**Ngày gửi phản biện:** 24-12-2016

**Ngày nhận phản biện:** 26-03-2017

**Ngày chấp nhận đăng bài:** 08-04-2017

**Từ khóa:** mô hình mô phỏng; hệ khe nứt; khối đá nứt nẻ; khả năng rủi ro; mất ổn định sụt lở

### SUMMARY

The consequences of statistical analysis on the stability analysis were studied by modelisation stochastic with RESOBLOK simulations. This code is a discrete fractured network (DFN) code which couple geometrical block system construction and an iterative stability analysis based on limit equilibrium stability analysis. We performed 100 geometry simulations in order to get a convergence of the mean of stochastic results (total volume of unstable blocks, block mean volume and number of unstable blocks). An application in quarry Ninh Dan, Phu Tho is presented.

## NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP...

(Tiếp theo trang 86)

đã được tổng hợp và đề xuất áp dụng, các mỏ cần chú trọng xem xét và nghiên cứu áp dụng các giải pháp vào thực tế sản xuất của mỗi đơn vị, nhằm tận thu tối đa tài nguyên, cũng như giảm khối lượng chống xén và duy trì bảo vệ các đường lò, góp phần nâng cao hiệu quả kinh tế của các dự án đầu tư khai thác mỏ. □

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong khai thác than hầm lò, Bộ Công Thương. Hà Nội. 2011.
2. Báo cáo tổng kết đề tài: "Nghiên cứu áp dụng các sơ đồ công nghệ khai thác không để lại trụ than bảo vệ". Viện KHCN Mỏ. Hà Nội. 1991.
3. Báo cáo tổng kết đề tài: "Nghiên cứu đề xuất áp dụng các giải pháp khai thác trụ than bảo vệ lò dọc vỉa trong điều kiện các vỉa than dày trung bình, dốc thoải đến nghiêng vùng Quảng Ninh". Viện KHCN Mỏ. Hà Nội. 2014.

4. Báo cáo khối lượng mỏ của Tập đoàn TKV, năm 2016.

**Ngày nhận bài:** 08-12-2016

**Ngày gửi phản biện:** 12-01-2017

**Ngày nhận phản biện:** 15-03-2017

**Ngày chấp nhận đăng bài:** 08-04-2017

**Từ khóa:** vỉa dày trung bình, thoải, nghiêng; trụ bảo vệ; hệ thống khai thác cột dài; tổn thất than

### SUMMARY

When mining coal seams of medium thickness, it is often necessary to leave the coal pillars to protect the underground constructions in exploitation zone. Coal losses in these pillars are often very large, about 10% of the overall loss. The authors present some solutions to exploit the coal pillars in the conditions of coal medium thick layers in Quảng Ninh.