

NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG CHUỖI MARKOV THĂM DÒ THAN KHU MỎ LỘ TRÍ, QUẢNG NINH

Nguyễn Phương, Nguyễn Phương Đông

Trường Đại học Mỏ- Địa chất

Đỗ Văn Định

Văn phòng Hội đồng đánh giá trữ lượng khoáng sản Quốc gia

Phạm Tuấn Anh

Công ty Cổ phần Công nghệ, Tin học và Môi trường

Email:phuong_mdc@yahoo.com

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu áp dụng chuỗi Markov trong thăm dò than Quảng Ninh trên cơ sở nghiên cứu thử nghiệm tại khu mỏ Lộ Trí. Kết quả nghiên cứu rút ra một số kết luận sau:

Chuỗi Markov có khả năng cung cấp các thông tin liên quan về trình tự chuyển tiếp từ dạng thông tin này sang dạng thông tin khác; đồng thời cho phép xác định xác suất chuyển tiếp các thành tạo địa chất hoặc vỉa than nào đó theo trình tự địa tầng tại khu vực nghiên cứu bảo đảm độ tin cậy cao.

Bằng việc ứng dụng chuỗi Markov có thể liệt kê được đặc tính về tính liên tục của các lớp thạch học trên từng mặt cắt tuyến thăm dò hoặc trên từng lỗ khoan thăm dò; đồng thời dự đoán được xác suất xuất hiện các vỉa than trong địa tầng chứa than tại khu mỏ Lộ Trí; từ đó góp phần nâng cao hiệu quả công tác khoan thăm dò cho khu mỏ Lộ Trí nói riêng, bể than Quảng Ninh nói chung.

Từ khóa: Chuỗi Markov, thăm dò than, Quảng Ninh

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong nghiên cứu địa chất nói chung, thăm dò khoáng sản, đặc biệt đối với các mỏ nguồn gốc trầm tích nói riêng, sự liên tục của các dữ liệu thu nhận được từ các lỗ khoan thăm dò có thể tạo ra dãy số liệu theo một trình tự của các thông tin riêng biệt. Ví dụ thông tin về các lớp đá trầm tích hay vỉa than được ghi nhận ở những điểm kế tiếp nhau theo mẫu lõi khoan hoặc theo mặt cắt địa chất tuyến thăm dò. Các điểm quan sát (lấy mẫu) có thể lấy theo khoảng chiều dài nhất định, hoặc ở các vị trí (theo cột địa tầng lỗ khoan) có sự thay đổi về kiểu thông tin. Ví dụ: vị trí gặp cát kết, bột kết, sét than, than,... tại lỗ khoan thăm dò than. Điều này thường bắt gặp trong nghiên cứu mặt cắt địa tầng chứa than ở khu mỏ Lộ Trí, là mỏ có cấu trúc địa chất khá phức tạp và đặc trưng cho bể than Quảng Ninh. Thông thường, để dự đoán vị trí gặp vỉa than tại một công trình thăm dò, các nhà địa chất thường dựa vào kinh nghiệm thực tế hoặc dự đoán theo trình tự cột địa tầng đã được xác lập trước. Độ tin cậy trong dự đoán vị trí gặp vỉa than theo phương pháp này thường phụ thuộc vào kinh nghiệm và sự am hiểu của người chỉ đạo thi công. Mặt khác, cột địa tầng được thành lập trước đây còn hạn chế nhiều về thông tin thực tế mà không liệt kê được đặc

tính về tính liên tục của kiểu thông tin về địa tầng trên từng mặt cắt tuyến thăm dò. Chuỗi Markov có thể diễn tả đầy đủ về tính liên tục, hoặc những thay đổi kiểu thông tin về địa tầng trên cơ sở mã hóa các kiểu (dạng) thông tin khác nhau nằm xen kẽ nhau. Trong đó, ma trận tần suất chuyển tiếp là một cách ngắn gọn diễn tả sự ảnh hưởng qua lại của các thông tin này theo thông tin khác, trên cơ sở đó xác định được xác suất xuất hiện thông tin nào đó (vỉa than) trên mặt cắt địa tầng, là cơ sở dự báo vị trí gặp vỉa than tại lỗ khoan thăm dò bảo đảm độ tin cậy thỏa đáng.

Để đưa kiến thức hiện đại vào lĩnh vực thăm dò khoáng sản rắn, tác giả giới thiệu về việc sử dụng chuỗi Markov nhằm giải quyết vấn đề thăm dò các mỏ than trên cơ sở áp dụng thử nghiệm tại mỏ than Lộ Trí, thuộc bể than Quảng Ninh.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT VÀ HÌNH THÁI-CẤU TRÚC VỈA THAN MỎ LỘ TRÍ

2.1.1. Đặc điểm địa chất

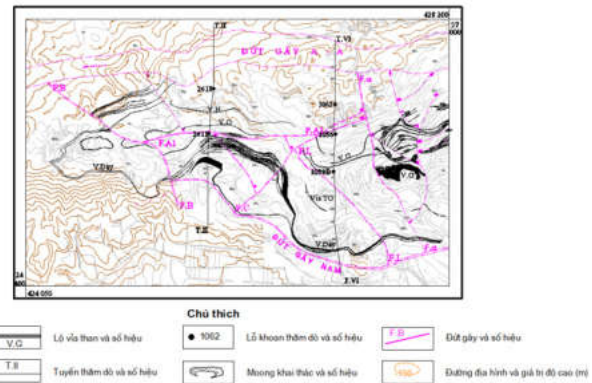
Khu mỏ Lộ Trí có diện tích khoảng 5,12 km², nằm phía Bắc dọc Quốc lộ 18A thuộc Tp. Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh. Tham gia vào cấu trúc địa

chất khu mỏ có các trầm tích từ giới Paleozoic (PZ), Mesozoic (MZ) đến Cenozoic (KZ), gồm hệ tầng Đá Mài (C-P₂ dm), hệ tầng Hòn Gai (T₃n-r hg) và trầm tích hệ Đệ tứ (Q); Cấu trúc khu mỏ Lộ Trí là một phần của phức nếp lồi Cẩm Phả, thuộc dải than Nam Cẩm Phả. Mỏ có cấu tạo địa chất rất phức tạp, với sự có mặt của nhiều nếp uốn bậc cao và các đứt gãy nghịch, thuận có quy mô khác nhau. Căn cứ vào mức độ phức tạp của các nếp uốn, các đứt gãy và các vỉa than, khu Lộ Trí được chia thành 03 khối cấu trúc chính (Hình H.1).

- Khối Bắc: Được giới hạn phía Bắc là đứt gãy F.A; phía Nam là đứt gãy F.A1, phía Tây là đứt gãy F.B và phía Đông là đứt gãy F.α. Khối Bắc có các vỉa mỏng (V.1), vỉa Dày (V.2), vỉa trung gian (V.3), vỉa G (V.4), và vỉa H (V.5). Đặc điểm các vỉa than chủ yếu Cẩm Bắc, Tây Bắc. Ở phía Nam khối, các vỉa than Cẩm Nam, Đông Nam với góc dốc từ 20° đến 40°, gần đứt gãy F.C. Vỉa thường dốc hơn tạo thành các nếp uốn chính (nếp lồi 184), phần phía Tây địa tầng giãn rộng, không ổn định theo đường phương, hướng dốc, các phân vỉa thường vát mỏng về phía đứt gãy F.A.;

- Khối trung tâm: Được giới hạn phía Bắc là đứt gãy F.A1; phía Nam là đứt gãy F.MT; phía Tây Nam là đứt gãy F.L và phía Đông là đứt gãy F.α. Khối trung tâm có vỉa mỏng (V.1), vỉa Dày (V.2) và vỉa G (V.4). Đặc điểm các đá trầm tích và vỉa than tạo thành các nếp uốn nhỏ, với góc dốc vỉa từ 20° đến 40°, có các đứt gãy nhỏ dạng bậc thang phát triển gần đứt gãy F.C. Đây là khối có độ chứa than cao, đối tượng chính là vỉa Dày (V.2);

- Khối Nam: Được giới hạn phía Bắc là đứt gãy F.A1; phía Nam là đứt gãy F.MT; phía Tây là đứt gãy F.B; phía Đông là đứt gãy F.L. Khối Nam có vỉa mỏng (1), vỉa Dày (2) và vỉa trung gian (V.3). Đặc điểm các đá trầm tích và vỉa than chủ yếu Cẩm Bắc, Đông Bắc, với góc dốc thoải từ 10° đến 25° tạo thành các nếp uốn nhỏ, có các đứt gãy nhỏ dạng bậc thang phát triển gần song song với đứt gãy F.L. Khu mỏ có cấu trúc địa chất rất phức tạp, bao gồm nhiều hệ thống uốn nếp và đứt gãy chia khu mỏ thành các khối. Các đứt gãy lớn: F.α, F.α₃, F.B có phương á kinh tuyến, các đứt gãy F.A, F.A1, F.MT, F.C, F.L... có phương á vĩ tuyến, chúng là ranh giới phân chia các đơn vị cấu trúc chính của khu mỏ.



H.1. Sơ đồ lộ vỉa và phân khối cấu trúc khu mỏ Lộ Trí (Thu từ bản đồ tỷ lệ 1: 5.000)

(Theo Nguyễn Hoàng Huân và nnk, 2011)

2.1.2. Đặc điểm phân bố và hình thái – cấu trúc vỉa than

Kết quả nghiên cứu địa tầng chứa than và các công trình thăm dò [3; 1; 2] đã xác định khu mỏ Lộ Trí tồn tại 5 vỉa than, từ dưới lên được ký hiệu: Vỉa Mỏng (V.1), Dày (V.2), TG (V.3), G (V.4) và H (V.5) (Hình H.2). Trong đó, vỉa Dày (V.2), vỉa Trung gian (V.3) và vỉa G (V.4) là những vỉa có giá trị công nghiệp.

- Vỉa mỏng (V.1): Vỉa mỏng (V.1) phân bố chủ yếu ở khu vực trung tâm, khu vực từ T.II đến T.IVA, nằm dưới, cách vỉa Dày (V.2) từ 60 m – 70 m (Hình H. 2). Chiều dày toàn vỉa thay đổi từ 0,14 m (LK. TN65) ÷ 14,25 m (LK.2629), trung bình 2,28 m, vỉa có xu hướng bị vát theo cả đường phương và hướng dốc. Chiều dày riêng than từ 0,14 m (LK. TN65) ÷ 9,32 m (LK.2629), trung bình 1,82 m. Cấu tạo vỉa tương đối đơn giản, vỉa có từ 1 ÷ 7 lớp kẹp, chiều dày lớp kẹp thay đổi từ 0,0 m đến 4,93 m (LK.2629), trung bình 0,46 m. Góc dốc vỉa thay đổi từ 20° đến 50°, trung bình 32°. Vách, trụ vỉa chủ yếu là cát kết, bột kết.

- Vỉa Dày (V.2): Lộ vỉa tồn tại chủ yếu phía Nam khu mỏ (Hình H.2), có chiều dày biến đổi rất lớn, từ vài mét đến hàng trăm mét, mật độ chứa than tập trung lớn nhất ở nếp lồi Lộ Trí. Càng lên phía Bắc địa tầng chứa than có xu hướng dày lên, nhưng mật độ chứa than giảm đi. Vỉa Dày (V.2) được chia thành 6 chùm vỉa; các chùm vỉa chia ra các phân vỉa, trên cùng là phân vỉa 6h dưới cùng là phân

vĩa 1a. Trong phạm vi khu mỏ, vỉa Dày (V.2) được phân thành 28 phân vỉa (Hình H.2 - a).

- Vĩa TG (V.3): Phân bố khoảng giữa vỉa Dày (V.2) và vỉa G (V.4). Chiều dày toàn vỉa thay đổi từ 0,23 m (TN52) ÷ 12,41 m (CGHLT17), trung bình 3,28 m. Chiều dày riêng than thay đổi từ 0,23 m (TN52) ÷ 10,53 m (CGHLT17), trung bình 2,96 m. Vĩa có cấu tạo tương đối đơn giản, thường chứa từ 0 đến 6 lớp đá kẹp, chiều dày lớp kẹp từ 0,0 m ÷ 1,88 m (K83), trung bình 0,32 m. Góc dốc vỉa thay đổi từ 15° ÷ 55°, trung bình 34°. Đá vách, trụ là bột kết, ít gặp sét kết.

- Vĩa G (V.4): Vĩa có cấu tạo rất phức tạp, phân bố rộng rãi trên toàn diện tích khu mỏ (Hình H.1, H.2). Vĩa G (V.4) khu mỏ Lộ Trí tương ứng là chòm vỉa GI của vỉa G (V.4) khu Nam Cẩm Phả. Chòm vỉa GI bao gồm 4 tập vỉa: Tập vỉa GI.1, GI.2, GI.3, GI.4, mỗi tập vỉa được phân thành các phân vỉa mang số hiệu a, b, c..., tổng cộng vỉa G (4) khu mỏ Lộ Trí có 3 phân vỉa, từ dưới lên gồm: GI.3a, GI.3b, GI.3c.

- Vĩa H (V.5): Vĩa H(V.5) chỉ tồn tại, phân bố ở phần Tây Lộ Trí, nằm trên, cách phân vỉa GI.3a từ 62,00 m đến 122,00 m, trung bình 80,00 m. Chiều dày vỉa thay đổi từ 0,28 m (LK.1072) đến 3,06 m (LK2618), trung bình 1,29 m (hình 2 - b). Chiều dày riêng than biến đổi từ 0,00 m đến 2,98 m (TN88), trung bình 1,18 m. Cấu tạo vỉa đơn giản, thường chứa 0 đến 1 lớp đá kẹp; chiều dày lớp đá kẹp từ 0,00 m đến 0,61 m, trung bình 0,09 m. Góc dốc vỉa biến đổi từ 30° ÷ 50°, trung bình 41°.

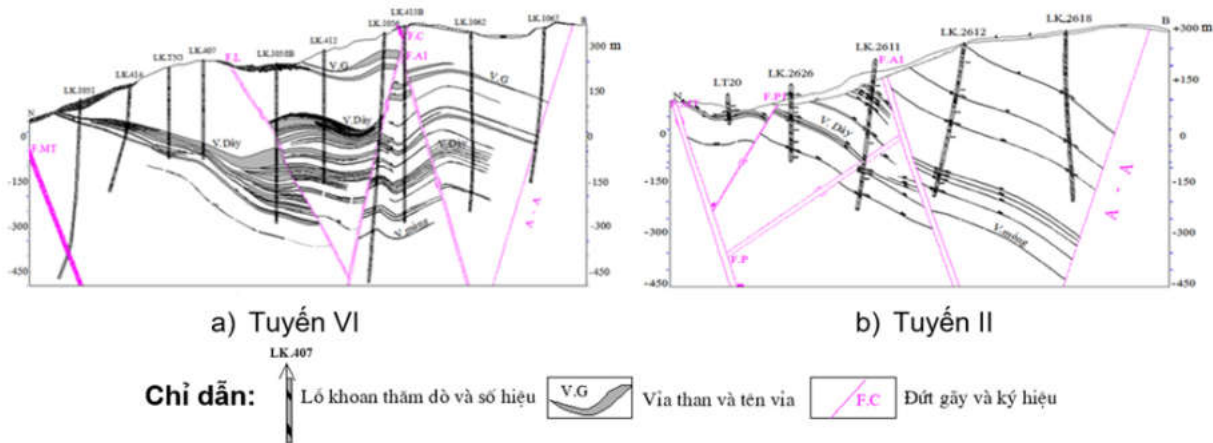
2.2. Áp dụng chuỗi Markov trong thăm dò địa chất

2.2.1. Khảo sát thực địa, kết hợp thu thập, tổng hợp tài liệu

Nguồn tài liệu sử dụng trong nghiên cứu này là các thiết đồ lỗ khoan, kết quả phân tích mẫu lát mỏng và các mặt cắt địa chất tuyến thăm dò được thu thập từ các báo cáo thăm dò than mỏ Lộ Trí [3,1,2]; kết hợp nghiên cứu tổng quan về cấu trúc - địa chất khu mỏ. Để có nguồn tài liệu có tính hệ thống, tập thể tác giả đã tiến hành khảo sát thực địa trên một số tuyến đặc trưng, kết hợp thu thập tài liệu địa tầng từ các lỗ khoan, mặt cắt địa chất theo các tuyến thăm dò. Xem xét toàn bộ tài liệu địa chất và các số liệu trong các báo cáo thăm dò, kiểm tra, hiệu chỉnh một số mặt cắt tuyến thăm dò đặc trưng; trên cơ sở đó, lựa chọn một số thiết đồ lỗ khoan sâu và một số mặt cắt theo tuyến thăm dò đại diện để lập cột địa tầng tổng hợp cho khu mỏ Lộ Trí. Cột địa tầng tổng hợp (mặt cắt địa tầng) là cơ sở cho các bước xử lý tiếp theo.

2.2.2. Chuỗi Markov

Ngày nay, nhiều nhà thăm dò địa chất xem phương pháp mô hình hóa kết hợp mã hóa dữ liệu địa chất để mô hình hóa các đối tượng dưới dạng các mô hình toán học là một công cụ tiên quyết và không thể thiếu trong thăm dò khoáng sản rắn; trong đó chuỗi Markov (được đặt tên theo nhà thống kê học người Nga, A.A. Markov) là một phương pháp được sử dụng rộng rãi trong mô tả tính liên tục, hoặc những thay đổi kiểu thông tin



H.2. Mặt cắt địa chất theo tuyến thăm dò mỏ Lộ Trí (Thu từ tỷ lệ 1: 2.000)

(Theo Nguyễn Hoàng Huân, 2011)

về địa tầng trên cơ sở mã hóa các dạng thông tin khác nhau để diễn tả sự ảnh hưởng qua lại giữa các thông tin này [4,7]. Từ đó tính được xác suất chuyển tiếp các lớp thạch học hoặc vỉa than (thân quặng) theo địa tầng lỗ khoan, làm cơ sở dự báo vị trí gặp vỉa than (thân quặng), góp phần nâng cao hiệu quả công tác thăm dò.

Nội dung bài toán có thể tóm tắt như sau:

- Bước 1: Giả thử, trên mặt cắt địa tầng khu vực nào đó, ta ghi nhận được sự liên tục của các lớp, mỗi một lớp có sự khác nhau về đặc điểm thạch học so với lớp nằm trên hoặc ngay dưới nó. Ví dụ: theo mặt cắt địa tầng ta gặp các lớp cát kết (A), bột kết (B), sét kết (C) và than (D) theo thứ tự sắp xếp như Bảng 1.

Bảng 1: Thứ tự sắp xếp các lớp thạch học theo điểm quan sát cột địa tầng tổng hợp

Trên	D	B	B	B	D
A	A	A	A	A	A
B	B	C	B	C	C
C	C	A	C	D	A
D	B	B	D	C	Dưới

- Bước 2: Từ bảng 1, ta thành lập ma trận tần suất chuyển tiếp [4] các lớp thạch học dưới dạng ma trận:

$$A = \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \end{matrix} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix}$$

Trong đó: Các hạng tử (a_{ij}) của ma trận A là tần suất chuyển tiếp giữa các lớp thạch học. Trong ví dụ trên là số lần chuyển tiếp lớp cát kết sang sét kết, hoặc sét kết sang than,...).

Dạng tổng quát, trên mặt cắt địa tầng ta gặp n lớp thạch học (đá vôi, cát kết, bột kết, sét kết, than,...) theo thứ tự sắp xếp tương tự bảng 1; khi đó, ta có ma trận tần suất chuyển tiếp dạng:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Lưu ý rằng, khi điểm bắt đầu và kết thúc lỗ khoan (cột địa tầng) có cùng loại thông tin, thì tổng tần suất chuyển tiếp theo hàng và cột của ma trận M là bằng nhau; ngược lại, thì tổng theo hàng và cột sẽ khác nhau. Ma trận tần suất chuyển tiếp là ma trận không đối xứng, tức là $m_{ij} \neq m_{ji}$.

Trong lý thuyết xác suất, các hạng tử của ma trận trên là xác suất có điều kiện $P(j|I)$, hoặc ký hiệu

$P(i \rightarrow j)$, tức là xác suất mà thông tin i là thông tin kế tiếp sẽ xảy ra khi xuất hiện thông tin j.

Xu hướng chuyển tiếp từ dạng thông tin này sang thông tin khác theo trình tự có thể sử dụng ma trận chuyển tiếp dưới dạng phân số thập phân hoặc phần trăm.

- Bước 3: Nếu ta chia các hạng tử (a_{ij}) cho tổng của hàng thứ I của ma trận A, nhận được ma trận tần suất chuyển tiếp dưới dạng các hạng tử b_{ij} là số thập phân [4]:

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix}$$

Từ ma trận chuyển tiếp B có các hạng tử (b_{ij}) dưới dạng các số thập phân, ta chia các hạng tử (b_{ij}) cho tổng theo hàng thứ I của ma trận B ta nhận được ma trận C, với các hạng tử (c_{ij}) dưới dạng phần trăm:

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}$$

Tiếp theo, ta chia tổng số hàng ở ma trận tần suất chuyển tiếp A cho tổng chung, ta nhận được tỉ lệ thức quan hệ của các kiểu thạch học xuất hiện ở cột địa tầng, gọi là vector xác suất cố định [4] có dạng:

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \dots \\ d_i \end{bmatrix}$$

Vector D có số hàng tương ứng số lớp thạch học đã xác định trên mặt cắt địa tầng (hay cột địa tầng) tại khu vực nghiên cứu nào đó.

- Bước 4: Tính xác suất kết hợp của 2 sự kiện A và B trong trường hợp có điều kiện xác định theo công thức:

$$P(A, B) = p(B|A) \cdot p(A) \quad (1)$$

Từ (1) suy ra:

$$P(B|A) = P(A, B)/P(A) \quad (2)$$

Trường hợp thông tin A và B là độc lập, ta có:

$$P(A, B) = P(A) \times P(B) \quad (3)$$

Từ công thức (2) và (3) suy ra:

$$P(B|A) = P(A) \cdot P(B) / P(A) = P(B) \quad (4)$$

Từ công thức (4) cho thấy, xác suất xuất hiện thông tin B với điều kiện đã xuất hiện thông

tin A bằng xác suất thông tin B xảy ra trong mặt cắt địa tầng, được thể hiện bởi giá trị tương ứng trong vectơ xác suất cố định nêu trên. Giả sử, tất cả các thông tin trong mặt cắt địa tầng là độc lập, ta có:

$$P(B|A)=P(B|B)=P(B|C)=P(B|D)=P(B) \quad (5)$$

Từ phương trình (5) ta nhận thấy, nếu tại 01 điểm bất kỳ trong mặt cắt địa tầng (cột địa tầng lỗ khoan) nào đó là độc lập nhau về mặt thạch học so với điểm nằm ngay dưới, khi đó ma trận xác suất chuyển tiếp sẽ bao gồm những hàng mà tất cả các hạng tử a_{ij} là như nhau và bằng giá trị trong cột của vectơ xác suất cố định và được gọi là xác suất chuyển tiếp mong đợi (hay kỳ vọng) [4] dạng:

$$\text{Tổng} \begin{bmatrix} d_1 & d_2 & \dots & d_i \\ d_1 & d_2 & \dots & d_i \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_1 & d_2 & \dots & d_i \end{bmatrix} \begin{matrix} 1,0 \\ 1,0 \\ \dots \\ 1,0 \end{matrix}$$

- Bước 5: Tiến hành so sánh ma trận xác suất chuyển tiếp mong đợi (kỳ vọng) với ma trận xác suất chuyển tiếp theo tài liệu ban đầu, với giả thiết là tất cả các thông tin thạch học trên mặt cắt địa tầng là độc lập. Để kiểm tra giả thiết này, các nhà nghiên cứu thường sử dụng tiêu chuẩn χ^2 , xác định theo công thức:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} \quad (6)$$

Trong đó: O là giá trị trong ma trận chuyển tiếp theo tài liệu thực tế (ma trận A); E giá trị trong ma trận chuyển tiếp mong đợi (suy đoán) với giả thiết thông tin các lớp thạch học liên tiếp là độc lập. Các bước tiến hành như sau:

- Tiến hành chuyển đổi ma trận xác suất chuyển tiếp mong đợi thành ma trận tần suất xuất hiện chuyển tiếp mong đợi bằng cách nhân các hàng trong ma trận xác suất xuất hiện mong đợi với tổng tần suất xuất hiện tương ứng theo hàng của ma trận A.

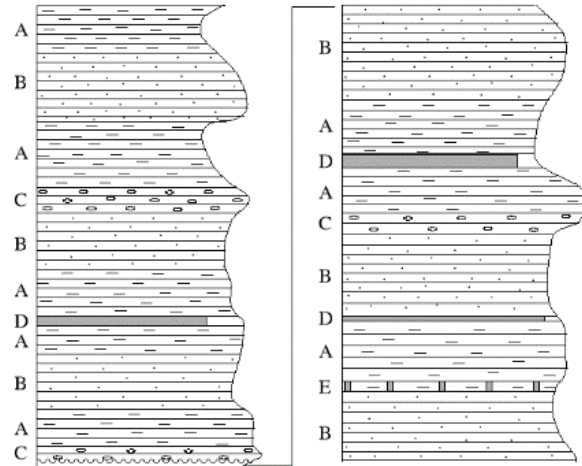
- Áp dụng công thức (6), tính giá trị χ^2 ; so sánh χ^2 ứng bậc tự do $(m - 1)^2$ và mức ý nghĩa q; nếu $\chi^2 >$ giả thiết về tính độc lập của các lớp thạch học trên mặt cắt địa tầng đang xem xét không được chấp nhận; ngược lại đối giả thiết được chấp nhận.

Trong nghiên cứu địa chất, phương pháp kiểm tra theo tiêu chuẩn χ^2 cho dãy số ẩn định được đề cập trong các bài báo của Doveton (1971) [5], Doveton và Skipper (1974) [6] hay Turk (1979) [8].

2.3. Áp dụng chuỗi Markov trong thăm dò địa chất khu Lộ Trí

2.3.1. Thiết lập cơ sở tài liệu

Dựa vào tài liệu từ các công trình thăm dò [3,1,2], thành lập mặt cắt địa tầng chứa than cho khu mỏ Lộ Trí (Hình H.3).



H.3. Mặt cắt địa tầng (cột địa tầng) chứa than khu mỏ Lộ Trí

Trên mặt cắt địa tầng (Hình H.3) thể hiện tính liên tục của lớp thạch học khác nhau, mỗi một lớp có sự khác nhau so với lớp nằm trên và dưới nó. Các lớp thạch học riêng biệt nằm xen kẽ nhau là: Sét kết (A), cát kết (B), cuội kết (C), than (D) và sét than (E) theo thứ tự từ trên xuống như sau:

Trên A B A C B A D A B A C B
A D A C B D A E B Dưới

2.3.2. Các bước áp dụng chuỗi Markov trong thăm dò địa chất khu Lộ Trí

Dựa vào mặt cắt địa tầng chứa than khu mỏ Lộ Trí (Hình H.3), thành lập ma trận tần suất chuyển tiếp (A) các lớp thạch học và vỉa than theo thứ tự từ trên xuống như sau:

A	B	C	D	E	Tổng		
A	0	30	2	15	1	48	
B	20	0	23	2	0	45	
C	1	20	0	0	0	21	
D	14	1	0	0	2	17	
E	1	1	0	0	0	2	
Tổng	36	52	25	17	3	133	Tổng chung

Ma trận A được gọi là ma trận tần suất chuyển tiếp [4]. Từ ma trận A, ta nhận thấy sự chuyển tiếp từ dạng thông tin A (sét kết) sang B (cát kết) tương ứng hạng tử $a_{1,2}$ là 30 lần, tương tự có 15 lần chuyển tiếp theo trình tự từ A sang D, sang C là 2 lần và sang E là 1 lần.

Ta chia các hạng tử (a_{ij}) của ma trận A cho tổng chung, nhận được ma trận tần suất chuyển tiếp (B) dưới dạng các hạng tử là số thập phân sau:

$$B = \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ \text{Tổng} \end{matrix} \begin{matrix} 0.00 & 0.23 & 0.02 & 0.11 & 0.01 \\ 0.15 & 0.00 & 0.17 & 0.02 & 0.00 \\ 0.01 & 0.15 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.11 & 0.01 & 0.00 & 0.00 & 0.02 \\ 0.01 & 0.01 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.27 & 0.39 & 0.19 & 0.13 & 0.02 \end{matrix} \begin{matrix} 0.36 \\ 0.34 \\ 0.16 \\ 0.13 \\ 0.02 \\ 1.00 \end{matrix} \text{ Tổng chung}$$

Chia các hạng tử (b_{ij}) cho tổng theo hàng thứ i, ta nhận được ma trận C với các hạng tử (c_{ij}) dưới dạng phần trăm như sau:

$$C = \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} \begin{matrix} A & B & C & D & E & \text{Tổng} \\ \left[\begin{matrix} 0.00 & 0.62 & 0.05 & 0.30 & 0.03 \\ 0.44 & 0.00 & 0.50 & 0.06 & 0.00 \\ 0.06 & 0.94 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.77 & 0.08 & 0.00 & 0.00 & 0.15 \\ 0.50 & 0.50 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \end{matrix} \right] \end{matrix} \begin{matrix} 1.0 \\ 1.0 \\ 1.0 \\ 1.0 \\ 1.0 \end{matrix}$$

Để kiểm tra về sự phù hợp hay không của giả thiết về sự chuyển tiếp của các lớp thạch học có phù hợp với đặc tính của chuỗi Markov hay không, cần phải tiến hành kiểm tra. Để giải quyết nhiệm vụ này, tác giả sử dụng tiêu chuẩn χ^2 . Nội dung các bước tiến hành như sau:

- Xác định vector xác suất cố định của 5 kiểu thạch học xuất hiện trên mặt cắt địa tầng của khu mỏ Lộ Trí, bằng cách ta chia tổng số hàng ở ma trận tần suất chuyển tiếp (A) cho tổng chung, kết quả nhận được vector cột như sau:

$$\begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} \begin{bmatrix} 0.361 \\ 0.338 \\ 0.158 \\ 0.128 \\ 0.015 \end{bmatrix}$$

- Với giả thiết tại lớp bất kỳ trong mặt cắt địa tầng khu mỏ Lộ Trí thỏa mãn điều kiện là độc lập nhau về mặt thạch học so với lớp nằm ngay dưới, khi đó từ công thức (1), (2), (3), (4), (5) và kết quả xác định vector xác suất cố định ở trên, thành lập được ma trận xác suất chuyển tiếp mong đợi (D) dạng:

$$D = \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{matrix} \begin{matrix} A & B & C & D & E & \text{Tổng} \\ \left[\begin{matrix} 0.361 & 0.338 & 0.158 & 0.128 & 0.015 \\ 0.361 & 0.338 & 0.158 & 0.128 & 0.015 \\ 0.361 & 0.338 & 0.158 & 0.128 & 0.015 \\ 0.361 & 0.338 & 0.158 & 0.128 & 0.015 \\ 0.361 & 0.338 & 0.158 & 0.128 & 0.015 \end{matrix} \right] \end{matrix} \begin{matrix} 1.00 \\ 1.00 \\ 1.00 \\ 1.00 \\ 1.00 \end{matrix}$$

- Để kiểm tra giả thiết là tất cả các thông tin thạch học trên mặt cắt địa tầng khu mỏ Lộ Trí là độc lập, tiến hành chuyển đổi ma trận xác suất chuyển tiếp mong đợi (D) thành ma trận tần suất chuyển tiếp mong đợi (E) bằng cách nhân các hàng trong ma trận xác suất mong đợi với tổng tần suất xuất hiện theo hàng của ma trận A tương ứng như sau:

$$E = \begin{matrix} \text{Ma trận xác suất mong đợi} \\ \left[\begin{matrix} 0.361 & 0.338 & 0.158 & 0.128 & 0.015 \\ 0.361 & 0.338 & 0.158 & 0.128 & 0.015 \\ 0.361 & 0.338 & 0.158 & 0.128 & 0.015 \\ 0.361 & 0.338 & 0.158 & 0.128 & 0.015 \\ 0.361 & 0.338 & 0.158 & 0.128 & 0.015 \end{matrix} \right] \end{matrix} \begin{matrix} \text{Tổng} \\ \times 48 \\ \times 45 \\ \times 21 \\ \times 17 \\ \times 2 \end{matrix} = \begin{matrix} \text{Ma trận tần suất mong đợi} \\ \left[\begin{matrix} 17.3 & 16.2 & 7.6 & 6.1 & 0.7 \\ 16.2 & 15.2 & 7.1 & 5.8 & 0.7 \\ 7.6 & 7.1 & 3.3 & 2.7 & 0.3 \\ 6.1 & 5.7 & 2.7 & 2.2 & 0.3 \\ 0.7 & 0.7 & 0.3 & 0.3 & 0.0 \end{matrix} \right] \end{matrix}$$

Từ các số liệu trong ma trận E, áp dụng công thức 6, tính được $\chi^2 = 47,0$.

Giá trị tới hạn của χ^2 đối với bậc tự do $(m - 1)^2 = 16$ và mức ý nghĩa ($\alpha = 5\%$) tra bảng nhận được $\chi = 26,3$ [4]. Như vậy, giá trị kiểm tra theo công thức (6) được $\chi^2 = 47,0 > \chi = 26,3$; do đó, giả thiết về tính độc lập của các thông tin thạch học trên mặt cắt địa tầng bị bác bỏ; nghĩa là, các tin về thạch học trên mặt

cát địa tầng khu mỏ Lộ Trí thể hiện tính chuyển tiếp như đã xác lập ở Hình H.3 là phù hợp.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

- Các thông tin về thạch học trên mặt cắt địa tầng khu mỏ Lộ Trí thể hiện khá rõ đặc tính Markov theo trình tự của mặt cắt địa tầng đã xác lập trên Hình H.3;

- Giả sử trong quá trình khoan thăm dò than mỏ Lộ Trí, nếu gặp lớp sét kết, có thể dự báo lớp tiếp theo là cát kết với xác suất là 62%, hoặc gặp vỉa than với xác suất là 30%, xác suất gặp lớp cuội kết và sét than là rất thấp;

- Khi sử dụng chuỗi Markov trong nghiên cứu thực tế, cần lưu ý việc lựa chọn khoảng cách lấy mẫu, hay mô tả thạch học; bởi lẽ, nếu khoảng cách lấy mẫu nhỏ, khi đó ma trận chuyển tiếp chỉ phản ánh được độ dày của các thành tạo trong địa tầng có cấu tạo dạng khối, ngược lại nếu khoảng cách lấy mẫu quá lớn, các lớp thạch học có chiều dày

mỏng có thể bị bỏ sót.

4. KẾT LUẬN

➤ Chuỗi Markov có khả năng cung cấp các thông tin liên quan về trình tự chuyển tiếp của các lớp thạch học trên mặt cắt địa tầng của khu vực trầm tích nào đó; đồng thời cho phép xác định được xác suất xuất hiện các thành tạo địa chất (lớp thạch học) theo trình tự địa tầng tại khu vực nghiên cứu bảo đảm độ tin cậy cao;

➤ Kết quả nghiên cứu thử nghiệm tại khu mỏ Lộ Trí chỉ ra rằng, áp dụng chuỗi Markov cho phép lột tả được đặc tính liên tục của các lớp thạch học (cát kết, bột kết, cuội kết) và vỉa than, sét than trên từng mặt cắt tuyến thăm dò hoặc trên từng lỗ khoan thăm dò; đồng thời dự đoán được xác suất xuất hiện các vỉa than tại từng công trình khoan thăm dò; từ đó góp phần nâng cao hiệu quả công tác thăm dò tại mỏ than Lộ Trí nói riêng, bể than Quảng Ninh nói chung. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Hoàng Huân (cb) và nnk (2011). Báo cáo kết quả tổng hợp tài liệu, tính lại trữ lượng và chuyển đổi cấp trữ lượng và cấp tài nguyên than khu mỏ Đông Lộ Trí, thị xã Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh. KHLT T.292.
2. Nguyễn Hoàng Huân (cb) và nnk (2011). Báo cáo kết quả tổng hợp tài liệu, tính lại trữ lượng và chuyển đổi cấp trữ lượng và cấp tài nguyên than khu mỏ Tây Lộ Trí, thị xã Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh. KHLT T.293.
3. Hồ Minh Tâm (cb) và nnk (1983). Báo cáo thăm dò tỷ mỷ than khu Đông Lộ Trí, mỏ Than Cẩm Phả (Quảng Ninh), KHLT T.185.
4. Davis, J. C. (2002). Statistics and Data Analysis in Geology. John Wiley & Sons, New York, P. 168 -177.
5. Doveton, J.H. (1971). An application of Markov chain analysis to the Ayrshire Coal Measures succession: Scottish Jour. Geology, v.7, p. 11 - 27.
6. Doveton, J.H., and K. Skipper (1974). Markov chain and substitutability analysis of turbidite succession, Cloridorme Formation (Middle Ordovician), Gaspé', Quebec: Canadian Jour. Earth Sciences, v.11, p. 472 - 488.
7. Norris, J.R., (1977). Markov chains: Cambridge Univ. Press, New York, 253 pp.
8. Turk, G., (1979). Transition analysis of structural sequences: Pt. I, Discussion: Bull Geol. Soc. America, v.90, p. 989 - 992.

APPLICATION OF MARKOV CHAIN IN COAL EXPLORATION IN LO TRI MINING ZONE, QUANG NINH

Nguyen Phuong, Nguyen Phuong Dong, Do Van Dinh, Pham Tuan Anh

ABSTRACT

The paper presents the application of Markov chain in coal exploration in Quang Ninh based on pilot study in Lo Tri mining zone. As a result, we have made the following conclusions:

Markov chain provided information about the transitioning sequences from one information to the others; at the same time, it allowed to determine the transition probability of occurrence of geological formations or sequential coal layers with the high confidence.

Markov chain also helped to characterize the continuity of rock layers in each exploratory section or drilling hole; predict the probability of occurrence of coal layers in the coal-forming formations in Lo Tri mining zone; Given that, it contributes to the improvement of exploratory drilling in Lo Tri mining zone as well as in Quang Ninh coal basin.

Keywords: Markov chain, coal exploration, Quang Ninh.

Ngày nhận bài: 19/5/2022;

Ngày gửi phản biện: 20/5/2022;

Ngày nhận phản biện: 15/6/2022;

Ngày chấp nhận đăng: 10/7/2022.

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.