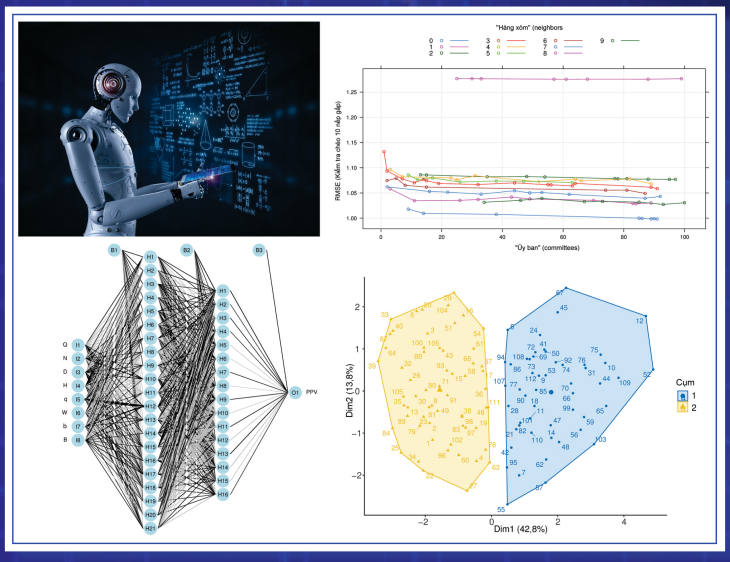
TS. NGUYỄN HOÀNG, GS.TS. BÙI XUÂN NAM,
TS. TRẦN QUANG HIẾU

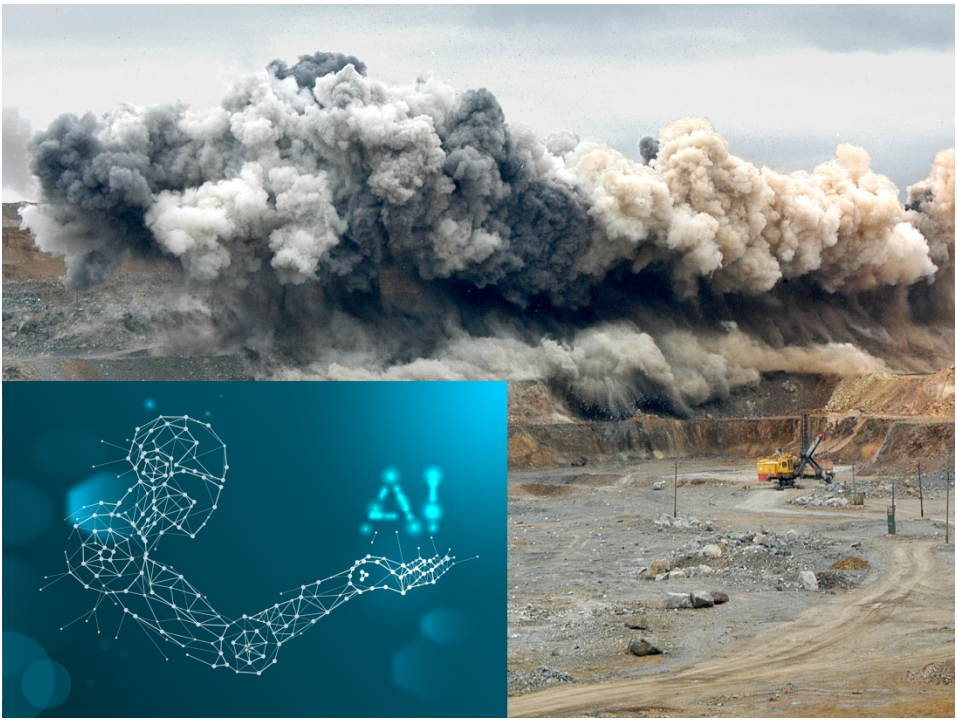
DỰ BÁO CHẤN ĐỘNG NỔ MÌN TRONG KHAI THÁC MỎ LỘ THIÊN BẰNG MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

TS. NGUYỄN HOÀNG, GS.TS. BÙI XUÂN NAM,
TS.TRẦN QUANG HIẾU

DỰ BÁO CHẤN ĐỘNG NỔ MÌN TRONG KHAI THÁC MỎ LỘ THIÊN BẰNG MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

MỤC LỤC

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT 7

DANH MỤC BẢNG 9

DANH MỤC HÌNH 10

LỜI NÓI ĐẦU 13

CHƯƠNG 1. ĐẶC ĐIỂM CHUNG CỦA CÔNG TÁC NỔ MÌN TRÊN MỎ LỘ THIÊN VÀ NHỮNG ẢNH HƯỞNG CỦA CHẤN ĐỘNG NỔ MÌN 17

1.1. Đặc điểm chung của công tác nổ mìn trên mỏ lộ thiên 17

1.2. Cơ chế phá hủy đất đá bằng nổ mìn và sóng chấn động sinh ra do nổ mìn trên các mỏ lộ thiên 21

1.3. Các tác động có hại của chấn động nổ mìn trên mỏ lộ thiên 36

CHƯƠNG 2. TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU DỰ BÁO CHẤN ĐỘNG NỔ MÌN TRÊN MỎ LỘ THIÊN 41

2.1. Tổng quan tình hình nghiên cứu trong nước 41

2.2. Tổng quan tình hình nghiên cứu ngoài nước 46

2.3. Tổng kết, đánh giá ưu điểm và các hạn chế của các nghiên cứu đã công bố 53

CHƯƠNG 3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA MỘT SỐ MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO CHẤN ĐỘNG NỔ MÌN TRÊN MỎ LỘ THIÊN 55

3.1. Mạng nơron nhân tạo (Artificial Neural Network) 55

3.2. Mô hình rừng ngẫu nhiên (Random Forest) 57

3.3. Mô hình hồi quy véctơ hỗ trợ (Support Vector Regression) 59

3.4. Mô hình lập thể (Cubist) 61

3.5. Mô hình độ dốc tăng cường cấp cao (extreme gradient boosting machine - XGBoost) 63

3.5.1. Mô hình độ dốc tăng cường (gradient boosting machine - GBM) 63
3.5.2. Mô hình độ dốc tăng cường cấp cao (Extreme Gradient Boosting - XGBoost) 65
3.6. Đề xuất mô hình lai dựa trên kỹ thuật phân cụm phân tầng và thuật toán lập thể (HKM-CA) 66
3.6.1. Kỹ thuật phân cụm K trung bình theo thứ bậc (Hierarchical K-means clustering) 66
3.6.2. Đề xuất mô hình HKM-CA 67
3.7. Đề xuất mô hình lai dựa trên thuật toán tối ưu hóa bầy đàn và XGBoost (PSO-XGBoost) 68
3.7.1. Thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (Particle Swarm Optimization algorithm) 68
3.7.2. Đề xuất mô hình PSO-XGBoost 70
3.8. Đề xuất mô hình lai dựa trên thuật toán tối ưu hóa đom đóm và ANN (FFA-ANN) 72
3.8.1. Thuật toán tối ưu hóa đom đóm (Firefly Algorithm) 72
3.8.2. Đề xuất mô hình FFA-ANN 73
3.9. Kết luận chương 74
CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU MỘT SỐ MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO CHẤN ĐỘNG NỔ MÌN CHO MỎ LỘ THIÊN VIỆT NAM 77
4.1. Tổng quan về khu vực nghiên cứu 77
4.2. Thu thập và phân tích dữ liệu 80
4.2.1. Thu thập dữ liệu 80
4.2.2. Phân tích dữ liệu 82
4.3. Các phương pháp đánh giá hiệu suất của các mô hình trí tuệ nhân tạo 87
4.4. Phát triển các mô hình dự báo chấn động nổ mìn 89
4.4.1. Xử lý dữ liệu 89

4.4.2. Phát triển mô hình ANN....92
4.4.3. Phát triển mô hình RF....95
4.4.4. Phát triển mô hình SVR....96
4.4.5. Phát triển mô hình lập thể (Cubist)....98
4.4.6. Phát triển mô hình XGBoost....99
4.4.7. Phát triển mô hình HKM-CA....101
4.4.8. Phát triển mô hình PSO-XGBoost....104
4.4.9. Phát triển mô hình FFA-ANN....106
4.4.10. Phát triển mô hình thực nghiệm....108
4.5. So sánh, đánh giá hiệu suất của các mô hình dự báo chấn động nổ mìn đã phát triển....109
4.6. Phân tích mức độ ảnh hưởng của các biến đầu vào....119
KẾT LUẬN....123
TÀI LIỆU THAM KHẢO....125
PHỤ LỤC....143

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

ABC	Artifcial bee colony - Bầy ong nhân tạo
AI	Artificial intelligence - Trí tuệ nhân tạo
ANFIS	Adaptive neuro-fuzzy inference system - Hệ thống nơron suy luận mờ
ANN	Artificial neural network - Mạng nơron nhân tạo
BCT	Bộ Công Thương
BTNMT	Bộ Tài nguyên và Môi trường
CA	Cubist algorithm - Thuật toán lập thể
Dim	Dimention - Chiều (của dữ liệu)
FCM	Fuzzy C-means clustering - Phân cụm mờ C trung bình
FFA	Firefly algorithm - Thuật toán "tối ưu hóa đom đóm"
FFA-ANN	Mô hình lai dựa trên thuật toán tối ưu hóa đom đóm và mạng nơron nhân tạo
GBM	Gradient boosting machine - Mô hình "máy tăng cường độ dốc"
GEP	Gene expression programming - Lập trình biểu hiện gen
GMDH	Group method of data handling - Phương pháp xử lý dữ liệu nhóm
HKM	Hierarchical K-means clustering - Kỹ thuật phân cụm K trung bình theo thứ bậc
HKM-CA	Mô hình lai dựa trên kỹ thuật phân cụm phân tầng và thuật toán lập thể
MAE	Mean absolute error - Độ lệch tuyệt đối
MAPE	Mean absolute percentage error - Phần trăm sai số trung bình tuyệt đối

NLMR	Non-linear multiple regression - Hồi quy phi tuyến tính đa biến
PPV	Peak particle velocity – Tốc độ dao động nền đất cực đại
PSO	Particle swarm optimization - Tối ưu hóa bầy đàn
PSO-XGBoost	Particle swarm optimization - eXtreme gradient boosting - Mô hình lai dựa trên thuật toán tối ưu hóa bầy đàn và mô hình độ dốc tăng cường cấp cao
QCVN	Quy chuẩn Việt Nam
RBF	Radial basis function - Hàm hạt nhân xuyên tâm
RF	Random Forest - Rừng ngẫu nhiên
RMSE	Root-mean-squared error - Sai số bình quân phương
SDR	Standard deviation reduction - Giảm thiểu độ lệch chuẩn
SVC	Support vector classification - Véctơ hỗ trợ phân loại
SVM	Support vector machine - Máy véctơ hỗ trợ
SVR	Support vector regression – Véctơ hỗ trợ hồi quy
TKV	Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam
TNHH	Trách nhiệm hữu hạn
TWSS	Total within the sum of squares - Tổng bình phương
USBM	The United States Bureau of Mines - Cục Mỏ Hoa Kỳ
VAF	Variance accounted for - Phương sai giữa các giá trị thực tế và các giá trị dự báo
VLNCN	Vật liệu nổ công nghiệp
XDCB	Xây dựng cơ bản
XGBoost	eXtreme gradient boosting - Mô hình độ dốc tăng cường cấp cao
LTN	Lượng thuốc nổ

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. Các điều kiện áp dụng của một số sơ đồ nổ mìn vi sai nhằm giảm thiểu chấn động nổ mìn 18

Bảng 1.2. Giá trị vận tốc rung giới hạn đối với công trình khi chịu tác động rung gián đoạn 20

Bảng 1.3. Bảng xếp loại các công trình xây dựng theo khả năng chịu tác động rung và chấn động.....20

Bảng 1.4. Tốc độ dao động cho phép V_{cp} của nền công trình.....29

Bảng 1.5. Giá trị vận tốc rung giới hạn đối với công trình khi chịu tác động rung gián đoạn 35

Bảng 1.6. Bảng xếp loại các công trình xây dựngtheo khả năng chịu tác động rung và chấn động 36

Bảng 1.7. Tốc độ dao động cho phép Vcp của nền công trình 37

Bảng 2.1. Một số phương trình thực nghiệm dự báo chấn động nổ mìn . 47

Bảng 4.1. Tóm tắt cơ sở dữ liệu sử dụng dự báo chấn động nổ mìn cho mỏ than Núi Béo.....82

Bảng 4.2. Hiệu suất của các mô hình ANN dự báo chấn động nổ mìn trong quá trình huấn luyện.....95

Bảng 4.3. Hiệu suất của các mô hình SVR dự báo chấn động nổ mìn cho mỏ than Núi Béo (trong quá trình huấn luyện).....97

Bảng 4.4. Hiệu suất của các mô hình XGBoost dự báo chấn động nổ mìn cho mỏ than Núi Béo (trong quá trình huấn luyện) 100

Bảng 4.5. Hiệu suất của các mô hình trí tuệ nhân tạo và mô hình thực nghiệm trên bộ dữ liệu thử nghiệm 111

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Một số mỏ lộ thiên lớn trên thế giới và Việt Nam sử dụng công nghệ khoan - nổ mìn 22
Hình 1.2. Công tác khoan lỗ khoan nạp mìn trên mỏ lộ thiên..... 23
Hình 1.3. Thuốc nổ và phương tiện nổ sử dụng trên mỏ lộ thiên..... 24
Hình 1.4. Cấu trúc LTN trong lỗ khoan 25
Hình 1.5. Một số sơ đồ nổ mìn vi sai sử dụng trên mỏ lộ thiên 25
Hình 1.6. Một số thiệt hại về công trình do chấn động nổ mìn gây ra 26
Hình 1.7. Trượt lở tầng và bờ mỏ do chấn động nổ mìn 26
Hình 1.8. Sơ đồ tác dụng nổ trong môi trường rắn theo Pakrovski G.I. 27
Hình 1.9. Sơ đồ mô tả dạng biên độ mặt sóng nổ theo thời gian trong môi trường đất đá, tại một vị trí nhất định nằm ngoài tâm nổ..... 30
Hình 1.10. Sự hình thành vết nứt trong quá trình nổ mìn..... 31
Hình 1.11. Sự phản xạ của sóng nổ ở gần bề mặt tự do 32
Hình 1.12. Các tác động tiêu cực sinh ra do nổ mìn trên mỏ lộ thiên 33
Hình 1.13. Minh họa sự lan truyền sóng chấn động do nổ mìn trên mỏ lộ thiên..... 34
Hình 1.14. Một số thiệt hại về công trình do chấn động nổ mìn gây ra 38
Hình 1.15. Trượt lở tầng và bờ mỏ do chấn động nổ mìn 38
Hình 1.16. Ảnh hưởng của chấn động nổ mìn tới các công trình xung quanh tại cụm mỏ đá Tân Đông Hiệp, Bình Dương..... 39
Hình 2.1. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm của các nhà khoa học tại mỏ than Khe Sim thuộc Tổng công ty Đông Bắc..... 43
Hình 2.2. Phương pháp nổ mìn thực nghiệm nhằm giảm thiểu chấn động 44
Hình 2.3. Phương trình thực nghiệm kết hợp phân tích ANOVA để dự báo chấn động nổ mìn cho một số mỏ lộ thiên ở Việt Nam..... 45
Hình 2.4. Mô phỏng ảnh hưởng của chấn động nổ mìn trong đường hầm bằng phần mềm Phase 2 46
Hình 2.5. Minh họa một ANN dự báo chấn động nổ mìn 50

Hình 2.6. Minh họa thuật toán bầy ong nhân tạo 51
Hình 2.7. Minh họa phân cụm dữ liệu dự đoán chấn động nổ mìn 52
Hình 3.1. Cấu trúc mạng nơron truyền thẳng, một lớp..... 56
Hình 3.2. Cấu trúc mạng nơron truyền thẳng, nhiều lớp 56
Hình 3.3. Cấu trúc mạng nơron lặp lại 57
Hình 3.4. Cấu trúc mạng nơron dạng lưới 57
Hình 3.5. Quá trình thực hiện của thuật toán RF..... 59
Hình 3.6. Minh họa quá trình ánh xạ dữ liệu trong thuật toán SVR... 61
Hình 3.7. Đề xuất khung làm việc của mô hình HKM-CA dự báo chấn động nổ mìn cho mỏ lộ thiên..... 68
Hình 3.8. Khung chương trình của mô hình PSO-XGBoost được đề xuất cho dự báo chấn động nổ mìn trên mỏ lộ thiên 71
Hình 3.9. Sơ đồ làm việc của thuật toán tối ưu hóa đom đóm (FFA) 72
Hình 3.10. Khung làm việc của mô hình FFA-ANN được đề xuất cho dự báo chấn động nổ mìn trên mỏ lộ thiên..... 75
Hình 4.1. Vị trí của khu vực nghiên cứu (mỏ than Núi Béo - Quảng Ninh)..... 77
Hình 4.2. Thiết bị đo chấn động nổ mìn (Blastmate III) và kết quả đo chấn động nổ mìn tại mỏ than Núi Béo..... 82
Hình 4.3. Biểu đồ phân bố dữ liệu của các biến đầu vào và đầu ra.... 84
Hình 4.4. Biểu đồ hình hộp và râu của dữ liệu chấn động nổ mìn 85
Hình 4.5. Ma trận tương quan của các biến đầu vào 86
Hình 4.6. Phổ màu đánh giá hiệu suất mô hình..... 88
Hình 4.7. Minh họa biểu đồ Taylor dùng trong đánh giá mô hình..... 88
Hình 4.8. Minh họa kỹ thuật lấy mẫu kiểm tra chéo 10 nếp gấp..... 92
Hình 4.9. Cấu trúc mạng nơron nhân tạo (mô hình ANN 8-21-16-1) dự báo chấn động nổ mìn cho mỏ than Núi Béo 94
Hình 4.10. Hiệu suất của mô hình RF với các biến dự đoán khác nhau 96
Hình 4.11. Hiệu suất của mô hình lập thể trên bộ dữ liệu huấn luyện 99
Hình 4.12. Xác định số cụm tối ưu cho dữ liệu chấn động nổ mìn mỏ Núi Béo sử dụng phương pháp Elbow 101

Hình 4.13. Phân cụm dữ liệu PPV cho mỏ than Núi Béo sử dụng kỹ thuậtphân cụm K trung bình theo thứ bậc (HKM) 102
Hình 4.14. Hiệu suất của mô hình lập thể trên cụm dữ liệu thứ nhất 103
Hình 4.15. Hiệu suất của mô hình lập thể trên cụm dữ liệu thứ hai . 103
Hình 4.16. Hiệu suất của mô hình PSO-XGBoost trong quá trình huấn luyện với số lượng quần thể khác nhau 105
Hình 4.17. Hiệu suất của mô hình FFA-ANN trong quá trình huấn luyện với số lượng cá thể đom đóm khác nhau 107
Hình 4.18. Phân cụm dữ liệu kiểm tra cho mỏ than Núi Béo sử dụng kỹ thuật phân cụm K trung bình theo thứ bậc (HKM) 110
Hình 4.19. Đồ thị so sánh giá trị thực tế và giá trị dự báo của mô hình ANN trên bộ dữ liệu thử nghiệm..... 113
Hình 4.20. Đồ thị so sánh giá trị thực tế và giá trị dự báo của mô hình RF trên bộ dữ liệu thử nghiệm 113
Hình 4.21. Đồ thị so sánh giá trị thực tế và giá trị dự báo của mô hình SVR trên bộ dữ liệu thử nghiệm..... 114
Hình 4.22. Đồ thị so sánh giá trị thực tế và giá trị dự báo của mô hình Cubist (lập thể) trên bộ dữ liệu thử nghiệm 114
Hình 4.23. Đồ thị so sánh giá trị thực tế và giá trị dự báo của mô hình XGBoost trên bộ dữ liệu thử nghiệm 115
Hình 4.24. Đồ thị so sánh giá trị thực tế và giá trị dự báo của mô hình HKM-CA trên bộ dữ liệu thử nghiệm 115
Hình 4.25. Đồ thị so sánh giá trị thực tế và giá trị dự báo của mô hình PSO-XGBoost trên bộ dữ liệu thử nghiệm 116
Hình 4.26. Đồ thị so sánh giá trị thực tế và giá trị dự báo của mô hình FFA-ANN trên bộ dữ liệu thử nghiệm 116
Hình 4.27. Đồ thị so sánh giá trị thực tế và giá trị dự báo của mô hình thực nghiệm của Cục Mỏ Hoa Kỳ trên bộ dữ liệu thử nghiệm 117
Hình 4.28. Đồ thị so sánh giá trị thực tế và giá trị dự báo của mô hình thực nghiệm của N Ambraseys (Xadovski) trên bộ dữ liệu thử nghiệm 117
Hình 4.29. Đồ thị Taylor phục vụ so sánh và đánh giá hiệu suất các mô hình dự báo chấn động nổ mìn 119
Hình 4.30. Mức độ quan trọng của các biến đầu vào tới độ chính xác của mô hình HKM-CA trong dự báo chấn động nổ mìn..... 121

LỜI NÓI ĐẦU

Chấn động nổ mìn là một trong những tác động tiêu cực sinh ra do nổ mìn trên các mỏ lộ thiên; có thể gây phá hủy cấu trúc các công trình xung quanh, gây nứt nẻ hoặc đổ sập nhà cửa, mất ổn định tầng và bờ mỏ trên mỏ lộ thiên và gây hoang mang, lo sợ cho các hộ dân cư nằm trong vùng bán kính ảnh hưởng của sóng chấn động nổ mìn. Việc tăng quy mô các vụ nổ với khối lượng thuốc nổ lớn sẽ sinh ra các tác hại đáng kể, đặc biệt là chấn động nổ mìn. Mặt khác, việc tăng quy mô sản xuất cũng sẽ làm khoảng cách giữa biên giới mỏ và các khu vực dân cư xung quanh mỏ ngày càng giảm dần. Điều này gây ảnh hưởng trực tiếp tới các công trình và nhà cửa của khu dân cư gần mỏ, cũng như gây quan ngại cho người dân khu vực lân cận; làm giảm hiệu quả của khai thác mỏ và không đáp ứng được các yêu cầu bảo vệ môi trường và phát triển bền vững.

Để đảm bảo an toàn trong bảo quản, vận chuyển, sử dụng và tiêu hủy vật liệu nổ công nghiệp, Bộ Công Thương đã ban hành QCVN 01:2019/BCT ngày 21/11/2019, trong đó có quy định về khoảng cách an toàn chấn động nổ mìn đối với thiết bị và công trình xung quanh dựa trên các tính toán thực nghiệm. Tuy nhiên, do ảnh hưởng của nhiều yếu tố khác nhau như: tính chất cơ lý của đất đá, các thông số bãi mìn, phương pháp nổ mìn,… cho nên kết quả giám sát chấn động nổ mìn thực tế nhiều khi không như các giá trị tính toán thực nghiệm được ban hành trong QCVN 01:2019/BCT, có thể gây ra các thiệt hại nghiêm trọng đối với các công trình cần bảo vệ. Hơn nữa, các kết quả giám sát chấn động nổ mìn bằng các thiết bị chuyên dụng chỉ có thể ghi lại được sóng chấn động nổ mìn sau khi các vụ nổ đã xảy ra. Điều đó đồng nghĩa với các tác động nguy hiểm của chấn động nổ mìn tới môi trường xung quanh đã không được kiểm soát triệt để. QCVN 01:2019/BCT của Bộ Công Thương lúc này chỉ có tính pháp lý mà thiếu cơ sở khoa học để đánh giá đầy đủ ảnh hưởng và thiệt hại gây ra bởi chấn động nổ mìn.

Từ những thập niên 50 của thế kỷ XIX cho đến nay, nhiều học giả đã đề xuất các phương trình thực nghiệm để dự báo cường độ sóng chấn động sinh ra do nổ mìn (sau đây được gọi tắt là "*dự báo chấn*

động nổ mìn" trong nghiên cứu này). Tuy nhiên, cách tiếp cận của các phương pháp thực nghiệm chủ yếu dựa trên mối quan hệ tuyến tính của khối lượng thuốc nổ và khoảng cách giám sát chấn động nổ mìn. Trong khi đó, nhiều yếu tố khác cũng được các nhà khoa học đề xuất là có ảnh hưởng tới chấn động nổ mìn như: tính chất cơ lý của đất đá và các thông số nổ mìn (chiều sâu lỗ khoan, khoảng cách các hàng lỗ khoan, khoảng cách các lỗ khoan trong hàng, đường cản chân tầng, chỉ tiêu thuốc nổ, đường kính lỗ khoan,…) vẫn chưa được nghiên cứu và xem xét trong các phương trình thực nghiệm. Hơn nữa, việc nâng cao hiệu quả công tác nổ mìn và bảo vệ môi trường khai thác mỏ đang là vấn đề thời sự của các mỏ lộ thiên.

Với sự phát triển vượt bậc của khoa học công nghệ trong thế kỷ XXI và cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, công nghệ thông tin đã thay đổi thế giới. Các ứng dụng của công nghệ thông tin như: trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence), mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial Neural Network), học máy (Machine Learning), học sâu (Deep learning), dữ liệu lớn (Big data), Internet kết nối vạn vật (IoT), cuốn sổ cái (Blockchain),… đã tạo một bước nhảy lớn trong khoa học công nghệ, đưa con người đến với cuộc sống hiện đại hơn, chính xác hơn và tiện nghi hơn. Trong đó, không thể không nói đến ứng dụng của trí tuệ nhân tạo trong ngành mỏ. Trong thực tế, trí tuệ nhân tạo đã được nghiên cứu và phát triển để dự báo các vấn đề liên quan tới ngành công nghiệp mỏ như: dự báo chấn động nổ mìn, sóng đập không khí, đất đá bay, hậu xung, ô nhiễm không khí,... Ngoài ra, các phương pháp tối ưu hóa biên giới mỏ, kế hoạch sản xuất, các công tác vận tải, xúc bốc,… cũng đã được thực hiện bởi trí tuệ nhân tạo.

Trong dự báo chấn động nổ mìn, trí tuệ nhân tạo có khả năng khắc phục các hạn chế và nhược điểm của các mô hình thực nghiệm và cho phépdự báo chính xác chấn động sinh ra do nổ mìn, tuy nhiên chưa được nghiên cứu và áp dụng tại Việt Nam. Hơn nữa, các nghiên cứu mới nhằm bổ sung và đóng góp cho cộng đồng khoa học trên thế giới trong xu thế hội nhập hiện nay là cần thiết để không ngừng cải thiện mức độ chính xác của các mô hình trí tuệ nhân tạo.

Từ thực tế trên, các tác giả đã biên soạn cuốn sách chuyên khảo: "*Dự báo chấn động nổ mìn trong khai thác mỏ lộ thiên bằng mô hình trí tuệ nhân tạo*" trên cơ sở xem xét tổng thể nhiều yếu tố ảnh hưởng

tới sóng chấn động nổ mìn, nhằm cải thiện mức độ chính xác trong dự báo chấn động nổ mìn, góp phần giảm thiểu các tác động tiêu cực tới môi trường xung quanh. Đây là một chủ đề có tính cấp thiết và thực tiễn trong ngành mỏ Việt Nam và thế giới hiện nay.

Cuốn sách gồm các nội dung chính sau:

- Chương 1. Đặc điểm chung của công tác nổ mìn trên mỏ lộ thiên và những ảnh hưởng của chấn động nổ mìn;

- Chương 2. Tổng quan các dự báo chấn động nổ mìn trên mỏ lộ thiên;

- Chương 3. Cơ sở lý thuyết của một số mô hình trí tuệ nhân tạo dự báo chấn động nổ mìn trên mỏ lộ thiên;

- Chương 4. Nghiên cứu một số mô hình trí tuệ nhân tạo dự báo chấn động nổ mìn cho mỏ lộ thiên.

Đây là một tài liệu chuyên khảo bổ ích cho các nhà khoa học, các nghiên cứu sinh, học viên cao học và sinh viên trong các trường đại học, cao đẳng ngành mỏ, đồng thời còn là tài liệu tra cứu, tham khảo bổ ích cho các kỹ sư mỏ trực tiếp điều hành sản xuất trên công trường nổ mìn của các mỏ than, quặng, đá vật liệu xây dựng,.. cũng như các cơ quan quản lý nhà nước có liên quan.

Hà Nội, 02 tháng 9 năm 2020

Các tác giả

TS. NGUYỄN HOÀNG, GS.TS. BÙI XUÂN NAM, TS. TRẦN QUANG HIẾU

DỰ BÁO CHẤN ĐỘNG NỔ MÌN TRONG KHAI THÁC MỎ LỘ THIÊN BẰNG MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO

NHÀ XUẤT BẢN
KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

ISBN: 978-604-9955-64-8

Giá: 180.000đ