

ĐẶC ĐIỂM THÔNG TIN ĐỊA CHẤT VÀ KHẢ NĂNG SỬ DỤNG CÁC MÔ HÌNH XÁC SUẤT TRONG NGHIÊN CỨU TAI BIẾN ĐỊA CHẤT

TSKH. TRẦN MẠNH LIÊU
Viện KHCN Xây dựng

1. Đặt vấn đề

Tai biến địa chất nói riêng và tai biến tự nhiên nói chung đã được quan tâm đầu tư nghiên cứu đúng mức từ nhiều năm trở lại đây. Tuy nhiên dự báo định lượng các tai biến địa chất hiện tại còn rất hạn chế về phương pháp. Một số tác giả đã cố gắng lượng hoá vai trò của các yếu tố phát sinh, phát triển các tai biến địa chất, nhưng cơ sở của phương pháp cũng chỉ là kinh nghiệm của những người nghiên cứu. Được sự hỗ trợ của chương trình nghiên cứu cơ bản do Bộ KH &CN tài trợ, tác giả xin giới thiệu một phương pháp định lượng đánh giá dự báo tai biến địa chất bao gồm cơ sở lý thuyết, nội dung và các ví dụ áp dụng của phương pháp. Bài báo này phân tích cơ sở và khả năng áp dụng một số mô hình toán, mà chủ yếu là mô hình xác suất trong nghiên cứu đánh giá dự báo tai biến địa chất.

2. Tính chất định tính và định lượng của các thông tin địa chất

Các thông tin địa chất sử dụng trong nghiên cứu, dự báo các quá trình và tai biến địa chất là tổ hợp các dữ liệu về cấu trúc, tính chất và sự vận động của môi trường địa chất. Các thông tin này cho đến bây giờ vẫn thường được biểu diễn dưới dạng định lượng (các chỉ tiêu cơ lý,..) và định tính (tên đất đá, tuổi, nguồn gốc,..). Nếu các thông tin địa chất biểu diễn dưới dạng định tính thì việc áp dụng các phương pháp toán học trong địa chất là rất khó khăn. Tuy nhiên với sự phát triển của khoa học ngày nay, một số lĩnh vực của toán học hiện đại (lý thuyết tập mờ,..) đã cho phép nghiên cứu những tính chất chưa định lượng được và về nguyên tắc, có thể lượng hoá được bất kỳ thông tin địa chất nào, trong đó tuyệt nhiên không thể xem nhẹ các đặc trưng mang nội dung định tính, mà thậm chí còn có thể tìm thấy được những cách biểu diễn rất chính xác và tối ưu [3,7,12,15] các đặc trưng này.

Nhiệm vụ quan trọng nhất khi sử dụng các phương pháp toán trong nghiên cứu các quá trình và tai biến địa chất là tìm kiếm ý tưởng và xây dựng các khái niệm mới tương ứng có giá trị hỗ trợ tích cực trong việc tìm kiếm lời giải cho những vấn đề mà bằng phương pháp truyền thống không giải quyết được. Ví dụ các khái niệm về địa hệ, về hệ thống thông tin địa lý, chỉ tiêu tích hợp các yếu tố điều kiện địa kỹ thuật và rất nhiều khái niệm khác.

Trong thực tế áp dụng các phương pháp toán trong địa chất nói chung và trong nghiên cứu các quá trình và tai biến địa chất nói riêng, việc đầu tiên là phải lượng hoá các thông tin định tính. Có 3 cách lượng hoá thông tin định tính:

- Cho điểm;
- Thay đổi ký hiệu;
- Biểu diễn bằng số.

Cho điểm thực tế chưa phải là lượng hoá. Các yếu tố về nguyên nhân phát sinh, phát triển các quá trình và tai biến địa chất được các tác giả tự đánh điểm trên cơ sở kinh nghiệm nghiên cứu của mình và hoàn toàn cảm tính. Vì vậy phương pháp này chứa đựng rất nhiều thiếu sót, đó là tính chủ quan trong cách biểu diễn cũng như đánh giá thông tin. Tuy nhiên phương pháp này sử dụng nhiều trong địa lý cũng như trong địa chất [16]. Cách mô tả định lượng thông tin địa chất theo phương pháp này chỉ phản ánh được các đặc trưng định tính của thông tin, chưa có khả năng cho các kết quả nghiên cứu thoả mãn.

Cách lượng hoá thứ 2 là biểu diễn dưới dạng các thuật ngữ “có – không – không biết” hoặc (1,0,-). Cách biểu diễn thông tin này cho phép giải quyết một số vấn đề liên quan đến đánh giá trị số của các yếu tố trong dự báo dựa trên cơ sở kiểm nghiệm [9]. Phương pháp này có thể áp dụng tốt trong các trường hợp điều tra lấy ý kiến chuyên gia (phương pháp chuyên gia). Phương pháp biểu diễn định lượng thông tin theo cách này tốt hơn cách thứ nhất. Tuy nhiên vẫn không tránh khỏi các thiếu sót, trong đó chủ yếu là mất thông tin khi biểu diễn chúng bằng các ký hiệu (1,0,-), vì rằng trong trường hợp này một phần lớn các tác động quan trọng đã bị lượng bỏ.

Biểu diễn thông tin địa chất hữu hiệu nhất chỉ có thể bằng phương pháp số. Khi sử dụng phương pháp này, điều quan trọng là lựa chọn các chỉ tiêu đặc trưng nhất cho các yếu tố điều kiện địa chất (cùng một yếu tố điều kiện địa chất có thể lựa chọn nhiều chỉ tiêu đặc trưng khác nhau). Tuy nhiên, các khó khăn này có thể khắc phục được và về nguyên tắc, bất kỳ thông số điều kiện địa chất nào cũng có thể biểu diễn định lượng được.

Giá trị của các thông số địa chất biểu diễn định lượng dưới dạng [4]:

$$R = R' + \Delta R$$

R' là thành phần tiền định (có quy luật) của thông số địa chất, nó biến đổi từ điểm này đến điểm khác theo quy luật xác định nào đó. ΔR là thành phần ngẫu nhiên của thông số địa chất. Hai thành phần này được xác định trên cơ sở phân tích khối lượng lớn các số liệu thực nghiệm. Nếu không tính đến thành phần ngẫu nhiên thì khi đánh giá thông số địa chất rõ ràng là dẫn đến những kết luận không chuẩn xác.

3. Bản chất và khái niệm xác suất trong nghiên cứu các quá trình và tai biến địa chất

Nghiên cứu bản chất và sử dụng khái niệm xác suất trong nghiên cứu địa chất công trình và tai biến địa chất là rất quan trọng xét từ góc độ phương pháp luận. Có hai quan điểm phân tích khái niệm này. Quan điểm thứ nhất mà đại diện là Kazdan A.B., Guxkov O.A, Shimanxki A.A [10] cho rằng, các quá trình và tai biến địa chất là tập hợp của nhiều quá trình cơ bản đơn lẻ, nhưng vì chưa rõ bản chất của từng quá trình đó nên không thể nghiên cứu chúng trên cơ sở sử dụng các biểu thức hàm số quan hệ. Do vậy, lời giải của một quá trình Y nào đó có thể được dự báo chính xác theo giá trị cho trước của các thông số (X_1, X_2, \dots, X_n) không chế quá trình đó; $Y=f(X_1, X_2, \dots, X_n)$. Với cách tiếp cận như vậy, có thể sử dụng một số đặc trưng trung bình nào đó để dự báo sự phát triển của các quá trình địa chất với xác suất nào đó. Khái niệm xác suất như vậy hoàn toàn mang tính thực dụng (Vistelius A.B) [6]. Quan điểm thứ 2 (Bondarix G.K [4], Knoring L.D [11], Detr V.N, Khructalev L.P, Pystovoit G.P.) cho rằng xác suất áp dụng trong nghiên cứu địa chất, trong đó có các quá trình địa chất, hoàn toàn có cơ sở phương pháp luận chặt chẽ, tức là sử dụng khái niệm này không phải do hạn chế hiểu biết của chúng ta về các quá trình và hiện tượng nghiên cứu, mà bản chất của hiện tượng không cho phép chúng ta sử dụng tổ hợp các hàm tiền định.

Quá trình và tai biến địa chất được hiểu là sự tương tác của các trường vật lý khác nhau, trong đó tồn tại một số yếu tố tuân theo các quy luật quan hệ nhân-quả và một số yếu tố không rõ đặc tính, có tác động rất khác nhau trong các giai đoạn phát triển khác nhau của quá trình.

Nếu phân tích toàn bộ quá trình thành chuỗi các quá trình cục bộ, thì đa số trong đó tuân theo các quy luật vật lý, hóa học hay hóa-lý. Ví dụ, theo Bondarix [4] các quá trình và tai biến địa chất ngoại sinh cơ bản xác định chủ yếu bằng các tương tác trọng lực, cơ học, nhiệt động học, hóa – lý và thể hiện bằng các quá trình cơ bản – cấu thành của những quá trình địa chất động lực ngoại sinh như: cổ kết, tạo khoáng, tích hợp, phân chia, hòa tan, dịch chuyển và nhiều quá trình khác.

Tuy nhiên thậm chí những quá trình đơn giản nhất cũng mang tính ngẫu nhiên (xác suất), các quy luật tự nhiên đều mang tính ngẫu nhiên, trong đó không phải chúng ta không hiểu biết về tự nhiên hay không biết phân tích đánh giá mà vì rằng bản chất xác suất có ngay trong vật chất của tự nhiên.

Sản phẩm tương tác của các trường vật lý là một phạm trù tương tác với chất lượng mới. Những tương tác này thể hiện trong mỗi điểm riêng biệt của không gian địa chất. Mỗi trường địa chất về tổng thể là tập hợp vô hạn các điểm, tại mỗi điểm đó quá trình địa chất được quyết định bởi tổ hợp các tương tác cơ bản đặc trưng riêng cho điểm đó. Vì vậy bài toán về nghiên cứu bản chất của quá trình và tai biến địa chất được phân nhỏ ra 2 bài toán:

- Bài toán cục bộ phát triển quá trình trong không gian đơn vị (điểm). Giải quyết các bài toán cục bộ đó có thể sử dụng các quy luật của các ngành khoa học cơ bản (lý, hóa,...)
- Bài toán tích phân về ứng xử của cả một vùng thạch quyển, ở đó cần phải lý giải các yếu tố nào quyết định sự biến đổi của quá trình từ điểm này sang điểm khác và tuân theo quy luật biến đổi nào.

Đó là các bài toán địa chất cơ bản. Ví dụ, nếu xét quá trình hình thành và phá hủy bãi bồi gần bờ dưới tác động của các yếu tố thủy văn trong điều kiện địa chất tương ứng có thể tính toán tương đối chính xác bằng các mô hình tiền định về sự vận động của hạt đất cụ thể nào đó có khối lượng và kích cỡ cho sẵn. Nhưng về tổng thể, quá trình hình thành và phá hủy bãi bồi gần bờ là do sự vận động của vô vàn hạt cụ thể, chỉ có thể dự báo trên cơ sở

xác suất. Đây là quá trình tích hợp được xác định bởi chiều cao và chu kỳ sóng, góc nghiêng của bờ, chiều sâu của nước gần bờ, vận tốc và hướng dòng chảy ven bờ, hình dạng bờ, thành phần đất đá cấu tạo bờ, và rất nhiều yếu tố khác nữa. Do đó, dự báo tổng hợp khả năng ứng xử của một vùng thạch quyển với tác động của thủy quyển chỉ có thể thực hiện trên cơ sở lý thuyết xác suất. Có nghĩa là bờ ổn định không chỉ vì một góc dốc ven bờ nào đó, mà là xác suất xuất hiện giá trị đó.

Với những lý do trên có thể khẳng định rằng sản phẩm tương tác của các trường vật lý có thể được xem xét như trường của quá trình địa chất. Quá trình này đặc trưng bởi các tính chất như sau:

- Không thuận nghịch, có nghĩa quá trình này là một phần của quá trình phát triển trái đất nói chung;
- Có tính chu kỳ liên quan với hoạt động của hệ mặt trời, với chu kỳ quay của trái đất xung quanh mặt trời và các quá trình khác;
- Sự xuất hiện quá trình tại mỗi điểm riêng biệt của không gian địa chất có tính ngẫu nhiên

Như vậy bất kỳ giá trị của thông số địa chất nào bao giờ cũng chứa đựng thành phần ngẫu nhiên và do đó xuất hiện với một xác suất nào đó. Xác suất đối với các quá trình và tai biến địa chất mang tính cơ sở, có nghĩa là tồn tại ngay trong hiện tượng và quá trình đó. Đây là kết luận quan trọng từ góc độ phương pháp luận, nó cho phép luận chứng khả năng sử dụng lý thuyết xác suất và thống kê toán học để giải các bài toán địa chất và tai biến địa chất.

Trong các tài liệu toán có thể gặp hai khái niệm về xác suất: cổ điển và thống kê.

Khái niệm xác suất cổ điển dựa trên khái niệm về biến cố. Biến cố trong lý thuyết xác suất được hiểu là mọi khả năng có thể xảy ra hoặc không xảy ra trong khi thí nghiệm. Khi đó xác suất của biến cố là số đo khả năng hiện thực (khách quan) của biến cố đó (% hoặc phần đơn vị) [5]. Trong địa chất khái niệm như vậy rất ít được sử dụng vì nó đòi hỏi các thông tin đánh giá về cơ hội xuất hiện của từng biến cố [13].

Khái niệm thứ hai được hiểu như sau: Xác suất là giới hạn của tần suất xuất hiện biến cố khi số lần thí nghiệm dần đến vô cùng [13]. Trong thực tế khái niệm xác suất này cho phép xác định xác suất của những biến cố mà khả năng xuất hiện của chúng là không rõ được trước. Đó là đặc thù của các quá trình và tai biến địa chất.

4. Khả năng sử dụng mô hình toán xác suất trong nghiên cứu các quá trình và tai biến địa chất

Để đặc trưng hoá môi trường địa chất và dự báo các quá trình và tai biến địa chất có thể sử dụng tổ hợp các mô hình, bắt đầu từ mô hình tiên định cho phép dự báo chính xác (với xác suất $p = 1$) đến mô hình với các tham số độc lập.

Bất kỳ mô hình nào (bao gồm cả mô hình toán) đều bị đơn giản hóa và sai khác về chất so với các thực thể tự nhiên và các yếu tố tác động. Điều này cũng dẫn đến đặc tính xác suất của những kết quả mà không phụ thuộc vào dạng, tính chất và chất lượng của mô hình. Thậm chí một mô hình toán tiên định rất cụ thể và chi tiết cũng không thể bao hàm được mọi khía cạnh và tính chất của đối tượng nghiên cứu. Có nghĩa là thậm chí sử dụng cách biểu diễn hàm số với đối tượng nghiên cứu chúng ta cũng sẽ có những kết quả mang tính xác suất theo đặc tính của mình.

Do vậy trong nghiên cứu các thực thể địa chất, các quá trình và tai biến địa chất xác suất là một cách thức mô tả hiện tượng, trong đó thạch quyển được hình thành một cách rất hỗn độn và được mô tả bằng các mô hình toán học, mà cơ sở của nó là khái niệm xác suất.

Theo đặc tính liên hệ (tính kế thừa) của thông tin địa chất có thể phân biệt 3 nhóm mô hình sử dụng các loại thông tin khác nhau trong nghiên cứu quá trình và tai biến địa chất [14] như sau:

- Mô hình với thông tin đặc trưng bằng tính liên hệ lâu dài (tức là hoàn toàn có thể mô tả bằng mô hình tiên định), trong đó tất cả các trạng thái trước đó từ thời điểm T_0 đều có ảnh hưởng đến các trạng thái tiếp theo T_{n+1}
- Mô hình với thông tin đặc trưng bằng tính liên hệ ngắn. Từ góc độ này sự phân bố mang tính ngẫu nhiên, nhưng từ góc độ khác khi biết được trạng thái trước của hệ thống có thể dự báo các trạng thái tiếp theo với xác suất nào đó. Đặc trưng của dạng phân bố này là chuỗi Markov.

- Mô hình với thông tin không có tính liên hệ, khi biến cố trước không ảnh hưởng đến sự xuất hiện của biến cố tiếp theo (dãy Bernuly).

Loại mô hình đầu tiên sử dụng tương đối thường xuyên trong nghiên cứu các quá trình và tai biến địa chất như tính toán độ ổn định của mái dốc bằng các mô hình toán cơ, tính lún bằng mô hình phân tầng tính tổng, ... Phân tích bản chất của nhiều quá trình trên mô hình cho thấy việc áp dụng các mô hình tiên định thực tế là đã sơ lược hoá các quá trình và như vậy phương pháp này thường không đảm bảo độ tin cậy của các kết quả dự báo. Tuy nhiên đôi khi tính toán theo mô hình tiên định lại rất hiệu quả. Ví dụ, tính lún nền công trình theo phương pháp phân tầng lấy tổng cho kết quả gần giống thực tế, do vậy không cần thiết phải tìm kiếm các mô hình biến cố ngẫu nhiên.

Loại mô hình thứ 2 là chuỗi Markov mô tả quá trình và tai biến địa chất với tính liên hệ của thông tin ngắn. Đây là sơ đồ toán rất cơ động, được ứng dụng nhiều trong địa chất. Một ví dụ rất cụ thể là quy luật biến đổi các lớp đất trong các nhịp trầm tích sông (cuội sỏi, cát, bột, sét, cuội sỏi, cát, bột, sét, ...). Rõ ràng rằng sự xuất hiện của một lớp nào đó (cát hoặc bột hoặc sét) trong mặt cắt địa chất chỉ phụ thuộc vào sự tồn tại của một lớp nằm dưới, mà không phụ thuộc vào sự tồn tại của các lớp trước đấy nữa. Có thể kiểm tra tính chất Markov của chuỗi số liệu thí nghiệm (quan trắc) theo tiêu chuẩn ξ^2 [8].

Nhóm mô hình thứ 3 đặc trưng bởi sự độc lập của các số liệu thí nghiệm (quan trắc), tức là các số liệu về trạng thái trước và sau của hệ thống không hề có mối quan hệ nào. Mô hình này có thể sử dụng để nghiên cứu các quá trình và tai biến địa chất hoạt động trong khoảng thời gian ngắn, trong không gian địa chất hạn chế [9]. Những quá trình này được coi như không có tính liên hệ và để mô tả chúng phải sử dụng mô hình biến số ngẫu nhiên. Mô hình này có nhiều lợi thế vì nó đơn giản và không cần nhiều số liệu thí nghiệm. Tuy nhiên sử dụng mô hình này phải đáp ứng một số điều kiện:

- Môi trường địa chất nghiên cứu phải tựa đồng nhất
- Các giá trị thí nghiệm của các thông số địa chất phải độc lập;
- Giá trị của các thông số được nghiên cứu không phụ thuộc vào vị trí thí nghiệm trong không gian.

5. Kết luận

- Bất kỳ yếu tố điều kiện địa chất làm phát sinh, phát triển các quá trình và tai biến địa chất đều có thể lượng hoá được, trong đó không thể xem nhẹ các đặc trưng mang nội dung định tính, mà thậm chí các đặc trưng này còn có thể tìm thấy được những cách biểu diễn rất chính xác và tối ưu;

- Nhiệm vụ quan trọng nhất trong đánh giá dự báo tai biến địa chất bằng phương pháp định lượng là phải tìm kiếm được ý tưởng và xây dựng các khái niệm mới tương ứng có giá trị hỗ trợ tích cực trong việc tìm kiếm lời giải cho những vấn đề mà bằng phương pháp truyền thống không giải quyết được;

- Tính liên hệ (tính kế thừa) của thông tin địa chất có thể lâu dài, ngắn hoặc không có liên hệ. Tương ứng với mỗi loại thông tin như vậy, để đánh giá dự báo các quá trình và tai biến địa chất có thể sử dụng các mô hình tiên định, chuỗi Markov hoặc dãy Bernuly.

- Khi sử dụng mô hình toán trong đánh giá dự báo quá trình và tai biến địa chất, mô hình xác suất chiếm ưu thế hơn hẳn, vì rằng các thực thể địa chất được hình thành bởi môi trường, mà trong đó đã tồn tại các quy luật được mô tả bằng ngôn ngữ xác suất. Các mô hình tiên định có thể được sử dụng trong các trường hợp riêng biệt và đôi khi rất có lợi cho việc sử dụng tiếp theo cách tiếp cận xác suất, khi mà các căn cứ ngẫu nhiên của bài toán chưa được khẳng định.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TRẦN MẠNH LIẾU, ĐOÀN HUY HIỀN. Sử dụng khái niệm entropy trong nghiên cứu đánh giá đặc điểm bất đồng nhất của điều kiện địa kỹ thuật. *Tạp chí KHCN Xây dựng*, số 3/2004.
2. TRẦN MẠNH LIẾU, NGUYỄN HUY PHƯƠNG, NGUYỄN VĂN TÁ, ĐOÀN HUY HIỀN, LÊ CHÍ HƯNG. Phân vùng định lượng điều kiện địa chất công trình phục vụ xây dựng. *Tạp chí Địa chất công trình và môi trường*, số 2/ 2005.
3. БОНДАРИХ Г. К. О количественной оценке инженерно-геологических условий. *Советская геология*, 4/1982.
4. БОНДАРИХ Г. К. Теоретические основы инженерной геологии. Механико – математические основы. *М, Недра*, 1986.
5. ВЕНЦЕЛЬЕС Теория вероятностей. *М. Наука* 1969.
6. ВИСТЕЛИУС А. В. Основы математической геологии. *Л. Наука*, 1980.

7. ГОРАЛЬЧУК М. И. Применение карт взаимосвязии компонентов инженерно-геологических условий для анализа их изменчивости. *М. Всегингео*, 1984.
8. ДЕВИС Дж. Статистика и анализ геологических данных. М. Мир, 1977.
9. ЕЛИСЕЕВА И. И. Группировка, корреляция, распознавание образцов. *М. Статистика*, 1977.
10. КАЖДАН А. В. Математическое моделирование в геологии и разведке полезных ископаемых. *М. недра*, 1979.
11. КНОРИНГ Л. Д. Геополу о математике. *Л. Недра*, 1989.
12. КОМАРОВ И. С. Хайме Н. М. Многомерный статический анализ в инженерной геологии. *М. Недра*, 1986.
13. КОМАРОВ И. С. ХАЙМЕ Н. М. Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. *М. Недра*, 1972.
14. КРАМБАЙН У. Детерминированные и вероятностные модели в геологии. Модели геологических процессов. *М. Недра*, 1973.
15. ПЕНДИН В.В. К методике количественной оценки сложности инженерно-геологических условий территории. *Известия вузов. Геология и разведка*, 7/1980.
16. ХОСИТАШВИЛИ Г. Р. Процессы переформирования берегов горных водохранилищи их прогноз. Автор. Канд. Г. М. Н. М ВСЕГИНГЕО, 1974.