

LIÊN HIỆP CÁC HỘI KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT VIỆT NAM  
HỘI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ MỎ VIỆT NAM



HỘI THẢO KHOA HỌC  
**CHUYỂN ĐỔI SỐ  
DOANH NGHIỆP MỎ**



NHÀ XUẤT BẢN CÔNG THƯƠNG  
Hà Long, tháng 9 năm 2022

- 17. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ số nhằm nâng cao hiệu quả khai thác trên các mỏ than - khoáng sản lộ thiên Việt Nam** 99  
*Đoàn Văn Thanh, Lê Bá Phúc, Bùi Duy Nam, Đỗ Văn Triều*  
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin - Email: doanthanh.vimsat@gmail.com  
*Trần Đình Bảo, Nguyễn Tuấn Thành*  
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
- 18. Phương pháp tính toán ổn định bờ mỏ lộ thiên với đồng bộ ứng dụng tin học** 109  
*PGS.TS. Kiều Kim Trúc*  
Hội Khoa học Công nghệ Mỏ Việt Nam
- 19. Sử dụng thuật toán trí tuệ nhân tạo nhằm tối ưu hóa quá trình tuyển nổi và khả năng ứng dụng tại Việt Nam** 118  
*Nhữ Thị Kim Dung, Vũ Thị Chinh, Trần Văn Được*  
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
- 20. Hoàn thiện hệ thống thông tin thống kê trong doanh nghiệp mỏ hướng tới chuyển đổi số trong quản lý doanh nghiệp** 125  
*TS. Nguyễn Thị Bích Ngọc; ThS. Nguyễn Trọng Tuyên*  
Trường Đại học Mỏ - Địa chất; Email: nguyenthibichngoc@humg.edu.vn  
*Ban Khoa học, Công nghệ Thông tin và Chiến lược phát triển,*  
Tập đoàn Công nghiệp Than - khoáng sản Việt Nam
- 21. Nghiên cứu quy trình công nghệ thành lập bản đồ thành phố 3D trên nền Web phục vụ quá trình chuyển đổi số** 132  
*Vương Trọng Kha*  
Trường Đại học Mỏ Địa chất  
*Trịnh Lê Hùng*  
Học viện Kỹ thuật Quân sự
- 22. Giải pháp đảm bảo chất lượng thông tin kế toán của doanh nghiệp khai thác than trong thời kỳ chuyển đổi số** 138  
*TS. Phạm Thị Hồng Hạnh, TS. Nguyễn Thị Bích Ngọc*  
Trường Đại học Mỏ - Địa chất  
Email: phamthihonghanh@humg.edu.vn
- 23. Giải pháp công nghệ kỹ thuật số trong công tác quản lý, giám sát và cảnh báo mức độ an toàn đối với đập hồ thải quặng đuôi tại Việt Nam** 146  
*Vũ Đình Trường, Nguyễn Thị Thu*  
Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ - Luyện Kim;  
*Phạm Văn Việt*  
Trường Đại học Mỏ - Địa chất



# GIẢI PHÁP CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT SỐ TRONG CÔNG TÁC QUẢN LÝ, GIÁM SÁT VÀ CẢNH BÁO MỨC ĐỘ AN TOÀN ĐỐI VỚI ĐẬP HỒ THẢI QUẶNG ĐUÔI TẠI VIỆT NAM

VŨ ĐÌNH TRƯỜNG, NGUYỄN THỊ THU  
Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ - Luyện Kim

PHẠM VĂN VIỆT  
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

## Tóm tắt

Việt Nam có đa dạng các loại khoáng sản kim loại như vàng, thiếc, đồng, sắt, chì kẽm, vonfram, niken, bauxit... tập trung chủ yếu ở khu vực miền núi phía Bắc, Trung Bộ và Tây Nguyên. Thực hiện Luật Khoáng sản số 60/2010/QH14, các mỏ phải đảm bảo chế biến sâu thông qua các nhà máy tuyển, luyện dẫn đến lượng thải quặng đuôi ra tăng, đặc biệt quặng đuôi có chứa kim loại nặng và có tính axit. Việc đảm bảo an toàn hồ đập thải quặng đuôi là một vấn đề trở nên cấp thiết nhằm đáp ứng yêu cầu công tác quản lý an toàn, giảm rủi ro cho các công trình này tới môi trường xung quanh. Bài viết phân tích thực trạng công tác quản lý hồ đập thải hiện nay ở Việt Nam, đề xuất quy trình, giải pháp công nghệ, thiết bị trong thiết kế, quản lý giám sát mức độ an toàn với các đập hồ thải quặng đuôi ở Việt Nam, trên cơ sở học hỏi, tiếp thu các công nghệ, thiết bị tiên tiến đang áp dụng trên thế giới như công nghệ vụn vật kết nối, điện toán đám mây, các phần mềm chuyên dụng, các cảm biến chuyên biệt... trong quản lý, giám sát cảnh báo mức độ an toàn đối với hồ đập thải quặng đuôi.

**Từ khóa:** Đập thải quặng đuôi, hồ thải quặng đuôi, cảnh báo an toàn, phần mềm số.

## 1. Đặt vấn đề

Công tác khai thác, chế biến khoáng sản (KS), đặc biệt là KS kim loại đang phát triển mạnh trên thực tế và theo định hướng trong dự thảo Quy hoạch khoáng sản năm 2021 đến 2030, tầm nhìn đến 2050. Công tác chế biến sâu KS ngày càng được quan tâm, phát triển về công nghệ, thiết bị nhằm xây dựng ngành công nghiệp KS hiệu quả, phát triển bền vững, đáp ứng nhu cầu nguyên liệu khoáng cho nền kinh tế, giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường [1]. Khai thác, chế biến KS thải ra hồ chứa một lượng lớn quặng đuôi, trong đó có nhiều loại quặng đuôi còn chứa các nguyên tố kim loại nặng và dư lượng hóa chất (axít, ba zơ, thuốc tuyển...), do đó, việc đảm bảo an toàn hồ đập thải quặng đuôi là nhiệm vụ quan trọng, cần có sự quan tâm đúng mức.

Trong những năm gần đây, các sự cố vỡ đập hồ chứa quặng đuôi đã xảy ra ở một số mỏ, gây ra

những tổn thất nặng nề về kinh tế và môi trường. Hầu hết các nguyên nhân của các sự cố này xuất phát từ các sai sót trong quá trình thiết kế, xây dựng, quản lý, vận hành, giám sát hồ/đập thải và biến đổi bất thường của khí hậu, thủy văn. Về mặt đầu tư, do hạn chế hoặc tiết kiệm chi phí xây dựng nên các hạng mục, công trình của hồ thải không được đầu tư xây dựng đầy đủ và có độ kiên cố cần thiết, một số hồ thải phải làm việc quá tải theo thiết kế.

Về mặt khảo sát thiết kế, việc hạn chế các tài liệu về khí tượng thủy văn, địa hình địa chất cũng như các phương pháp tính toán, dẫn đến việc các hồ sơ thiết kế không sát với thực tế, chưa đảm bảo an toàn. Về mặt xây dựng, do thiết bị xây dựng còn thiếu, kỹ thuật xây dựng lạc hậu, các hồ chứa quặng đuôi được xây dựng bằng phương pháp thủ công dẫn đến chất lượng xây dựng không đảm bảo. Rất nhiều đập bị thấm do vật liệu không đảm bảo chất lượng, nền hồ không được xử lý, kỹ thuật đắp không



đạt yêu cầu. Về mặt quản lý, vận hành kiểm tra và giám sát hồ thải còn nhiều hạn chế bất cập. Trước năm 2020, Việt Nam chưa có một văn bản pháp lý nào quy định về quản lý an toàn hồ chứa quặng đuôi, cũng như văn bản quy định riêng về mặt thiết kế, vận hành, bảo trì dành riêng cho hồ chứa quặng đuôi khoáng sản. Các văn bản chủ yếu là các quy định trên góc độ môi trường về quản lý chất thải rắn và môi trường xung quanh khu vực lưu trữ chất thải rắn như nước thải, khí thải, đất quy định trong Luật Bảo vệ môi trường và các văn bản dưới luật; các tiêu chuẩn thiết kế bãi thải chôn lấp chất thải rắn, chất thải nguy hại. Do chưa có bất cứ một văn bản, tiêu chuẩn, quy chuẩn, hướng dẫn kỹ thuật nào quy định về vị trí, thiết kế, xây dựng và vận hành hồ chứa quặng đuôi nên các doanh nghiệp thường sử dụng các tiêu chuẩn, quy chuẩn áp dụng cho các hồ chứa nước thủy lợi và đập chứa nước. Việc này dẫn đến khó khăn trong công tác quản lý của các cơ quan quản lý nhà nước, cũng như việc thực hiện của các doanh nghiệp.

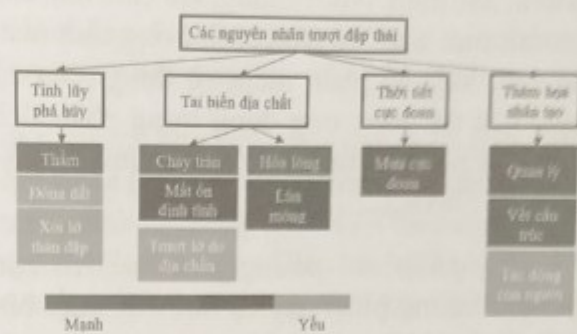
Để đảm bảo an toàn tài sản, tính mạng con người và các công trình cần bảo vệ xung quanh khu vực hồ thải quặng đuôi, cũng như thực hiện các quy định về quản lý, vận hành hồ chứa thải quặng đuôi trong hoạt động khai thác và chế biến khoáng sản đã được Bộ Công Thương quy định tại Thông tư số 41/2020/TT-BCT ngày 30 tháng 11 năm 2020 về quan trắc chuyên vị, kiểm soát thấm trong đập, giám sát mực nước và dòng chảy đến hồ chứa, trạng thái ứng suất trong đập và các theo dõi các khu vực quanh hồ chứa, thiết bị vận hành hồ đập.

Để thực hiện các việc trên thì việc xây dựng giải pháp công nghệ kỹ thuật số trong quản lý giám sát an toàn hồ đập là việc làm cần thiết đảm bảo độ an toàn của hồ đập thải với các công trình và môi trường xung quanh. Do đó, bài báo đã đề xuất quy trình, giải pháp kỹ thuật-công nghệ trong thiết kế, quản lý giám sát mức độ an toàn với các đập hồ thải quặng đuôi ở Việt Nam, trên cơ sở phân tích thực trạng công tác quản lý hồ đập thải hiện nay ở Việt Nam, các công nghệ tiên tiến đang áp dụng ở trên thế giới như các phần mềm số, các sen sơ cảm biến, công nghệ vạn vật kết nối và công nghệ điện toán đám mây

trong quản lý, giám sát cảnh báo mức độ an toàn đối với hồ đập thải quặng đuôi.

## 2. Các giải pháp kỹ thuật - công nghệ trong thiết kế, quản lý giám sát mức độ an toàn với các đập hồ thải quặng đuôi ở Việt Nam.

Qua tìm hiểu các nguyên nhân chính của phá hủy đập là thấm, chảy tràn và trạng thái hóa lỏng địa chấn đã được một số nghiên cứu đưa ra [2], [4]. Tổng hợp các nguyên nhân chính gây ra trượt đập thải quặng đuôi được thể hiện trong Hình 1.



Hình 1. Các nguyên nhân gây ra mất ổn định đập thải quặng đuôi

Từ các nguyên nhân gây mất ổn định hồ đập thải quặng đuôi nhận thấy rằng, việc đưa ra các giải pháp kiểm soát an toàn trong thiết kế, kiểm toán an toàn hồ đập là rất quan trọng. Do đó, các giải pháp mô phỏng số là rất cần thiết trong việc thiết kế và kiểm toán an toàn hồ đập thải kết hợp với các giải pháp quan trắc, cảnh báo an toàn hồ đập tự động trong hoạt động thải, do nhiều yếu tố thay đổi chưa rõ nguyên nhân gây ra, ngoài ra còn xây dựng công tác vận hành hồ thải.

### 2.1. Phương pháp mô phỏng số

Phương pháp mô phỏng số được sử dụng trong việc thiết kế, kiểm toán về độ ổn định hồ đập ở trạng thái ứng suất, biến dạng, dịch chuyển, thấm trong thân đập. Với sự phát triển và cập nhật của công nghệ máy tính, các phương pháp mô phỏng số đã được sử dụng nhiều trong các thiết kế, đánh giá về đập thải. Các phương pháp mô phỏng số phổ biến là phương pháp



phần tử hữu hạn (FEM), phương pháp phần tử rời rạc (DEM), phương pháp sai phân hữu hạn (FDM),...

- *Phương pháp mô phỏng phần tử hữu hạn (FEM)*: đã được áp dụng trong các phân tích ổn định bờ mỏ. Trước tiên, phương pháp thay thế cấu trúc phức tạp và biến dạng với các một số các phần tử giới hạn với các mạng lưới điểm nút. Sau đó, dịch chuyển, lực trên các điểm nút được phân tích. Các công thức dịch chuyển hoặc lực của các điểm nút được xây dựng theo cân bằng lực, tạo ra ma trận độ cứng. Khi các giới hạn và điều kiện biên cụ thể các ứng suất, biến dạng, dịch chuyển trên các điểm nút được tính toán xác định. Nhìn chung, khi chia nhỏ các điểm nút tính toán thì độ chính trong tính toán càng cao. Một số phần mềm sử dụng phương pháp FEM đã được ứng dụng trong phân tích đập thải là phần mềm ANSYS, Abaqus, midas-GTS NX, Flaxis,...

- *Phương pháp mô phỏng phần tử rời rạc (DEM)*: Phương pháp này đã được đề xuất bởi Cundall năm 1971 và đã được sử dụng rộng rãi trong cơ học đá. Sự khác nhau giữa phương pháp mô phỏng FEM và phương pháp mô phỏng DEM là phương pháp DEM sử dụng phù hợp cho các cấu trúc khe nứt lớn và có sự phân chia thành các phần tử rời rạc. Phương pháp này chia khối đá thành 2 phần: Các phần tử rời rạc và khe nứt giữa các phần tử. Các khe nứt là các điều kiện biên giữa các phần tử. Ban đầu, một mô hình cấu trúc được thành lập từ các phần tử rời rạc được sinh ra ngẫu nhiên trong mô hình. Các phần tử được liên kết bằng việc quan sát khoảng cách giữa chúng. Thứ hai, lựa chọn mô hình tương tác hợp lý để phân tích sự tương tác giữa các phần tử giúp tính toán lực và luật chuyển động. Sau một vài quá trình mô phỏng thu được các luật chuyển động của các phần tử. Các phần mềm phân tích ổn định theo phương pháp mô phỏng DEM bao gồm 3DEC, FPC<sup>2D</sup> và FPC<sup>3D</sup>.

- *Phương pháp mô phỏng sai phân hữu hạn (FDM)*: Phương pháp mô phỏng số phát triển sớm và hoàn thiện, thực hiện chia cấu trúc thành các vùng vi phân giới hạn và thay thế toàn bộ cấu trúc bằng các nút lưới. Kết quả xuất phát

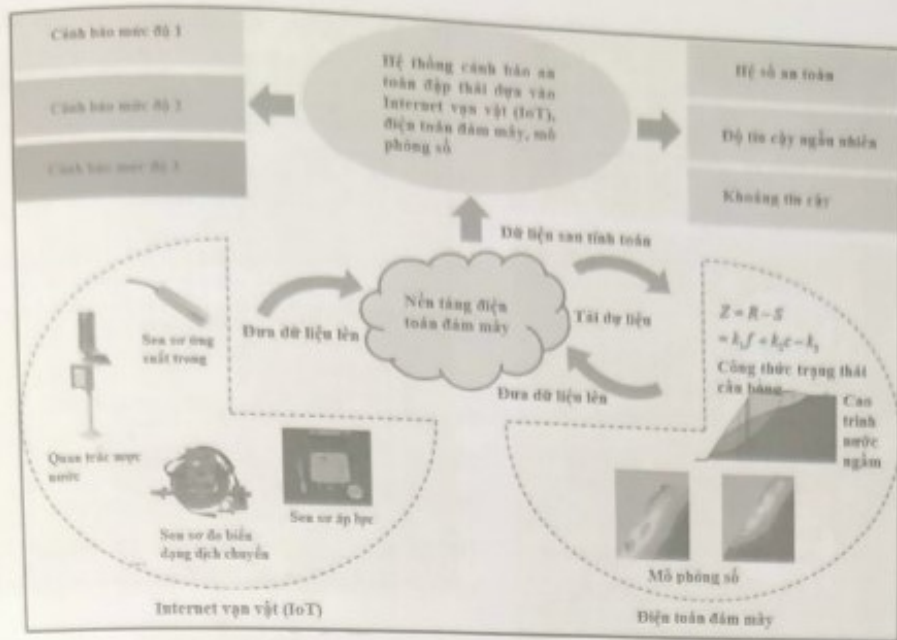
từ công thức vi phân thỏa mãn các điều kiện chuyển thành số lượng vi phân cho phân tích ở các vị trí nút. Sau đó, các công thức toán học cho các điểm nút đạt được. Cuối cùng, sử dụng chu kỳ tính lặp để giải quyết bài toán. Phương pháp này cho kết quả tính toán đạt mức xấp xỉ, nhưng sử dụng rộng cho các phân tích kỹ thuật do đơn giản và độ linh hoạt cao. Phần mềm được sử dụng cho phương pháp này là FLAC<sup>3D</sup>, chúng có thể mô phỏng ứng suất, thấm ở phạm vi 3 chiều, đây cũng là phần mềm sử dụng phổ biến trong việc phân tích đập thải quặng đuôi.

Tóm lại, hiện nay các nghiên cứu về ổn định đập chủ yếu tập trung vào điều kiện làm việc đơn giản và phương pháp đơn giản, nhưng đập thải quặng đuôi là một cấu trúc phức tạp. Hay nói cách khác là có nhiều nhân tố bên ngoài tác động tới độ ổn định của đập. Do điều kiện đơn giản không thể miêu tả được toàn cảnh thực tế của nghiên cứu do các phần tử quặng đuôi không hoàn toàn giống như các hạt đất, dẫn đến sự sai khác trong phân tích khi sử dụng phương pháp phân tích theo đất đá thông thường như liên quan đến tính thấm và phân tích động lực do điều kiện động đất gây ra. Khi phân tích ổn định đập thải quặng đuôi bằng sử dụng các phương pháp khác nhau sẽ có các kết quả tính toán khác nhau dẫn đến đánh giá sự ổn định một cách toàn diện hơn, có khả năng so sánh kết quả tính toán với kết quả quan trắc thực tế.

## **2.2. Quan trắc an toàn và cảnh báo mức độ an toàn đập thải quặng đuôi**

Hiện tại, các hồ thải quặng đuôi cần thiết phải quan trắc như lượng mưa thượng lưu, mực nước, tính thấm, sụt lún, dịch động, ứng suất trong thân đập và trạng thái ứng suất ở móng đập. Quá trình quan trắc mực nước theo đồng hồ đo áp lực thủy lực hoặc đồng hồ đo nước siêu âm, thiết bị quan trắc thấm sử dụng thấm áp kế, còn do dịch động bằng các trạm đo trên bề mặt. Đảm bảo độ chính xác khả năng thu thập dữ liệu nhanh thì các phương pháp đo cần phải thay đổi như phương pháp lọc DE-Kalman để xác định sự thay đổi mực thấm. Để xác định sự biến dạng và biến dạng động lực thì phương pháp đo theo hệ thống định vị toàn cầu GPS có độ chính xác cao và chi phí thấp. Ngoài ra còn có đo biến





Hình 2. Sơ đồ cảnh báo đánh giá an toàn hồ đập thải quặng đuôi dựa trên kết hợp mô phỏng số, Internet vạn vật và điện toán đám mây

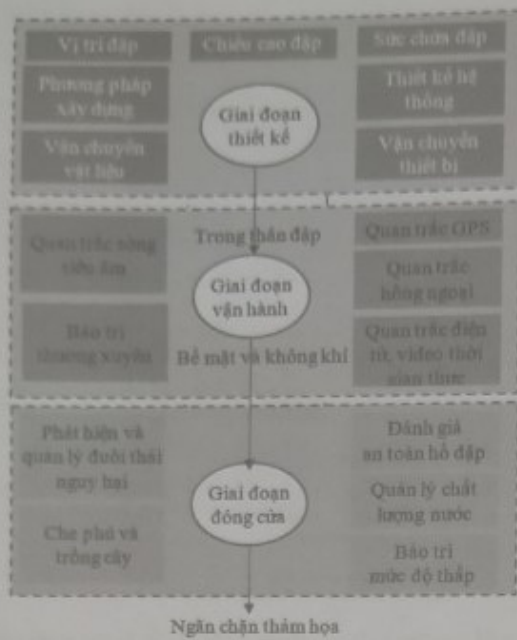
dạng bằng phương pháp ra đa. Khi đã có dữ liệu thu thập nhanh và nhiều thì phương pháp trí tuệ nhân tạo có thể được sử dụng để dự đoán và điều khiển mức thấm, dựa vào các thông tin thu thập, mô hình trí tuệ nhân tạo được thành lập để quan trắc dự báo sự phát triển của mức thấm trong thân đập. Ngoài ra, phương pháp kết hợp hệ thống thông tin địa lý (GIS), cảm biến từ xa (RS) và định vị toàn cầu (GPS) cũng đã được đưa ra tính toán quan trắc cho hệ thống đập như công nghệ kết hợp giữa cảm biến từ xa và hệ thống quét laser để quan trắc đập thải quặng đuôi. Hệ thống này tránh được các thiếu sót khi tiến hành quan trắc thủ công như là mật độ điểm ít và phát hiện các vấn đề của đập nhanh hơn. Kết hợp các yếu tố đó, hệ thống quan trắc dựa trên internet vạn vật (IOT) và dịch vụ điện toán đám mây (Cloud computing) có thể quan trắc mức thấm, mực nước và biến dạng đập trong thời gian thực được đưa ra. Từ đó, việc kết hợp quan trắc cảnh báo giám sát đập có thể kết hợp internet vạn vật, điện toán đám mây và mô hình số để hoàn thiện quá trình quan trắc theo 4 mức liên thông: cảm biến, internet vạn vật, điện toán đám mây và ứng dụng.

### 2.3. Mô hình quản lý đảm bảo an toàn hồ đập thải quặng đuôi

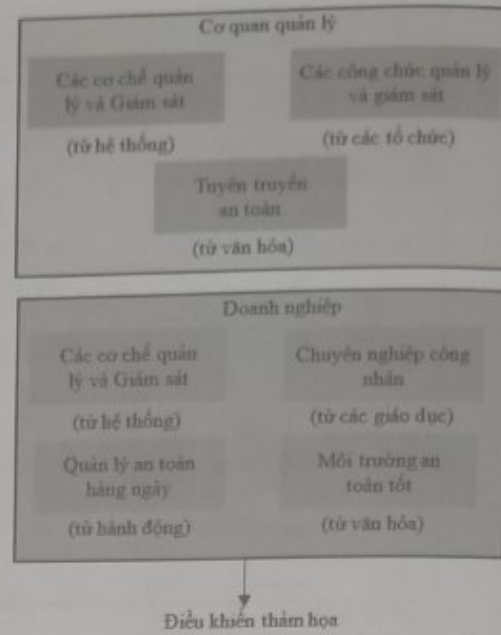
Các thảm họa hồ đập thải quặng đuôi vẫn có thể xảy ra, dẫn đến không đảm bảo an toàn và

môi trường khu vực xung quanh hồ thải. Do đó, nhà quản lý cần yêu cầu thực hiện các công việc mang tính hệ thống toàn diện theo các mặt gồm ngăn chặn thảm họa, điều khiển thảm họa nhằm đảm bảo hồ thải quặng đuôi kết thúc nhiệm vụ của chúng trong thời gian thực hiện toàn dự án. Quá trình ngăn chặn thảm họa và điều khiển thảm họa chuyển dịch từ bị động sang kết hợp giữa chủ động và bị động.

- Ngăn chặn thảm họa: ngăn chặn thảm họa bao gồm công tác ngăn chặn và điều chỉnh. Ngăn chặn thể hiện hướng dẫn chủ động, còn điều chỉnh thể hiện kiểm soát bị động. Rõ ràng, hoạt động ngăn chặn có tính vững bền cao và kinh tế so với điều chỉnh thảm họa. Do vậy, ngăn chặn thảm họa cần được xem xét toàn bộ thời gian tồn tại của đập thải quặng đuôi. Hoạt động ngăn chặn thảm họa bao gồm các giai đoạn từ thiết kế, vận hành đến đóng cửa. Giai đoạn thiết kế cần xem xét vị trí đập hợp lý dựa trên đặc tính quặng đuôi, môi trường xung quanh, phương pháp xây dựng đập, chiều cao đập và sức chứa đập, đáp ứng tiêu chuẩn quốc gia. Ngoài ra còn phải xây dựng tuyến đường vận tải vật liệu và thiết bị. Giai đoạn vận hành nên tập chung vào quan trắc và hình thành một hệ thống toàn diện cho quan trắc bề mặt và bên trong thân đập. Hiện nay, phương pháp quan trắc dịch chuyển truyền thống sử dụng các trạm đo trên bề mặt, những trạm đo này chậm và thường bị động.



Hình 3. Sơ đồ ngăn chặn thảm họa do mất an toàn hồ đập thải quặng đuôi



Hình 4. Sơ đồ điều khiển thảm họa do mất an toàn hồ đập gây ra.

Do đó, việc chuyển sử dụng bức xạ âm thanh hoặc sóng vi địa chấn để đạt theo thời gian thực. Thêm vào đó công nghệ quan trắc bằng sóng vi chấn, bức xạ siêu âm hoặc hồng ngoại có thể phát hiện các vi khe nứt bên trong thân đập và chuyển từ quan trắc rủi ro từ điểm sang khối và từ bề mặt vào bên trong thân đập. Giai đoạn đóng cửa bao gồm công tác phát hiện và quản lý các quặng đuôi nguy hại, phủ bề mặt và trồng cây, đánh giá an toàn đập, chất lượng nước và bảo trì theo quy định, giúp đập thải quặng đuôi có khả năng đảm bảo an toàn.

- Điều khiển thảm họa: thể hiện sự phản ánh về quản lý an toàn đập thải quặng đuôi. Công tác quản lý tốt thể hiện một vai trò quan trọng trong điều khiển thảm họa. Vai trò điều khiển thảm họa do các tai nạn đập thải quặng đuôi từ cả phía cơ quan quản lý và các doanh nghiệp.

➤ Cơ quan quản lý:

1) Thành lập các cơ chế giám sát và quản lý cho đập thải quặng đuôi điều tra nguy hại tới an toàn, thanh tra định kỳ, giám sát trọng điểm. Thực hiện các cơ chế đánh giá thực hiện an toàn cho các doanh nghiệp để đưa ra các khuyến khích tích cực tới các công ty thực hiện tốt công tác an toàn đập. Các đội kỹ thuật cho giám sát an toàn với hiểu biết và kỹ năng chuyên nghiệp

và xây dựng các kế hoạch ứng cứu sự cố cho đập thải quặng đuôi, tăng cường thanh kiểm tra, tập huấn ứng cứu sự cố khẩn cấp cho các doanh nghiệp vận hành hồ thải.

2) Các đội giám sát ngăn bao gồm các công chức liên quan ở các mức khác nhau được thành lập để thanh tra công tác an toàn hồ đập ở quy mô lớn. Qua kết quả thanh tra, cần phân loại các mức độ an toàn của mỗi đập thải.

3) Trong mỗi doanh nghiệp vận hành hồ đập thải, các luật và các quy định liên quan đến đập thải và các hậu quả của các tai nạn cần phải được nhấn mạnh để cải thiện kiến thức an toàn cho các doanh nghiệp.

4) Cần có cơ chế, chính sách để khuyến khích các doanh nghiệp sử dụng hồ thải quặng đuôi đầu tư các thiết bị quan trắc tự động dựa trên kết hợp mô phỏng số, Internet vạn vật, và điện toán đám mây. Từ đó, làm cơ sở để hình thành công tác quản lý, giám sát tập trung và cảnh báo sớm của cơ quan quản lý nhà nước tại từng địa phương cũng như tại các cơ quan chuyên môn.

➤ Doanh nghiệp vận hành hồ đập:

1) Cải thiện hệ thống đánh giá khen thưởng cho công tác thực hiện an toàn hồ đập thải. Cần tiến hành thiết lập các kế hoạch ứng cứu khẩn cấp và



các diễn tập khẩn cấp định kỳ để cải thiện khả năng ứng cứu khẩn cấp khi xảy ra.

2) Các doanh nghiệp nên thực hiện huấn luyện công tác an toàn cho các công nhân vận hành nhằm tăng cường quan tâm của họ tới công tác an toàn và nâng hiểu biết, kỹ năng an toàn để có thể giải quyết các trường hợp khẩn cấp một cách nhanh chóng.

3) Người quản lý công tác an toàn nên kiểm tra định kỳ đập thải quặng đuôi để phát hiện các vận hành không đúng theo quy định và các rủi ro đang tồn tại để tránh các tai nạn đáng tiếc xảy ra. Các rủi ro được phát hiện phải khắc phục kịp thời.

4) Cần phải treo các cảnh báo an toàn, đánh giá khẩn cấp và thông báo thưởng phạt ở các nơi dễ chú ý tạo ra môi trường an toàn tốt, giúp cho các công nhân có cách cư xử và ý thức an toàn là trên hết.

### 3. Kết luận

Thực trạng công tác an toàn hồ đập thải quặng đuôi ở Việt Nam còn nhiều hạn chế do vốn đầu tư, công tác thiết kế, công tác vận hành an toàn hồ đập thải vẫn còn nhiều thiếu sót. Việc áp dụng giải pháp kỹ thuật công nghệ vào quản lý, giám sát, cảnh báo về chuyển vị và thấm trong đập, mực nước và dòng chảy đến hồ chứa là việc làm cần thiết vì nhiều nguyên nhân gây ra mất an toàn hồ đập thải cũng chưa kiểm soát hết và thực hiện quy định về quản lý vận hành hồ chứa quặng đuôi trong hoạt động khai thác và chế biến khoáng sản của Thông tư số 42/2020/TT-BCT ngày 30/11/2020. Việc đề xuất sử dụng các công nghệ hiện đại như phương pháp mô phỏng số, internet vạn vật, điện toán đám mây là những đề xuất hợp lý phù hợp nền tảng khoa học công nghệ hiện nay, có tính cập nhật thời gian thực giảm rủi ro mất an toàn gây ra [5]-[10]. Xây dựng quy trình kiểm soát an toàn hồ đập thải quặng đuôi là giải pháp tích cực, tạo ra nền tảng văn hóa, ý thức trong kiểm soát an toàn.

### Tài liệu tham khảo

- [1]. Thủ tướng Chính phủ, (2021). *Dự thảo phê duyệt quy hoạch thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng các loại khoáng sản thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050*, Hà Nội.
- [2]. Rico, M., Benito, G., Salgueiro, A.R., Díez-Herrero, A., Pereira, H.G., 2008. Reported tailings dam failures: A review of the European incidents in the worldwide context. *Journal of Hazardous Materials*. 152(2), 846-852.
- [3]. Azam, S., Li, Q., 2010. Tailings dam failures: a review of the last one hundred years. *Geotechnical News*. 28(4), 50-53.
- [4]. Zhou, J., Zeng, Y., Sun, B., 2018. Analysis on the causes of dam failure and the safety and stability of tailings dam. *Gold*. 39(10), 73-77.
- [5]. Li, W., Wang, C., 2011. GPS in the tailings dam deformation monitoring. *Procedia Engineering*. 26, 1648-1657.
- [6]. Lumbroso, D., McElroy, C., Goff, C., Collell, M.R., Petkovsek, G., Wetton, M., 2019. The potential to reduce the risks posed by tailings dams using satellite-based information. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 38(2019), 101209.
- [7]. Zhu, J.X., Xu, W., Xu, Y.G., Hua, Y., 2009. Discussion on the Safety Monitoring of Tailing Reservoir Based on 3S Integrated Technology. *Metal Mine*. 394(4), 106-108.
- [8]. Ma, G.C., Wang, L.J., Ma, S., Tang, Y., Jia, H.J., 2016. Research on mine tailing pond safety monitoring based on multiple technology fusion. *China Safety Science Journal*. 26(7), 35-40.
- [9]. Sun, E.J., Zhang, X.K., Li, Z.X., 2012. The internet of things (IOT) and cloud computing (CC) based tailings dam monitoring and pre-alarm system in mines. *Safety Science*. 50(4), 811-815, 2012.
- [10]. Dong, L.J., Shu, W.W., Sun, D.Y., Li, X.B., Zhang, L.Y., 2017. Pre-Alarm System Based on Real-Time Monitoring and Numerical Simulation Using Internet of Things and Cloud Computing for Tailings Dam in Mines. *IEEE Access*. 5, 21080-21089.