



**TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC**

# **KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG**

**Hà Nội, 11 - 11 - 2022**

**ERSD 2022**



**NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI**

# Nghiên cứu ứng dụng mô phỏng số cho dự báo các tai biến địa kỹ thuật trong khai thác mỏ hầm lò Việt Nam

Lê Tiến Dũng<sup>1,\*</sup>, Đào Văn Chi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bộ môn Khai thác Hầm lò, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

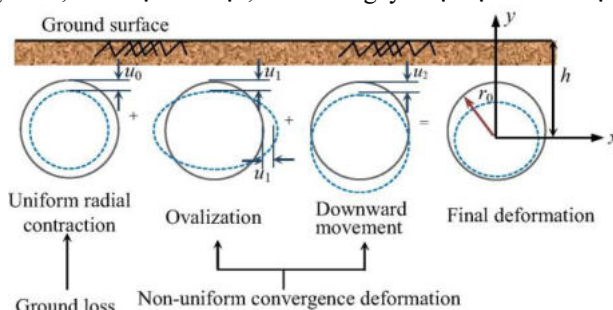
## TÓM TẮT

Nội dung bài báo trình bày một nghiên cứu ứng dụng phương pháp mô phỏng số hiện đại cho dự báo các dạng tai biến địa kỹ thuật thường xảy ra trong khai thác mỏ hầm lò. Bằng các phương pháp phân tích lý thuyết, kế thừa tài liệu và chuyên gia, nội dung bài báo đã làm rõ vai trò quan trọng của mô phỏng số tới địa kỹ thuật công trình và mỏ nói chung, cũng như sự phù hợp và ứng dụng cho dự báo các tai biến địa kỹ thuật mỏ hầm lò nói riêng. Bài báo cũng làm rõ các nguyên nhân khiến việc ứng dụng mô phỏng số trong sản xuất thực tế mỏ Việt Nam còn hạn chế và đề xuất các giải pháp đẩy mạnh ứng dụng tương ứng. Các kết quả từ bài báo là cơ sở để các đơn vị khai thác mỏ mở rộng ứng dụng phương pháp số, nâng cao hiệu quả sản xuất và an toàn lao động, đáp ứng yêu cầu phát triển bền vững và ứng phó biến đổi khí hậu.

*Từ khóa:* Mô phỏng số; Bùn nền; Sập đổ đất đá; Bục nước; Sụt lún.

## 1. Đặt vấn đề

Tai biến địa kỹ thuật trong khai thác mỏ hầm lò, như tên gọi, là tai biến địa chất do hoạt động kỹ thuật của con người trong khai thác mỏ hầm lò gây ra (Nguyễn, 2015). Về lý thuyết, hoạt động khai thác mỏ hầm lò tạo ra khoảng trống trong lòng đất khiến trạng thái cân bằng ứng suất ban đầu của đất đá bị phá vỡ. Sự mất cân bằng trạng thái ứng suất khiến đất đá xung quanh có xu hướng dịch chuyển vào khoảng trống khai thác để tái lập một trạng thái cân bằng ứng suất mới (Hình 1). Hoạt động khai thác mỏ hầm lò luôn gắn liền với việc điều khiển áp lực mỏ và kiểm soát sự dịch chuyển của đất đá để đảm bảo an toàn lao động. Trong thực tế, do điều kiện địa chất mỏ phức tạp và biến động mạnh, việc điều khiển áp lực và kiểm soát dịch chuyển có thể không chuẩn xác và không kịp thời, gây ra sự nguy hiểm hoặc tiềm năng nguy hiểm đối với công nhân, thiết bị làm việc, và có thể gây thiệt hại kinh tế nặng nề.



Hình 1. Minh họa dịch chuyển đất đá gây ra bởi đào lò (Zhang và nnk, 2017)

Việc xác định các nguyên nhân và cơ chế phát sinh tai biến, dự báo được tai biến và mức độ rủi ro của tai biến có vai trò rất quan trọng để đề xuất các giải pháp giảm thiểu nguy hiểm (hoặc tiềm năng nguy hiểm), và giảm thiểu thiệt hại một cách có hiệu quả (Chu và nnk, 2016). Việc xác định và dự báo thường được thực hiện bằng các phương pháp phổ biến như thực nghiệm, lý thuyết và mô phỏng số. Các phương pháp thực nghiệm có ưu điểm cho kết quả tin cậy nếu được thực hiện đúng đắn bởi chúng dựa trên các dữ liệu có thật hoặc thực nghiệm. Tuy nhiên, việc ứng dụng kết quả nghiên cứu để giải thích các tai biến ngoại phạm vi dữ liệu đã thu thập cần cẩn thận, tránh việc ngoại suy quá mức kết quả có sẵn. Các phương pháp lý thuyết (hay còn gọi là phương pháp giải tích) có ưu điểm cho kết quả tính toán nhanh với chi phí thấp, giúp nhận diện bản chất vật lý và cơ học của tai biến. Có điều, việc tính toán sẽ trở nên cực kỳ phức tạp nếu tai biến có nhiều biến đổi cơ học trong môi trường đất đá không đồng nhất. Các phương pháp số có bản chất là phương pháp lý thuyết nhưng phức tạp hơn và được thực hiện trên máy tính. Độ tin cậy của các thông tin đầu vào, kỹ thuật mô phỏng đúng đắn, và kinh nghiệm của người mô phỏng đóng vai trò

\* Tác giả liên hệ

Email: t.d.le@humg.edu.vn

quyết định tới độ tin cậy của kết quả dự báo tai biến. Do có nhiều ưu điểm nên phương pháp số được ứng dụng rộng rãi trên thế giới cho nghiên cứu tai biến địa kỹ thuật mỏ hầm lò. Tuy nhiên, việc ứng dụng phương pháp này ở Việt Nam còn rất hạn chế, chủ yếu trong môi trường học thuật hơn là sản xuất thực tế.

Nội dung bài báo trình bày một phân tích về các dạng tai biến địa kỹ thuật thường xảy ra trong khai thác mỏ hầm lò. Tiếp đó, bài báo làm rõ vai trò và khả năng ứng dụng của mô phỏng số tới địa kỹ thuật công trình và mỏ. Cuối cùng, nội dung bài báo phân tích nguyên nhân và đề xuất các giải pháp đẩy mạnh ứng dụng phương pháp cho dự báo tai biến trong khai thác mỏ hầm lò Việt Nam. Các kết quả của bài báo làm sáng tỏ sự phù hợp của mô phỏng số hiện đại cho điều kiện địa kỹ thuật mỏ Việt Nam, làm cơ sở để các đơn vị khai thác mỏ mở rộng ứng dụng, nâng cao hiệu quả sản xuất và an toàn lao động.

## 2. Phân tích các dạng tai biến địa kỹ thuật mỏ hầm lò

Các tai biến địa kỹ thuật gây ra bởi hoạt động khai thác mỏ hầm lò tùy theo quy mô và vị trí xuất hiện có thể phân chia thành nhóm các tai biến xung quanh khoảng trống khai thác (sập đổ đất đá, bùng nền, củ đâm mỏ, bực nước, phụt (xi) khí) và nhóm các tai biến phát triển lên tới mặt đất (sụt lún bề mặt địa hình, hồ sụt). Bản chất, nguyên nhân, tác hại và ví dụ thực tế của các tai biến được phân tích như sau:

- *Sập đổ đất đá*: là hiện tượng đất đá ở nóc (vách) hoặc hông (sườn, gương) khoảng trống khai thác tách rời khỏi khối đá gốc và sập đổ (rơi, lở, tụt, sụt) vào khoảng trống. Nguyên nhân chính của tai biến dạng này là sự giao cắt không thuận lợi giữa các cấu trúc địa chất không liên tục với bề mặt tự do khoảng trống. Ứng suất mỏ và nổ mìn (nếu có) có tác động tới sự phá hủy các mặt phân cách có sẵn hoặc làm phát sinh các mặt phân cách mới và do đó ảnh hưởng tới hình thành tai biến. Các tai biến dạng này có thể xảy ra ở quy mô nhỏ, nhưng cũng có thể ở quy mô lớn làm phá hủy thiết bị chống giữ gây mất an toàn không gian làm việc. Thực tế sản xuất mỏ hầm lò ở vùng than Quảng Ninh cho thấy tụt nóc lở gương (tụt lở) là các tai biến thường xuyên xảy ra nhất. Các tai biến nghiêm trọng gây thương vong thường được đưa tin trên các phương tiện thông tin đại chúng và đã được tổng hợp trong một số nghiên cứu (Nguyễn, 2015, Đình và nnk, 2017, Lê, 2020). Một hình ảnh tụt lở than lò chợ thực tế thể hiện trong Hình 2.



Hình 2. Tụt lở than lò chợ cơ giới hóa mỏ than Hà Lâm

- *Bùng nền*: là hiện tượng đất đá nền (trụ) trời ép vào khoảng trống khai thác (Hình 3). Nguyên nhân của tai biến dạng này là do sự tập trung ứng suất lớn trong điều kiện đất đá trụ kém bền vững, hoặc do ảnh hưởng của nước ngầm và tiến độ khai thác. Tai biến bùng nền phá hủy nền lò, dẫn tới phá hủy các thiết bị đường ray, băng tải, máng cào, và cản trở sự vận tải, vận chuyển trong đường lò. Trong lò chợ, hiện tượng bùng nền thu hẹp không gian làm việc, thậm chí làm mất lò, dẫn tới thiệt hại kinh tế rất lớn. Viện Khoa học Công nghệ Mỏ (2019) cho biết tại các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh hiện tượng bùng nền xảy ra trong các đường lò dọc vỉa than nằm ở chiều sâu không lớn như lò dọc vỉa mức +30, -80 mỏ Mạo Khê, lò dọc vỉa 7 mức +226 mỏ Đồng Rì, hoặc ở chiều sâu lớn như lò dọc vỉa mức -250 mỏ Mông Dương và lò chợ mỏ than Mạo Khê. Ở các mỏ trên, điều kiện trụ trực tiếp là sét kết xen kẹp các lớp than mỏng tương đối mềm yếu, gặp nước dễ trương nở bóc lớp là nguyên nhân chính gây ra tai biến bùng nền.

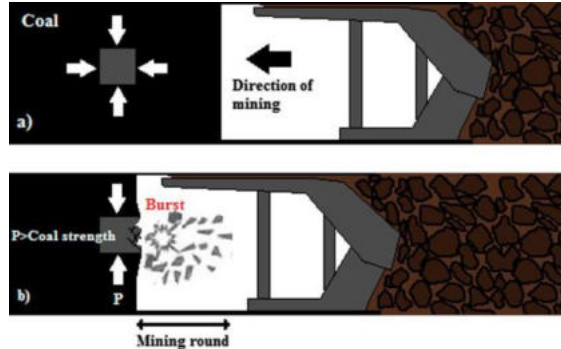
- *Củ đâm mỏ*: là hiện tượng động lực học được hình thành có liên quan đến khoảng không gian khai thác, tạo ra bởi khối lượng lớn đất đá sập đổ đột ngột xuống khu vực đang hoạt động khai thác (Bộ Công Thương, 2011). Nguyên nhân của hiện tượng này là do tầng đá vách có độ bền vững lớn treo theo tiến độ khai thác. Khi sập đổ, chúng sản sinh áp lực lớn và rung chấn nguy hiểm tới công nhân và phá hủy thiết bị, công trình khai thác. Ở mức độ và quy mô nhỏ hơn, hiện tượng còn được gọi là nổ đá hoặc nổ than khi vách, hông hoặc gương công trình sập đổ đột ngột giải phóng năng lượng ở dạng nổ vỡ (Hình 4). Theo Nguyễn (2015), các tai biến củ đâm mỏ hay vỡ nổ đá (than) đá hầu như chưa xuất hiện ở Việt Nam do độ sâu khai thác chưa lớn và các đá trầm tích có khả năng tích lũy năng lượng biến dạng không cao. Theo các kỹ sư mỏ thực địa, tai biến củ đâm mỏ có thể xảy ra ở phía xa trong vùng đất đá phá hóa khi vách cơ



bản sập đổ. Chúng không thể quan sát bằng mắt thường mà chỉ nghe được tiếng động lớn truyền tới, ví dụ như ở mỏ than Vàng Danh.

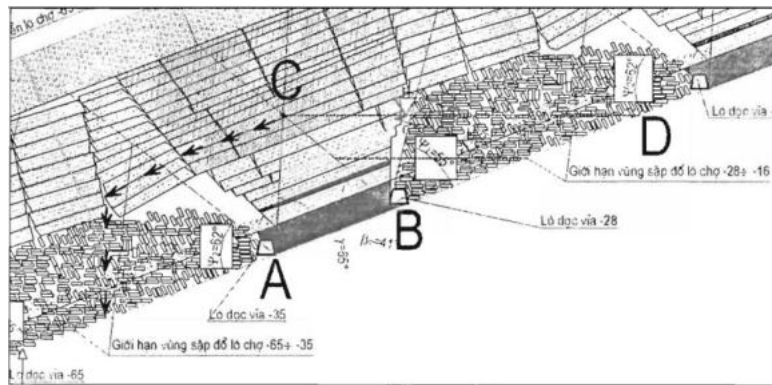


Hình 3 Bùng nổ ở mỏ than Khe Chàm  
(Lê và Thân, 2021)



Hình 4 Minh họa vỡ nổ gương than lò chợ  
(Mottahedi và Ataei, 2019)

- **Bục nước, phụt khí:** là hiện tượng các túi nước, túi khí tồn tại trong lòng đất được tiếp cận bởi các công trình khai đào, dẫn tới chảy nước hoặc xuất khí ồ ạt vào không gian khai thác gây nguy hiểm cho công nhân và phá hỏng thiết bị. Trong khi các tai biến phụt khí ít xuất hiện thì các tai biến bục nước lại xuất hiện nhiều ở vùng mỏ Quảng Ninh và dễ dàng tìm thấy trên các phương tiện thông tin đại chúng. Nghiên cứu của Nguyễn (2010) đã chỉ ra bốn dạng bục nước cơ bản là: (i) bục nước moong lộ thiên xuống lò xây dựng cơ bản và lò chợ (đã xảy ra ở mỏ than Thống Nhất năm 1998), (ii) bục nước vào lò chợ từ nước mưa, nước mặt (mỏ Hà Lâm năm 1995), (iii) bục nước tích đọng trong khe nứt, khoang hốc tách lớp bên trên lò chợ phá hỏa, và (iv) bục nước tích đọng trong đới khe nứt-khoang hốc tách lớp bên trên vách lò chợ (mỏ Bình Minh năm 2009) (Hình 5).



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý tính bước gãy vách cơ bản lò chợ mỏ Bình Minh (Nguyễn, 2010)

- **Sụt lún bề mặt địa hình:** là hiện tượng bề mặt địa hình bị sụt lún xuống theo sự dịch chuyển của tầng đá vách bên trên khoảng trống khai thác (Hình 6). Nguyên nhân là do vùng dịch chuyển địa tầng gây ra bởi khoảng trống khai thác phát triển lên tới mặt đất. Sụt lún bề mặt làm phá hủy công trình thiết bị mặt đất, thay đổi chế độ dòng chảy và hệ sinh thái bề mặt mỏ. Một số tai biến sụt lún lớn trong lịch sử xảy ra ở vùng mỏ Quảng Ninh đã được trình bày trong Viện Khoa học Công nghệ Mỏ (2012).



Hình 6 Sụt lún bề mặt địa hình mỏ than Nam Mẫu  
(Viện Khoa học Công nghệ Mỏ, 2012)

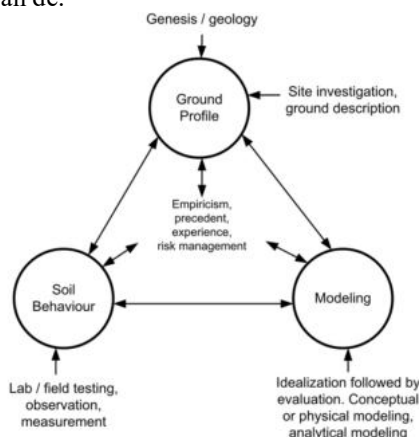


Hình 7 Hồ sụt trong khu dân cư phường Cao Xanh,  
Quảng Ninh (Bảo Quân đội nhân dân, 2011)

- *Hố sụt*: cũng là hiện tượng sụt lún mặt đất nhưng ở quy mô cục bộ, thường gây ra bởi việc khai thác hoặc đào công trình nằm gần mặt đất. Vùng sụt lún có thể dạng phễu, hố sụt với đường kính hàng mét. Sụt lún mặt đất cũng có thể xảy ra khi đào qua các đứt gãy địa chất. Hình 7 thể hiện một hố sụt trong khu dân cư phường Cao Xanh tỉnh Quảng Ninh mà nguyên nhân được cho là do hoạt động khai thác mỏ hầm lò trái phép (thổ phi) trước đó gây ra.

### 3. Vai trò của mô phỏng số tới địa kỹ thuật công trình và mỏ

Mô phỏng số đóng vai trò quan trọng trong việc hỗ trợ đưa ra các quyết định địa kỹ thuật công trình thực tiễn (geotechnical engineering practice). Mô phỏng số (Modeling) cùng với thông tin đất đá thu thập hiện trường (Ground Profile) và biểu hiện đất đá đo đạc/thí nghiệm (Soil Behaviour) là ba đối tượng liên kết với nhau bởi kinh nghiệm (Experience), tiền lệ (Precedent) và quản lý rủi ro (Risk management) giúp hỗ trợ đưa ra quyết định đúng đắn (Barbour và Krahn, 2004) (Hình 8). Mô phỏng số giúp mô tả các vấn đề vật lý-cơ học phức tạp trong thực tế thành các dạng toán học đơn giản hơn, từ đó giải và đưa ra các quyết định hỗ trợ thiết kế, xử lý vấn đề.



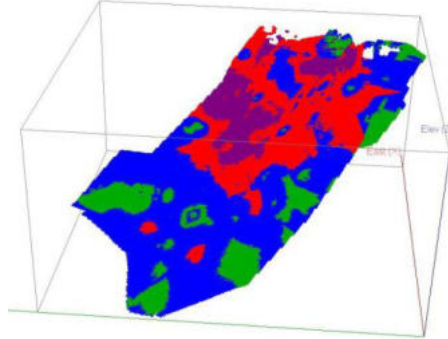
Hình 8 Tam giác Burland mở rộng (Barbour và Krahn, 2004)

Trong phạm vi địa kỹ thuật mỏ hầm lò, mô phỏng số cung cấp công cụ đánh giá, dự báo chi tiết các tai biến trong các điều kiện địa chất không liên tục, không đồng nhất và dị hướng. Bản chất mô phỏng số là mô phỏng biểu hiện địa kỹ thuật mô phức tạp bằng các phương trình toán học đơn giản có thể giải được trên máy tính. Mô phỏng số, do đó, có vai trò quan trọng tới địa kỹ thuật mỏ hầm lò. Các mô phỏng số thường dùng trong nghiên cứu biểu hiện địa kỹ thuật mỏ là mô phỏng môi trường liên tục và không liên tục. Mỗi mô phỏng đều có các ưu nhược điểm khác nhau và phù hợp cho các đối tượng khác nhau. Ví dụ, mô phỏng liên tục phản ánh tốt sự thay đổi ứng suất mỏ do hoạt động khai thác gây ra. Trong khi đó, mô phỏng không liên tục phản ánh tốt các chuyển dịch trượt, tách rời vật liệu, khoảng trống ngầm, biểu hiện sập đổ và tái dính kết đất đá sau phá hỏa. Mô phỏng này nắm bắt sự dịch chuyển của đất đá tốt hơn so với mô phỏng liên tục. Các mô phỏng liên tục hay không liên tục đều có thể mô tả môi trường thể rắn, lỏng, khí và hỗ trợ dự báo được các tai biến liên quan bụi nước, phụt khí. Khả năng ứng dụng của mô phỏng cho dự báo các tai biến môi trường khác nhau đã được khẳng định thông qua các ví dụ chi tiết trong Nguyễn (2015), Cundall (2020) và hướng dẫn sử dụng các phần mềm thương mại.

### 4. Ứng dụng mô phỏng số dự báo tai biến địa kỹ thuật mỏ hầm lò Việt Nam

Việc dự báo các tai biến địa kỹ thuật trong khai thác mỏ hầm lò Việt Nam lâu nay chủ yếu sử dụng các phương pháp thực nghiệm, lý thuyết và phần nào đó là mô phỏng vật liệu tương đương (Nguyễn, 2015). Các dự báo bị hạn chế tới một số điều kiện xảy ra tai biến cụ thể và không điển hình cho các điều kiện mỏ khác nhau của Việt Nam do tốn kém thời gian, chi phí hoặc tính toán phức tạp. Mô phỏng số mặc dù khắc phục được nhược điểm của các phương pháp trên nhưng chỉ được sử dụng trong khoảng chục năm trở lại đây ở Việt Nam. Việc áp dụng, tuy nhiên, chưa đạt tới mức độ phổ thông và chủ yếu trong môi trường học thuật hơn là sản xuất thực tế. Một số ví dụ mô phỏng có thể liệt kê như tụt lở than (Le và nnk, 2018, Le và nnk, 2020), bùng nền (Viện Khoa học Công nghệ Mỏ, 2019, Dang và nnk, 2020), sụt lún bề mặt địa hình (Nguyễn và Phạm, 2013, Phạm, 2018, Phạm và Mạc, 2021), bụi nước (Vũ, 2022, Nguyen và nnk, 2014). Việc sử dụng mô phỏng số trong tư vấn, thiết kế và sản xuất thực tế là hạn chế, chủ yếu trong các thiết kế mỏ quặng được thực hiện bởi đơn vị tư vấn nước ngoài (Ban Phuc Nikel Mines, 2007, Phuoc Son Gold Company LTD, 2008) (Hình 9). Một số nguyên nhân chính của hạn chế có thể liệt kê như: (i) quy trình thiết kế chưa bắt buộc tính tới các biểu hiện địa cơ học và các yếu tố địa kỹ thuật không chắc chắn (uncertainties) vốn luôn xuất hiện trong môi trường đất đá; (ii) thói quen thiết kế mỏ dựa trên kinh nghiệm và tham khảo từ Trung Quốc, Liên xô cũ vốn dựa nhiều vào các lời giải xác định (deterministic solutions); (iii) điều kiện địa chất mô phức tạp nên các lời giải thiết kế cục bộ xác định được cho là lĩnh

hoạt và phù hợp trong điều kiện mỏ đang sản xuất; (iv) chi phí thuê mua dịch vụ thiết kế hoặc phần mềm thiết kế còn cao, chưa đồng bộ và thiếu nhân lực vận hành. Dựa trên các nguyên nhân này, một số giải pháp sau được đề xuất để đẩy mạnh ứng dụng mô phỏng số giúp nâng cao hiệu quả dự báo các tai biến địa kỹ thuật mỏ hầm lò Việt Nam: (i) tư vấn các nhà làm chính sách khoáng sản Việt Nam một quy trình thiết kế chặt chẽ hơn về mặt địa kỹ thuật; (ii) trao đổi và đào tạo cách tiếp cận thiết kế mô phỏng hiện đại cho các đơn vị hoạt động khoáng sản; (iii) thiết kế các mỏ lớn và hiện đại theo hướng ứng dụng mô phỏng số hiện đại; (iv) giảm thiểu chi phí thuê mua dịch vụ thiết kế, phần mềm và đào tạo nhân lực.



Hình 9: Mô hình hàm lượng khu Bãi Đất mỏ Đăk Sa (Phuoc Son Gold Company LTD, 2008)

## 5. Kết luận

Nội dung bài báo đã trình bày một phân tích về các dạng tai biến địa kỹ thuật xảy ra trong khai thác mỏ hầm lò nói chung và ở Việt Nam nói riêng. Sự phù hợp của phương pháp mô phỏng số hiện đại tới dự báo các tai biến địa kỹ thuật trong điều kiện mỏ Việt Nam được khẳng định. Nguyên nhân sơ bộ và giải pháp cho việc đẩy mạnh ứng dụng mô phỏng số cho điều kiện mỏ Việt Nam được đề xuất, là cơ sở để các đơn vị khai thác mỏ mở rộng ứng dụng phương pháp, nâng cao hiệu quả sản xuất và an toàn lao động, đáp ứng yêu cầu phát triển ngành bền vững và ứng phó biến đổi khí hậu ở Việt Nam.

## Tài liệu tham khảo

- Ban Phuc Nikel Mines, 2007. *Ban Phuc Project - Mining method and schedule*. Son La.
- Báo Quân đội nhân dân. 2011. Sụt đất bất thường do khai thác than trái phép tại Quảng Ninh [Online]. Available: <https://www.qdnd.vn/chinh-tri/tin-tuc/sut-dat-bat-thuong-do-khai-thac-than-trai-phép-tai-quang-ninh-300660> [Accessed 24 Aug 2022].
- Barbour, S. L. & Krahn, J., 2004. Numerical Modelling – Prediction or Process? *Geotechnical News*, 44-52.
- Bộ Công Thương, 2011. Thông tư Ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong khai thác than hầm lò.
- Chu, V. N., Mai, T. N., Vũ, C. H. & Trần, Đ. Q., 2016. *Tai biến địa chất ngoại sinh và nhân sinh*. In: TÓNG, D. T., MAI, T. N. & TRẦN, N. (eds.) *Bách khoa thư địa chất*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.
- Cundall, P. A. The Art of Numerical Modeling in Geomechanics. *Geo-Congress 2020*, 25-28 Feb 2020 Minneapolis, Minnesota. ASCE, 1-13.
- Dang, V. K., Vo, T. H., Do, N. A., Do, N. T. & Dao, V. C., 2020. Stability of Deep Underground Mine Drift through Complex Geology Conditions in Quang Ninh Coal Area. *Inżynieria Mineralna – Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, 46, 221-230.
- Đinh, T. T. T., Nguyễn, V. C., Trần, M. N., Nguyễn, X. T., Trần, V. Đ., Trương, T. Đ., Nguyễn, H. H., Nguyễn, V. S. & Trần, T. H., 2017. Nghiên cứu phương pháp khai thác than hầm lò trong điều kiện địa chất phức tạp (đất đá vách yếu, than mềm yếu bờ rời) tại mỏ Khe Chàm III. Hà Nội: Công ty Cổ phần Tư vấn đầu tư Mỏ và Công nghiệp - Vinacomin
- Lê, Q. P. & Thân, V. D., 2021. Nghiên cứu sự ổn định của lò dọc vỉa tái sử dụng tại mỏ than Khe Chàm I. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, 62, 94-102.
- Lê, T. D. Cơ chế sụt lở gương than trong các lò chợ chống giàn cơ khí hóa vùng than Quảng Ninh. In: TRẦN, T. H., ed. *Hội nghị Toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2020)*, 2020 Hà Nội. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, 6-11.
- Le, T. D., Bui, M. T., Pham, D. H., Vu, T. T. & Dao, V. C., 2018. A modelling technique for top coal fall ahead of face support in mechanised longwall using Discrete Element Method. *Journal of Mining and Earth Sciences*, 59, 56-65.
- Le, T. D., Vu, D. H. & Nguyen, A. T., 2020. Characteristics of top coal fall in front of face support in longwall: A case study. *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 42, 152-161.
- Mottahedi, A. & Ataei, M., 2019. Fuzzy fault tree analysis for coal burst occurrence probability in

underground coal mining. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 83, 165-174.

Nguyễn, Q. P., 2015. Nghiên cứu ứng dụng và phát triển mô hình phân tích, dự báo tai biến địa chất-kỹ thuật đối với công trình ngầm, công trình khai thác mỏ ở Việt Nam (ĐT.NCCB-ĐHUĐ.2011-G/13). Hà Nội: Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

Nguyen, Q. P., Manh Nguyen, V., Konietzky, H., Nguyen, Q. L. & Pham, N. A. Numerical Simulation of the Influence of Water Inrush on Underground Coal Mining Stability in Vietnam. In: DREBENSTEDT, C. & SINGHAL, R., eds. *Mine Planning and Equipment Selection*, 2014// 2014 Cham. Springer International Publishing, 629-636.

Nguyễn, Q. P. & Phạm, V. C., 2013. Nghiên cứu xây dựng mô hình địa cơ dự báo hiện tượng phá hủy, dịch chuyển và biến dạng trong khai thác than vùng Quảng Ninh. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ-Địa chất*, 43, 64-71.

Nguyễn, V. C. Bực nước, ngập lò khi khai thác than trong điều kiện phức tạp. *Hội nghị Khoa học Kỹ thuật Mỏ Quốc tế - Công nghiệp Mỏ tiên tiến vì sự phát triển bền vững*, 2010 Hạ Long. 636-642.

Phạm, Đ. H. & Mạc, V. T. D., 2021. Ứng dụng phương pháp mô hình số xác định ảnh hưởng của khai thác hầm lò đến các công trình thuộc cụm kho G9 mỏ than Mông Dương bằng phần mềm UDEC - 2D. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, 62, 18-27.

Phạm, V. C., 2018. *Nghiên cứu xây dựng mô hình biến động địa cơ khu vực lò chợ cơ giới hóa khai thác vỉa dày ở một số mỏ than hầm lò Quảng Ninh*. Tiến sĩ Luận án Tiến sĩ, Đại học Mỏ-Địa chất Hà Nội.

Phuoc Son Gold Company LTD, 2008. Dak Sa Gold Project - Feasibility study report. Quang Nam.

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ, 2012. *Nghiên cứu xác định các thông số dịch chuyển, biến dạng đất đá khi khai thác vỉa dày bằng phương pháp hầm lò trên mô hình vật liệu tương đương*. Hà Nội: Bộ Công Thương.

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ, 2019. *Nghiên cứu đề xuất các giải pháp ngăn chặn bùng nổ có hiệu quả tại các đường lò mỏ than Mạo Khê*. Hà Nội: Viện Khoa học Công Nghệ Mỏ.

Vũ, T. T., 2022. Nguyên nhân bực nước vào lò chợ và giải pháp phòng ngừa khi khai thác vỉa than dưới khu vực moong lộ thiên đã kết thúc khai thác. *Tạp chí Công Nghiệp Mỏ*, 39-46.

Zhang, Z., Zhang, M., Jiang, Y., Bai, Q. & Zhao, Q., 2017. Analytical prediction for ground movements and liner internal forces induced by shallow tunnels considering non-uniform convergence pattern and ground-liner interaction mechanism. *Soils and Foundations*, 57, 211-226.

## ABSTRACT

### Study on use of numerical modelling for prediction of geotechnical hazards in Vietnam underground mining

Le Tien Dung<sup>1,\*</sup>, Dao Van Chi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Department of Underground Mining, Hanoi University of Mining and Geology*

The paper presents a study on use of numerical modelling for prediction of geotechnical hazards commonly occurred in underground mining. By using theoretical analysis, literature review and expert methods, the paper demonstrated the important role of numerical modelling in geotechnical engineering practice and interpreted its use and suitability for predicting underground mining-induced geotechnical hazards. The paper also pointed out the reasons restricted the use of modelling in Vietnam mining practice and proposed corresponding solutions to promote the use. The paper's results serve as the basis for increasing use of numerical modelling in Vietnam mining companies, improving production efficiency and labour safety at field.

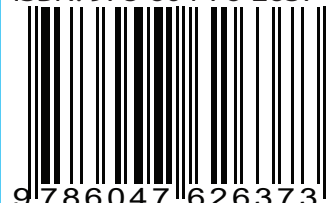
**Keywords:** Numerical modelling; Floor heave; Rock fall; Water outbreak; Surface subsidence.



# KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG



ISBN: 978-604-76-2637-3



9 786047 626373