

**PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL WORKSHOP ON ADVANCES IN
SURFACE MINING FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION AND SUSTAINABLE
DEVELOPMENT 17 OCTOBER 2025, HA NOI, VIET NAM**



**THE 60th ANNIVERSARY
OF SURFACE MINING EDUCATION**

ADVANCES IN SURFACE MINING FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT-2025 (ASMES - 2025)



TRANSPORT PUBLISHING HOUSE, HA NOI, VIET NAM

TABLE OF CONTENTS

No.	AUTHORS	PAPER	PAGES
1.	Xuan-Nam Bui, Tran Quang Hieu, Nguyen Anh Tuan, Do Ngoc Hoan, Nguyen Phu Vu, Le Van Quyen	Training and Scientific Research Orientation in Surface Mining: Steadfast Integration, Reaching New Heights in the Modern Era	1-14
• 2.	Nguyen Anh Tuan, Pham Van Viet, Pham Van Hoa, Do Ngoc Hoan, Tran Dinh Bao	Stone in Vietnam: Building stone, rock fill and armourstone in construction for Sustainable Development	15-23
3.	Xuan-Nam Bui, Carsten Drebenstedt, Nguyen Hoang, Nguyen Van Duc, Tran Quang Hieu, Nguyen Quoc Long, Le Ngoc Ninh	Smart Mining - Opportunities and Challenges for Vietnam's Mining Industry	24-41
4.	Lai Hong Thanh, Mai The Toan, Le Ngoc Ninh, Xuan-Nam Bui	Vietnam's 2024 Law on Geology and Minerals: Opportunities and Challenges for the Mining Industry	42-55
• 5.	Le Thi Thu Hoa, Nguyen Hoang, Tran Quang Hieu, Tran Dinh Bao, Le Qui Thao, Nguyen Truc Anh, Atrushkevich Victor, Xuan-Nam Bui	Some Technological Approaches, Optimization Strategies, and Sustainable Development Directions for Selective Mining in Vietnam's Open-Pit Coal Mines	56-66
6.	Le Qui Thao, Do Ngoc Le Dung, Nguyen Thi Thuc Anh, Do Ngoc Hoan, Xuan-Nam Bui	Some Technological Orientations for Safe and Environmentally Friendly Mining Technology of Coastal Placer Titanium Deposits in Vietnam	67-83
7.	Tran Quang Hieu, Nguyen Van Duc, Xuan-Nam Bui, Trinh Hai Son, Bui Hoang Bac	Sustainable Rare Earth Mining Technologies: Global Trends and a Tailored Model for Vietnam's Development	84-98
8.	Tran Quang Hieu, Xuan-Nam Bui, Le Ngoc Ninh, Bui Hong Quang, Nguyen Van Hai	The management and utilization of industrial explosives in Vietnam: Achievements, opportunities, challenges, and future development orientations.	99-110
9.	Thang Dam Trong, Duc Ngo The	Experimental investigation on the influence of water saturation on the propagation velocity of blasting stress waves	111-123
• 10.	Nguyen Dinh An , Tran Dinh Bao	Controlling Harmful Impacts of Rock Blasting for Construction Site Preparation in Ha Giang Province, Vietnam	124-136
11.	Ngo Ngoc Thuy, Dam Trong Thang	A Study on Mitigating Air Shock Wave Intensity in Surface Blasting for Rock Fragmentation Using Sand Cover Layers	137-148
12.	Van-Viet Pham, Pirat Jaroopattanapong, Nguyen Anh Tuan, Van -Hoa Pham	Prediction of an appropriated powder factor used for blasting under the consideration of blast direction and rock mass quality	149-163
13.	Tung Lam Vu, Quang Hieu Tran, Trong Hieu Vu	Investigation and Analysis for the Selection of an Appropriate Method to determine Rock fragmentation from Experimental Data	164-175
• 14.	Do Ngoc Hoan, Tran Quang Hieu, Tran Dinh Bao	Achievements and Challenges in Occupational Safety and Health Management in the Mineral Mining industry in Vietnam	176-189
15.	Lam Kieu Anh, Tran Quang Hieu, Do Ngoc Hoan, Nguyen Anh Tho, Do Thi Lan Chi	Assessment and Control of Fire and Explosion Risks in Industrial Explosives Storage Facilities	190-209

• 16.	Do Van Trieu, Tran Dinh Bao, Dang Tien Anh, Dinh Ba Lam, Nguyen Van Hoang	Overview of Carbon Storage Technologies in Mine Waste Rock: Opportunities and Challenges for TKV Open-Pit Mines	210-223
17.	Do Thi Lan Chi, Vu Van Thu, Do Ngoc Hoan	Safety Culture In Enterprises: An Assessment And Intervention Framework Based On A Multi-Model Approach	224-233
18.	Xuan-Nam Bui, Thi-Tam Nguyen, Ngoc-Ninh Le, Duc-Tin Quach, Quang-Hieu Tran, Chang-Woo Lee, Van-Trieu Do, Van-Duc Nguyen	Decarbonizing Vietnam's Open-Pit Coal Mining: A Life Cycle Case Study of Emissions and Mitigation Pathways	234-248
19.	Tuan-Ngoc Le, Nguyen Truc Anh, Hoang Nguyen, Xuan-Nam Bui	Predicting PM2.5 Concentrations in an Open-Pit Copper Mine Using Advanced AI Techniques: Insights from the Sin Quyen Copper Mine, Vietnam	249-268
20.	Léopold Dupuy, Nguyen Mai Anh, Hoang Nguyen	Soil Organic Carbon Assessment and Prediction in Rehabilitated Open-Pit Mining Areas Using GIS and Machine Learning: Insights from France	269-290
• 21.	Tran Dinh Bao, Vu Van Thu	Analysis, evaluation, and proposal of solutions to enhance the effectiveness of occupational safety and health practices in Vietnam in the current period	291-312
22.	Do Duc Thanh, Ngo Thanh Tuan	Impact of large capacity solar power sources when connected near high-voltage power system supplying electricity to mining areas	315-320
23.	Nguyen Hoang Long, Xuan-Nam Bui, Tran Thi Hai Van, Dinh Bao Ngoc, Tran Truong Giang	Development of a Management and Monitoring System for Production Activities in Open-Pit Quarries in Vietnam	321-328
24.	Dam Trong Thang, Nguyen Chi Ta, Vu Chong Hieu, Le Hong Hai	Improvement of the Method for Determining the Specific Explosive Consumption for Rock Destruction under Water by a Charge in a Borehole, Based on the Rock Failure Mechanism Induced by Reflected Stress Waves	329-342
25.	Nguyen Van Tinh, Dam Trong Thang, Le Sy Thuong, Tran Quang Hieu	Study of the calculation, design, and fabrication of rational small explosive charges for experimental research on soil and rock blasting using miniature models	343-358
26.	Nguyen V.H, Dam T.T, Nguyen V.I, Tatarinov V.V, Tran V.L	Experimental Study of Noise Reduction Solutions in an Electric Explosion Device Model	359-374
27.	Nguyen Manh Thuong, Dam Trong Thang, Ta Quang Yen	Esearch, Fabrication and Testing of an Assembled Floating Working Platform for Underwater Drilling of Blast Holes in Marine Conditions in Quang Ninh Province	375-385
28.	Nguyen Anh Tuan, Do Ngoc Hoan, Pham Van Viet, Tran Quang Hieu	Proposing fundamental criteria for open-pit mining to ensure efficiency, sustainability, and climate change adaptation in Vietnam	386-395
29.	Tran Quang Hieu, Nguyen Anh Tuan, Do Ngoc Hoan, Xuan -Nam Bui, Nguyen Van Duc	The future of open-pit mining in Vietnam: opportunities, challenges, and pathways to sustainability	396-412
30.	Le Duc Phuong , Do Ngoc Hoan, Phi Trung Kien	Methodology for rational determination of ultimate pit limits for monometallic and polymetallic mines managed by TKV	413-422
• 31.	Nguyen Anh Tuan, Pham Van Viet, Tran Trung Anh, Nguyen Van Tinh, Tran Dinh Bao, Pham Minh Tu, Noelie Escutenaire	Run-of-mine ore quality homogenization: Application for mining conditions of block 24-122, Tan Rai bauxite mine, Tay Nguyen	423-431

- 32. Nguyen Anh Tuan, Pham Van Viet, Tran Trung Anh, Tran Dinh Bao, Pham Van Hoa Hoa, Pham Minh Tu, Noelle Escutenaire
Bauxite ore grade model: construction of a resource and grade distribution map for block 24-122, Tan Rai bauxite mine 432-440
33. Khuong The Hung, Bui Hoang Bac Vu The Thu
Sustainable development of apatite ore at the Coc mine, Lao Cai province based on a comprehensive assessment of geological conditions and mining status 441-447
- 34. Le Ba Phuc, Do Van Trieu, Dang Tien Anh, Tran Dinh Bao
Study on developing a method for monitoring the load model on dump trucks transporting overburden at open-pit mines for digital transformation 448-459
35. Do Ngoc Tuoc, Nhu Viet Tuan, Trinh Thi Phuong
Assessment of the Potential for Microbial Underground Coal Biogasification in the Red River Delta Coal Basin 460-469
36. Dam Quang Sang, Nguyen Van Tinh, Hoang Trung Huu, Nguyen Ngan, Tran Van Dung, Tran Quang Hieu
Method for Determining Detonator Parameters for Blasting in Open-Pit Mines in Vietnam 470-479
- 37. Pham Van Hoa, Tran Van Dung, Hoang Anh Phong, Trinh Quang Trung, Le Van Quyen, Duong Thanh Trung, Tran Dinh Bao, Tran Quang Hieu, Nguyen Anh Tuan, Nguyen Dinh An, Pham Van Vie
Drilling and blasting operations management system – designed to meet digital transformation requirements and adapted to practical conditions of Open-Pit coal mines in Quang Ninh region 480-490
- 38. Doan Van Thanh, Do Van Trieu, Dinh Ba Lam, Tran Dinh Bao
Study on simulating the propagation of blasting stress waves in water-saturated rock and soil conditions at coal mines under TKV 491-500
39. Hoang Manh Thang, Doan Van Thanh, Dinh Ba Lam, Dang Tien Anh
Research on Non-Explosive Rock Breaking Methods for Open-Pit Mines in Vietnam 501-510
40. Luu Van Thuc, Do Van Trieu, Le Ba Phuc, Le Thi Thu Hoa
The necessity of researching and developing a monitoring database and a slope stability warning program for pit walls and waste dumps using digital models integrated with artificial intelligence (AI) for open-pit mines under TKV 511-520
41. Dao Van Chi , Vu Thai Tien Dung, Phan Mai Linh
International experience in mainstreaming environmental protection into mineral resource development and implications for Vietnam 521-527
42. Pham Anh Hai , Nguyen Anh Tuan, Trinh Van Hiep, Pham Hong Thai, Dang Anh Duc
Application of CCUS Technology in TKV Thermal Power Plants: Potentials and Prospects (Part I) 528-538
43. Nguyen Anh Tuan, Nguyen Xuan Tu, Pham Van Viet, Do Anh Son, Ngo Thanh Tuan, Nguyen Tien Hung.
Impact assessment of open-pit mining on underground mine structures: A case study of coking coal mining, Bac Lang Cam, Thai Nguyen provinc 539-556
- 44. Nguyen Dinh An , Nhu Van Bach, Tran Dinh Bao
Real - Time Blasting Plans Generation Using Artificial Intelligence: Improving Efficiency and Safety in Mining Blasting Operations 557-564



ASMES - 2025

www.khaithaclathien.edu.vn



Bauxite ore grade model: construction of a resource and grade distribution map for block 24-122, Tan Rai bauxite mine

Nguyen Anh Tuan^{1,2,3,6 *}, Pham Van Viet^{1,2}, Tran Trung Anh^{1,2,6}, Tran Dinh Bao¹, Pham Van Hoa Hoa¹, Phạm Minh Tu⁴, Noelle Escutenaire⁵

¹ Hanoi University of Mining and Geology (HUMG), Hanoi, Vietnam

² Research Centre for Mining and Electro-Mechanical Engineering, HUMG, Hanoi, Vietnam

³ Advanced Technologies in Mineral processing and Recycling (MinPro), HUMG, Vietnam

⁴ Lam Dong Aluminium Co., LTD – Vinacomin, Lam Dong, Vietnam

⁵ L'Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Alès (IMT Mines Alès), France

⁶ Geomatics in Earth Sciences Research Group, HUMG, Hanoi, Vietnam

ABSTRACT

Ore body modeling, particularly the development of grade models for bauxite ore, provides the foundation for constructing maps of resource and grade distribution, as well as the spatial variability of mineral components in mining areas. These results support mine engineers in both long-term and short-term mine planning, ensuring reliable supply of run-of-mine (ROM) bauxite to beneficiation and refining operations. The bauxite grade model highlights the distribution of key mineral components to be controlled, including Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 , MnO , and LOI , under actual mining conditions. The objective is to secure ROM bauxite that meets the required mineralogical module specifications, thereby enabling homogenization and quality blending of ore to provide a stable feedstock for alumina refineries. The integration of in-pit homogenization with optimized stockpile blending enhances flexibility and proactivity in raw material supply, contributing to continuous production and the optimization of mining and processing parameters. This paper presents the bauxite ore body and grade modeling for Block 24-122, aiming to support both short-term and long-term mine planning at the Tan Rai bauxite deposit, Lam Dong, Vietnam.

Keywords:

Open-pit mining; Ore body modeling; Bauxite mine; Bauxite grade distribution; Stockpile Management, Tay Nguyen.

*Tác giả liên hệ

E - mail: nguyenanhtuan@humg.edu.vn



ASMES - 2025

www.khaithaclathien.edu.vn



Mô hình hàm lượng quặng bauxite: xây dựng bản đồ phân bố trữ lượng và hàm lượng quặng bauxite cho khối 24-122, mỏ Tây Tân Rai

Nguyễn Anh Tuấn^{1,2,3,6 *}, Phạm Văn Việt^{1,2}, Trần Trung Anh^{1,2,6}, Trần Đình Bảo¹, Phạm Văn Hòa¹, Phạm Minh Tú⁴, Noëlie Escutenaire⁵

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất (HUMG), Hà Nội, Việt Nam

² Trung tâm Nghiên cứu Cơ Điện Mỏ, HUMG, Hà Nội, Việt Nam

³ Nhóm NC Công nghệ tiên tiến trong chế biến khoáng sản và tái chế (MinPro), HUMG, Việt Nam

⁴ Công ty TNHH MTV Nhôm Lâm Đồng – TKV, Lâm Đồng, Việt Nam

⁵ L'Ecole Nationale Supérieure de Mines d'Alès (IMT Mines Alès), CH Pháp

⁶ Nhóm nghiên cứu Công nghệ Địa tin học trong Khoa học Trái đất (GES), HUMG, Việt Nam

TÓM TẮT

Mô hình hóa thân quặng, cụ thể làm mô hình hàm lượng các thành phần khoáng quặng bauxite là cơ sở xây dựng bản đồ phân bố trữ lượng và hàm lượng quặng bauxite cũng như các thành phần khoáng khác trong khu vực khai thác mỏ. Kết quả này hỗ trợ kỹ sư mỏ lập kế hoạch khai thác dài hạn và ngắn hạn đảm bảo điều kiện cung cấp quặng nguyên khai cho khâu tuyển khoáng và chế biến quặng bauxite hiệu quả. Mô hình hàm lượng quặng bauxite giới thiệu sự phân bố các thành phần khoáng chính cần kiểm soát gồm Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 , Msi và MKN trong thực tế khai thác quặng bauxite. Mục tiêu là khai thác được quặng bauxite nguyên khai đáp ứng yêu cầu về các mô đun khoáng cơ bản đảm bảo trung hòa và đồng nhất chất lượng quặng nguyên khai cung cấp nguồn cấp liệu ổn định cho nhà máy nhôm. Sự kết hợp giữa trung hòa ngay tại gương khai thác với tối ưu hóa công tác phối liệu trong kho chứa được sử dụng linh hoạt, chủ động trong cung cấp nguyên liệu, góp phần duy trì sản xuất liên tục và tối ưu các thông số công nghệ khai thác và chế biến quặng bauxite. Bài báo giới thiệu mô hình hóa thân quặng bauxite khu vực khai thác khối 24-122 bằng phần mềm SGEMS (phần mềm mã nguồn mở), nhằm mục đích hỗ trợ lập kế hoạch khai thác ngắn hạn và dài hạn cho mỏ bauxite Tây Tân Rai, Lâm Đồng.

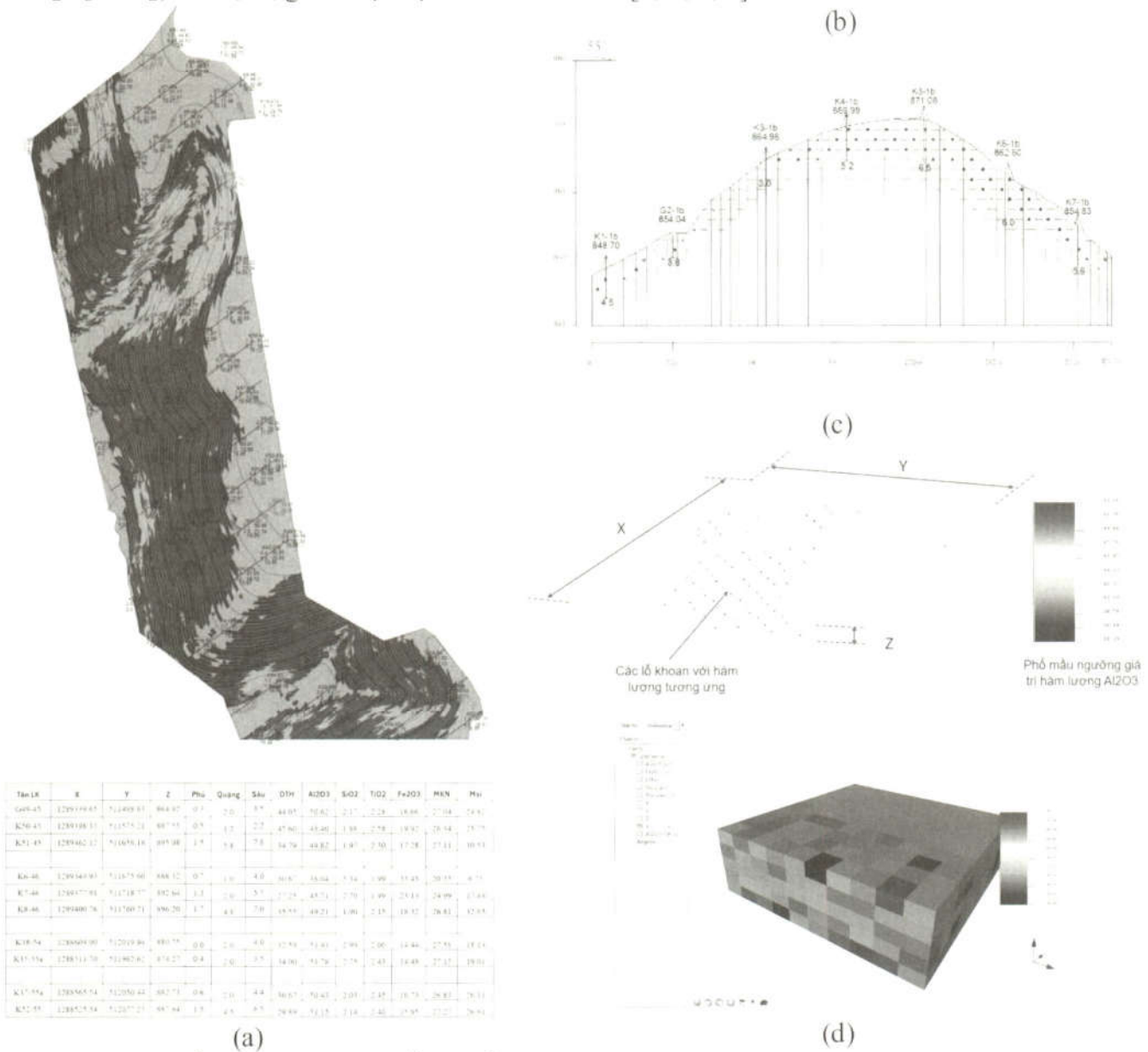
Từ khóa: Khai thác lộ thiên; Mô hình hóa thân quặng; Mỏ Bauxite; Phân bố hàm lượng quặng bauxite; Tây Nguyên.

1. Mở đầu

Trong công tác thiết kế và lập kế hoạch khai thác hiệu quả các mỏ quặng cần thu thập dữ liệu lớn về chất lượng quặng theo phân bố không gian địa chất cụ thể. Các dữ liệu địa chất mỏ, trắc địa mỏ cần được quản lý thông qua các công cụ phần mềm chuyên dụng như phần mềm Gemcom Surpac, Minesight, Datamine, Micromine, Vulcan, SGEMS, CSMine [1, 2]. Trong bài báo này, nhóm tác giả giới thiệu phương pháp mô phỏng trong phần mềm SGEMS (Stanford Geostatistical Earth Modeling Software). SGEMS là phần mềm mã nguồn mở chuyên dụng cho mô phỏng địa chất, thường dùng trong các lĩnh vực dầu khí, khai khoáng và thủy văn. Chức năng chính của SGEMS thực hiện nội suy và mô phỏng không gian bằng các thuật toán địa thống kê

(geostatistics), với các phương pháp Kriging, Sequential Gaussian Simulation (SGS), Sequential Indicator Simulation (SIS). Tài liệu hướng dẫn và tham khảo: "Geostatistics Modeling Software: SGEMS User's Guide" (có sẵn online), lý thuyết địa thống kê được áp dụng trong tài liệu "Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty" (Chilès & Delfiner) [2].

Phần mềm có khả năng quản lý dữ liệu lớn về các thông số dữ liệu khoan thăm dò khai thác mỏ bauxite mỏ Tây Tân Rai khu vực Tây Nguyên được phân tích và giới thiệu trong phần phương pháp và kết quả phân tích mô hình. Phân tích dữ liệu mô hình cho khu vực Block 24-122, mỏ bauxite Tây Tân Rai với thông tin chi tiết hàm lượng các thành phần khoáng như Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 , Msi, MKN. Thông số cơ bản về khối 24-122 với diện tích 340,14 nghìn m^2 ; trữ lượng quặng nguyên khai 1.744,92 nghìn tấn; quặng tinh: 625 nghìn tấn; hàm lượng trung bình Al_2O_3 : 50,0%, SiO_2 : 2,65%, Fe_2O_3 : 17%; MKN (mất khi nung): 26,69%; môđun silic ($\text{Msi} = \text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$): $\approx 18,87$, giới thiệu cụ thể trên hình 1.a [3, 4, 5, 6].



Hình 1. Bản đồ địa hình, thông số các lỗ khoan thăm dò khu vực Block 24-122 mỏ Tây Tân Rai (a); Mặt cắt đặc trưng của khu vực khai thác (b); Thông số kích thước mô hình và phân bố các lỗ khoan (c); Mô hình vi khối (khối lập phương) áp dụng cho khối 24-122 trong phần mềm SGEMS (d).

Mô hình dòng quặng khi khai thác tại các khai trường (các vùng, khu vực, block, các gương khai thác cụ thể) trong quá trình hình thành các đồng quặng nguyên khai. Trong nhiều trường hợp chất lượng các môđun (Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , môđun $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$) trong đồng quặng nguyên khai không đảm bảo chất lượng trước khi đưa vào tuyển khoáng. Do đó, các kỹ sư khai thác và tuyển khoáng cần tiến hành trung hòa và đồng nhất trong 1 hoặc nhiều đồng quặng nguyên khai để hình thành đồng quặng thứ cấp nhằm đảm bảo các môđun cơ bản trong quặng bauxite nguyên khai có thể đưa vào khâu tuyển và chế biến sâu hiệu quả. Tỷ lệ và khối lượng các đồng thứ cấp cần được trung hòa và đồng nhất một cách ổn định [7, 8, 9].

Trong điều kiện giải phóng mặt bằng khó khăn như ở các mỏ bauxite khu vực Đắc Nông và Lâm Đồng thì giải pháp tối ưu được đề xuất là áp dụng sơ đồ chất đồng 2 giai đoạn thay thế cho sơ đồ 1 giai đoạn hiện đang sử dụng cho mỏ [3, 5]. Giải pháp kết hợp giữa trung hòa chất lượng quặng tại các gương khai thác và tối ưu hóa quá trình chuẩn bị phối liệu tại các đồng trong kho trữ quặng nguyên khai và các đồng quặng nguyên khai thứ cấp đảm bảo tính linh hoạt và chủ động trong cung cấp nguyên liệu cho nhà máy nhôm hoạt động liên tục và tối ưu hóa các thông số công nghệ. Do đó, việc xây dựng mô phỏng mô hình hàm lượng quặng bauxite mà cụ thể là xây dựng được bản đồ phân bố trữ lượng và hàm lượng quặng bauxite cho khối 24-122, mỏ Tây Tân Rai có ý nghĩa quan trọng trong lập kế hoạch khai thác và đảm bảo ổn định chất lượng quặng nguyên khai trước khi tiến hành tuyển khoáng và chế biến sâu quặng bauxite.

2. Phương pháp mô hình

SGEMS Chức năng chính của SGEMS thực hiện nội suy và mô phỏng không gian bằng các thuật toán địa thống kê (geostatistics), với các phương pháp Kriging, Sequential Gaussian Simulation (SGS), Sequential Indicator Simulation (SIS) [1, 2].

Các bước mô phỏng trên SGEMS được thực hiện theo quy trình sau:

1. Import dữ liệu điểm → kiểm tra thống kê & phân bố hàm lượng các thành phần trong quặng bauxite của Block 24-122.
2. Thiết lập lưới mô phỏng 3D cho tầng bauxite.
3. Phân tích Variogram (Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , ...) và các tùy chọn chỉ thị lớp quặng, đất phủ.
4. Chuẩn hóa (Normal-Score) → SGS cho biến liên tục (Al_2O_3) và SIS cho lớp phủ.
5. Chạy nhiều mô phỏng hiện thực (realizations), tạo bản đồ phân bố ngẫu nhiên với dự báo khác nhau.
6. Tính trữ lượng/tonnage theo ngưỡng hàm lượng (Cutoff) Al_2O_3 , SiO_2 , và Fe_2O_3 kèm độ dày của thân quặng bauxite (thickness).

Dữ liệu được xây dựng theo đặc trưng laterit bauxite khối Block 24-122, mỏ Tây Tân Rai, Tây Nguyên liên quan đến số liệu sản xuất được lập kế hoạch đưa vào khai thác trong tháng 7-8/2024. Các tham số kỹ thuật về điều kiện mỏ địa chất từ thực tế thăm dò được thu thập và tổng hợp trong phạm vi thực nghiệm.

3. Kết quả mô phỏng khu vực Block 24-122 mỏ bauxite Tây Tân Rai

3.1. Các thông số mô hình Block 24-122

Thông số hình học mô hình Cartesian grid (lưới 3D) được định danh dưới tên Grid name (tên lưới của block 24-122: Grid_Taytanrai), hình 1.c.

- Grid là mô hình ô khối (block model) rời rạc hóa không gian để nội suy/mô phỏng thuộc tính (Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3) trên từng ô.
- Mỗi ô có kích thước cố định $V = dx \times dy \times dz$ và trung tâm ô có tọa độ (x, y, z).
- Đơn vị của Grid = đơn vị của dữ liệu tọa độ đầu vào. Nếu điểm các mẫu lấy mẫu khoan dùng hệ đơn vị mét (UTM), thì dx, dy, dz cũng là mét. (thông thường trong SGEMS sử dụng “unitless”, phi đơn vị).

Tên đối tượng lưới trong Project, sau khi chạy mô phỏng sẽ có kết quả mô hình nằm trong lưới Grid_Taytanrai. Kích thước cụ thể được định nghĩa bằng các thông số:

- Grid Dimensions (số ô): Number of cells in X = 100 (số ô theo trục X), Number of cells in Y = 100 (số ô theo trục Y), Number of cells in Z = 10 (số ô theo trục Z). Từ đó mô hình xác định được tổng số ô trong mô hình $N = 100 \times 100 \times 10 = 100.000$ ô (block).

- Cell Size (kích thước ô) theo các phương: Size in X = 100 m, Size in Y = 100 m, Size in Z = 1.5 m từ đó xác định các thông số về độ phủ của các ô trong mô hình với độ phủ (coverage) do Cell Size $\times$ số ô, cụ thể như sau: theo phương X: $100 \text{ ô} \times 100 \text{ m} = 10.000 \text{ m}$; theo phương Y: $100 \text{ ô} \times 100 \text{ m} = 10.000 \text{ m}$; theo phương Z: $10 \text{ ô} \times 1.5 \text{ m} = 15 \text{ m}$.

- Tính thể tích và khối lượng mỗi ô lưới quặng: $V_t = V \times \rho$, tấn.

- Tính khối lượng kim loại Al_2O_3 (metal content $\sim \% \text{Al}_2\text{O}_3 / 100$) $\times$ tấn, trong đó thể tích 1 ô: $V_{\text{block}} = 100 \times 100 \times 1,5 = 15.000 \text{ m}^3$

Nếu khối lượng riêng của quặng bauxite $\rho = 1,7 \text{ t/m}^3$, mỗi ô tính khối lượng $\sim 25,50$ tấn/ô, từ thông số này ta có cơ sở khi tính trừ lượng.

Điều kiện thông số cấu hình hợp lý cho lưới:

- Khoảng cách khoan thăm dò cấp 122 có kích thước $\sim 200 \text{ m}$ (cấp thăm dò 122), do vậy ta chọn $dx = dy = 100 \text{ m}$ ($1/2$ spacing) phù hợp với khu vực Block 24-122.

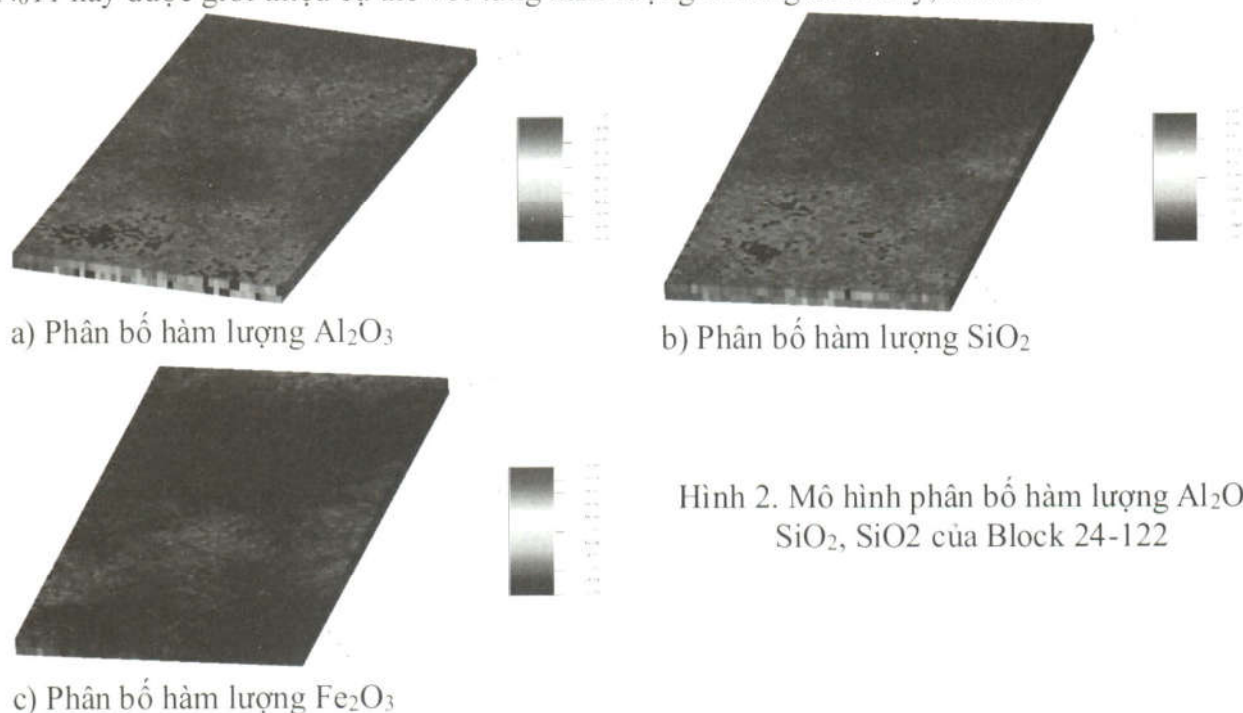
Tính trừ lượng quặng bauxite theo hàm lượng với các thông số như hàm lượng biên của quặng bauxite (cutoff: $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 40\%$ và/hoặc $\text{SiO}_2 \leq 8.5\%$). Sử dụng phương pháp mô hình vi khối SIS (Sequential Indicator Simulation).

Khối lượng 1 ô: tấn/block = $15.000 \times 1,71 = 25.650 \text{ t}$

Hàm lượng kim loại trong 1 ô ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 42\%$): $\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ t/block} = 25.650 \times 0,42 = 10.773 \text{ t}$

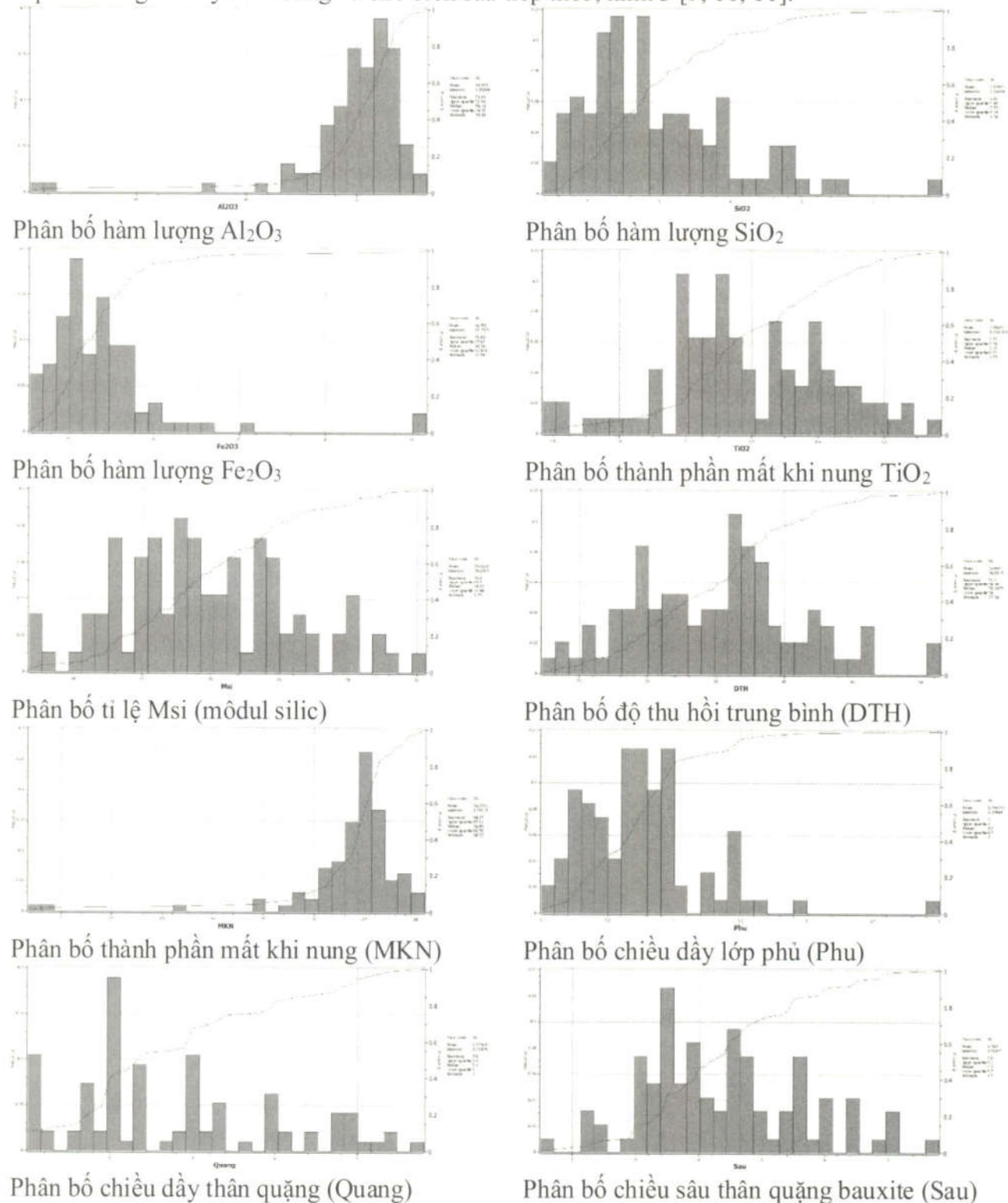
3.2. Kết quả mô hình từ mô phỏng ngẫu nhiên

Trong mô phỏng ngẫu nhiên, cùng một tập hợp dữ liệu hàm lượng các thành phần khoáng được xác định trong quá trình lấy mẫu phân tích khi thăm dò được đưa vào chạy mô phỏng ngẫu nhiên. Kết quả mô phỏng ngẫu nhiên với 50 mô hình đưa ra kết quả có giá trị trung bình hàm lượng tương đương như nhau. Tuy nhiên dưới đây là kết quả mô phỏng của mô hình đặc trưng số N₀₁₁ nay được giới thiệu cụ thể với từng hàm lượng khoáng dưới đây, hình 2:

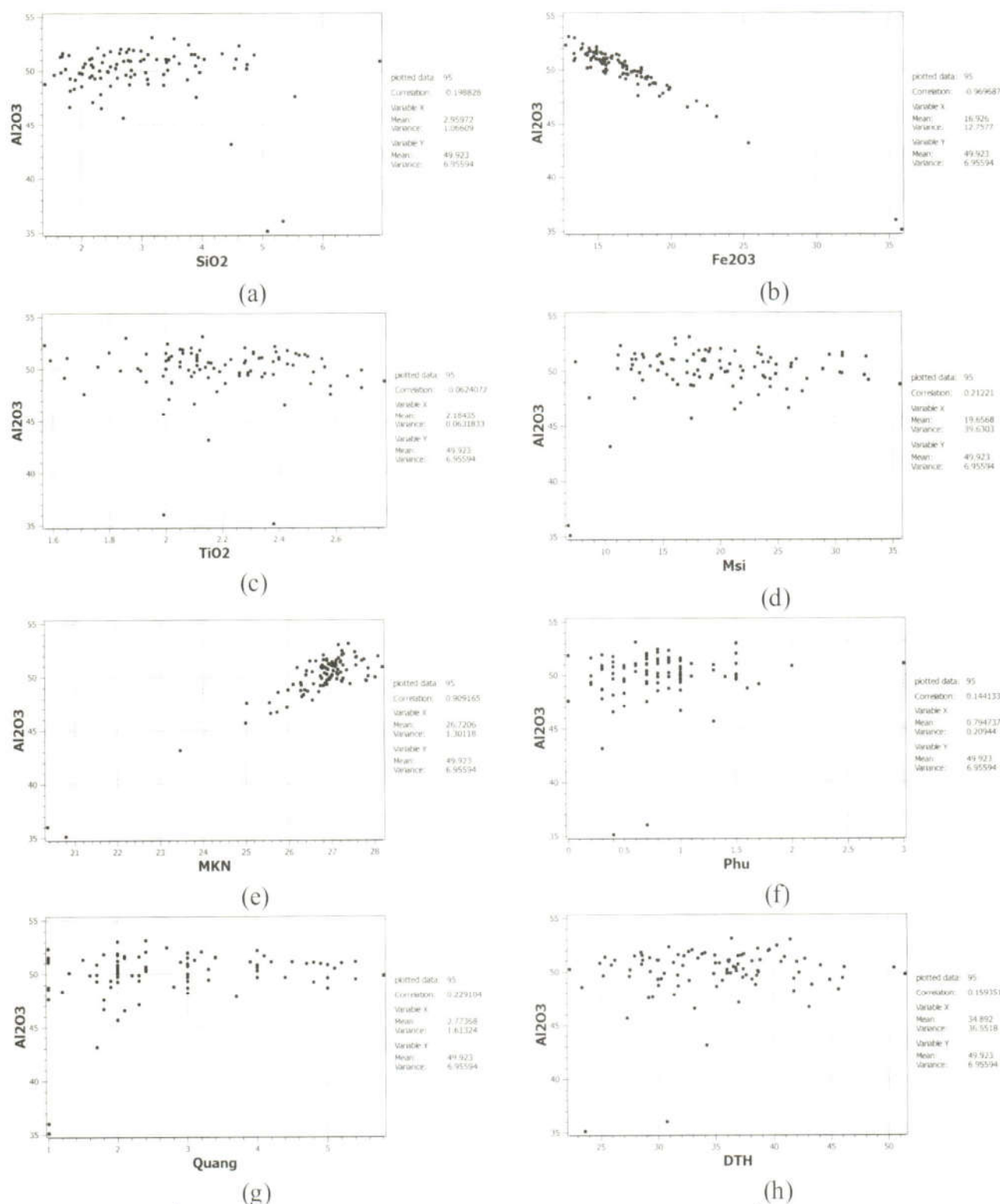


Hình 2. Mô hình phân bố hàm lượng Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 của Block 24-122

Các thông số thành phần khoáng được phân tích và thông qua biểu đồ phân bố hàm lượng chúng ta có thể thấy giá trị trung bình cũng như sai số của mỗi giá trị là cơ sở giúp cho các kỹ sư khai thác mỏ lập kế hoạch khai thác dài hạn, trung hạn và ngắn hạn đảm bảo quặng nguyên khai đáp ứng hệ điều kiện các thông số thành phần khoáng trước khi trung hòa hoặc cung cấp trực tiếp cho công tác tuyển khoáng và chế biến sâu tiếp theo, hình 3 [9, 10, 11].



Hình 3. Các biểu đồ phân bố hàm lượng Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 , Msi (môđul silic), DTH, MKN, Phủ đối với thân quặng bauxite khu vực 24-122, mỏ Tây Tân Rai.



Hình 4. Phân bố và tương quan giữa hàm lượng Al_2O_3 với các thành phần khoáng trong quặng bauxite: hàm lượng SiO_2 (a), hàm lượng Fe_2O_3 (b), hàm lượng TiO_2 (c), hệ số Msi (d), tỷ lệ MKN , chiều dày lớp phủ (f), chiều dày thân quặng (g) và độ thu hồi DTH (h) trong các các lỗ khoan thăm dò khu vực Block 24-122 mỏ Tây Tân Rai.

Phân bố và tương quan giữa hàm lượng Al_2O_3 với các thành phần khoáng trong quặng bauxite: hàm lượng SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 , Msi, MKN, Chiều dày tầng phủ (Phu), Chiều dày thân quặng (Quang), Độ thu hồi (ĐTH) được phân tích từ mô hình từ các mẫu trong lỗ khoan trong Block 24-122. Trong phân tích trên các chỉ số được quan tâm và phân tích sâu đó là mối tương quan giữa hàm lượng Al_2O_3 với hàm lượng SiO_2 , đặc trưng là chỉ số Msi. Msi trong bauxite thường được hiểu là “môđun silic” (silica modulus) - tỷ số giữa hàm lượng Al_2O_3 và SiO_2 (đặc biệt là SiO_2 hoạt tính/“reactive” nếu có):

$$Msi = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2(\text{reactive})}, \text{ không thứ nguyên}$$

Ý nghĩa công nghệ của giá trị Msi được đặc trưng trong quy trình Bayer, phương pháp tinh luyện quặng thô bauxite (quặng nguyên khai có hàm lượng 30-60% Al_2O_3 để sản xuất alumina), cụ thể: Msi cao $\Rightarrow$ quặng “giàu nhôm, nghèo silica hoạt tính” thì $\rightarrow$ tiêu hao xút (NaOH) thấp, hiệu suất Bayer cao, ít bùn đỏ; Msi thấp $\Rightarrow$ nhiều silica hoạt tính (thường do kaolinit) $\rightarrow$ tăng tiêu hao xút, giảm hồi thu Al_2O_3 , khó tuyển/pha trộn. Thông thường, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 48\%$, SiO_2 (reactive) = 3% $\rightarrow$ Msi = 16 (rất tốt); $\text{Al}_2\text{O}_3 = 42\%$, SiO_2 (reactive) = 6% $\rightarrow$ Msi = 7 (giá trị biên, nên pha trộn và trung hòa chất lượng) [9, 10, 11].

Với kết quả phân tích trên, các kỹ sư có thể phân tích xem xét chất lượng quặng bauxite nguyên khai được khai thác và trung hòa ở các gương khai thác khác nhau. Các khu vực khai thác được đánh giá theo hàm lượng của các thành phần nguyên liệu khoáng quan trọng khác như Fe_2O_3 , TiO_2 , MKN, DTH (cụ thể là quặng có các thành phần cỡ hạt trên 1mm) để đảm bảo chế độ làm việc của nhà máy tuyển được hiệu quả (tích kiệm nước, xút, vôi,...). Từ cơ sở đó đề xuất được phương án trung hòa chất lượng quặng trên cơ sở các điều kiện tổng thể như địa hình, góc cắm, chiều dày và thành phần cỡ hạt bauxit ở các khu vực block khai thác khác nhau.

5. Kết luận

Từ kết quả mô phỏng và phân tích các hàm lượng thành phần khoáng cơ bản của thân quặng bauxite khu vực block 24-122, mỏ Tây Tân Rai, Công ty TNHH MTV Nhôm Lâm Đồng - TKV (LDA) cho thấy, các sơ đồ điều độ về phân bố giá trị Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 , Msi, MKN,... và mối tương quan giữa các giá trị hàm lượng này trong không gian của thân quặng bauxite sẽ giúp các kỹ sư khai thác mô quyết định phương án vị trí khai thác, phương án xây dựng hình thành các đồng quặng nguyên khai với chất lượng khác nhau trung hòa chất lượng lại gương, tại đồng ở kho chứa nhằm đảm bảo ổn định dòng quặng nguyên khai cung cấp cho nhà máy tuyển.

Các mô hình mô phỏng trên sẽ giúp cho các kỹ sư lập kế hoạch sản xuất nhằm đạt được sản lượng quặng nguyên khai ổn định từ các khu vực khai thác. Đây là nhân tố cơ bản để tiến hành phân tích và xây dựng kế hoạch khai thác từ dài hạn đến ngắn hạn đảm bảo theo kế hoạch khai thác trong năm. Trung hòa chất lượng quặng bauxite nguyên khai cần tính đến các thông số khai thác chọn lọc (tồn thất, làm nghèo), sự biến động chất lượng quặng bauxite ở các vị trí gương khai thác khác nhau như chân đồi, sườn đồi và đỉnh đồi của các khu vực. Phương án trung hòa qua điều tiết năng suất của máy xúc tại gương xúc và ô tô tại trạm đập tiếp nhận sẽ làm giảm năng suất của đồng bộ và chưa phù hợp với mục tiêu tối ưu hóa quá trình sản xuất trên mỏ. Do đó, hình thành các đồng quặng nguyên khai sơ bộ từ đó phối trộn trung hòa chất lượng quặng bauxite hình thành đồng quặng nguyên khai thứ cấp đáp ứng yêu cầu tuyển và chế biến sâu của nhà máy nhôm là hoàn toàn phù hợp với thực tế và điều kiện phân bố khoáng sàng bauxite của khu vực block 24-122, mỏ Tây Tân Rai.

Kết quả phân tích và tính cho block 24-122 như một ví dụ quan trọng trong mô phỏng và phân tích số liệu phân bố hàm lượng quặng bauxite trong không gian địa chất, góp phần

quan trọng nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động của các doanh nghiệp do tuy trì đảm bảo sự đồng nhất về thành phần khoáng của dòng quặng ngay từ khai trường và trong quá trình hình thành đồng nguyên khai. Các thành phần chính đã được kiểm soát hàm lượng gồm Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 và Msi. Giải pháp trung hòa và đồng nhất chất lượng quặng trong một hoặc nhiều đồng nguyên khai để hình thành các đồng thứ cấp được coi là cần thiết, giúp đảm bảo nguồn cấp liệu ổn định cho nhà máy alumin.

Lời cảm ơn

Tập thể tác giả xin trân trọng cảm ơn Công ty TNHH Nhôm Lâm Đồng - TKV (LDA) (các Kỹ sư Nguyễn Văn Tịnh, Nguyễn Đăng Hòa, Phạm Minh Tú và nnk) và Đề tài mã số: KC.01. Đ05-22/21-25 "Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ trung hoà quặng bauxit phù hợp với điều kiện phân bố khoáng sàng và tổ chức khai thác khu vực Tây Nguyên" (Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Việt, Trần Trung Anh và nnk) đã tạo điều kiện về cơ sở vật chất và kinh phí để thu thập dữ liệu, xử lý, và kết quả của bài báo này. Đồng thời có sự đóng góp tích cực, cũng là sản phẩm đào tạo thành công của Đề tài là Thạc sỹ Khai thác mỏ cho Nguyễn Đăng Hòa (cấp bằng 12/9/2023), Kỹ sư kỹ thuật mỏ Nguyễn Quý Hùng (cấp bằng 18/9/2024) và sinh viên thực tập của CH Pháp Noelle Escutenaire (cấp bằng 18/9/2024 tại CH Pháp).

Tài liệu tham khảo

1. SgeMS, 2025. (<http://sgems.sourceforge.net/>)
2. Chilès J.-P., Delfiner P. (2012). "Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty". Math Geosci DOI 10.1007/s11004-012-9429-y.
3. Tổng công ty Khoáng sản Việt Nam, 2016. Báo cáo đánh giá tác động môi trường tổ hợp bauxit - nhôm Tân Rai, Bảo Lâm, Lâm Đồng.
4. Thủ tướng Chính phủ (2021). Quyết định số 450/QĐ-TTg ngày 13/4/2021 về Chiến lược bảo vệ môi trường quốc gia đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050.
5. Nguyễn Đăng Hòa, 2023. Nghiên cứu, đề xuất quy trình công nghệ khai thác hợp lý nhằm tận thu tối đa tài nguyên và bảo vệ môi trường trong khai thác khoáng sàng Bauxit tại mỏ Tây Tân Rai - Lâm Đồng. Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
6. Nguyễn Anh Tuấn, 2008. Nghiên cứu công nghệ khai thác phù hợp cho các mỏ sét Việt Nam đảm bảo an toàn và bảo vệ môi trường, Mining advance and Tunneling, Hanoi, Vietnam.
7. Trần Đình Bảo, Phạm Văn Việt, Nguyễn Anh Tuấn, Nguyễn Đăng Hòa (2022). Đề xuất công nghệ khai thác phù hợp với điều kiện tự nhiên của khoáng sàng bauxite Tây Tân Rai, Lâm Đồng. Tạp Chí Công nghiệp mỏ số 5.
8. Filip Orzechowski, 2015. Developing bauxite projects - balancing technical and logistical considerations, 33rd ICSOBA Conference and Exhibition, Dubai, United Arab Emirates, November 2015, Travaux, No. 44, 2015, Paper BX 06, 113-120.
9. Bushev V.P, 1989. Peculiarities of ore quality management at a multi-stack charge warehouse. Journal of Mining Institute. V. 120.
10. Kazakevich D.I., 1971. Basics of the theory of random functions and its application in hydrometeorology. L. Gidrometeoizdat.
11. V.I.Revnitvsev, E.I.Azbel, E.G.Baranov et al., 1987. Preparation of mineral raw materials for enrichment and processing. Moscow: NXB Nedra.

60 Years
1965 - 2025
THE 60th ANNIVERSARY
OF SURFACE MINING EDUCATION

ISBN: 978-604-76-3193-3



9 786047 631933

NOT FOR SALE