

THUYẾT MINH

ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

Tên đề tài (tiếng Việt)	Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ tại các khu vực mỏ chứa chất phóng xạ, áp dụng thử nghiệm ở mỏ đồng Sin Quyền
Tên đề tài (tiếng Anh)	Research and application of artificial intelligence in monitoring and predicting of radioactive release in mining areas, a case study in Sin Quyền copper mine
Thời gian thực hiện	24 tháng

1. Giới thiệu tổng quát

Việt Nam có nhiều mỏ khoáng sản chứa chất phóng xạ đã và đang được khai thác để phục vụ các mục đích phát triển kinh tế - xã hội. Quá trình khai thác mỏ cộng sinh với chất phóng xạ, hoặc quặng phóng xạ sẽ dẫn tới sự phát tán các chất phóng xạ ra môi trường xung quanh. Trong đó, khí radon là loại khí phóng xạ phổ biến, phát tia alpha rất độc hại, rất dễ đi vào cơ thể con người qua đường hô hấp, gây ung thư. Việc quan trắc và dự báo phát tán khí radon tại các vùng mỏ là rất cần thiết và cần duy trì thường xuyên để bảo vệ môi trường, sinh thái và sức khỏe cộng đồng. Do vậy, xây dựng cơ sở khoa học và các công cụ học máy và trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ từ các vùng mỏ chứa chất phóng xạ ra môi trường xung quanh là một yêu cầu cấp thiết. Đề tài sẽ hướng đến hoàn thành các sản phẩm chính gồm: quy trình và phương pháp học máy, trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon tại các mỏ chứa chất phóng xạ và áp dụng trí tuệ nhân tạo để giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon ra môi trường tại mỏ đồng Sin Quyền. Các phương pháp chính được sử dụng gồm: đo đạc tham số và số liệu phóng xạ hiện trường, phân tích nồng độ phóng xạ trong phòng, xây dựng các mô hình/thuật toán để quan trắc và dự báo phát tán khí phóng xạ từ các vùng mỏ chứa chất phóng xạ.

2. Tổng quan tình hình nghiên cứu và sự cần thiết tiến hành nghiên cứu

2.1. Tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước

2.1.1. Tình hình nghiên cứu trên thế giới

Phóng xạ tự nhiên luôn tồn tại trong các dạng vật chất khác nhau với hàm lượng và hoạt độ khác nhau. Nhiều khu vực trên thế giới đã và đang chịu tác động phơi nhiễm hoạt độ phóng cao. Sự phơi nhiễm lâu dài có thể gây ra các tác động đến môi trường, sinh thái, rủi ro tới sức khỏe, thậm chí là tính mạng của con người sống ở khu vực đó.

Rất nhiều những nghiên cứu cho thấy mức độ phóng xạ hạt nhân tự nhiên cao như ở trong đất của mỏ Rössing Uranium ở phía tây Namibia thay đổi từ 45,9 đến 1752 Bq/kg đối với ^{238}U ; 70,4 đến 1866 Bq/kg đối với ^{232}Th và 376 đến 1300 Bq/kg đối với ^{40}K (JA Oyedele và *nnk.*, 2010); nồng độ ^{222}Rn trong đất nằm trong khoảng từ 670 đến 1940 Bq/m³ và 490 đến 2120 Bq/m³ tại các mỏ crôm của Khanozai và Muslim Bagh, Pakistan (Nisar Ahmad và *nnk.*, 2019); và lên tới 6000 Bq/kg ^{238}U và 240000 Bq/kg ^{232}Th ở Madena Madagascar (Duong Van Hao và *nnk.*, 2019). Một trong những hạt nhân phóng xạ tự nhiên được quan tâm đặc biệt là khí radon (^{222}Rn). Radon là một loại khí trơ có nguồn gốc phân rã từ chuỗi phân rã ^{238}U với thời gian bán hủy (T_{1/2}) là 3,8 ngày, đây là loại khí phóng xạ tự nhiên có thời gian bán hủy dài nhất. Nồng độ Radon có thể tích tụ trong bầu khí quyển, đặc biệt là trong các không gian kín như hang động, trong nhà, trong đó các mỏ chứa phóng xạ có đóng góp đáng kể (FP Carvalho và MC Reis, 2006; Bliss L Tracy, 2010; World Health Organization WHO, 2009). Radon trong môi trường là một trong những chất gây ung thư và là đối tượng có thể ảnh hưởng đến chất lượng không khí trong nhà, là đồng vị phát ra alpha, việc hít phải radon và con cháu phóng xạ của radon có thể gây ra sự phơi nhiễm ion hóa bên trong của con người. Phơi nhiễm của radon hiện nay được đề cập trong các quy định y tế ở nhiều quốc gia. Nhiều báo cáo về bằng chứng dịch tễ học thấy mối quan hệ rõ ràng giữa việc tiếp xúc liên tục với nồng độ radon cao và ung thư phổi (World Health Organization WHO, 2009). Vì các hạt nhân phóng xạ tự nhiên là thành phần của vỏ trái đất (Firmi P Banzi và *nnk.*, 2017), người ta có thể tìm thấy đồng vị radon ở mọi nơi trong môi trường. Những khu vực có tập trung nồng độ radon cao hơn là trong không khí bề mặt, đặc biệt là khu vực đá granit, mỏ urani, mỏ photphat và các khu vực khai thác nguyên tố đất hiếm và mỏ sa khoáng (FP Carvalho và *nnk.*, 2007; Stanislaw Chalupnik và Małgorzata Wysocka, 2008; Julian Hilton, 2008; Duong Van Hao và *nnk.*, 2019).

Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện để quan trắc và xác định nồng độ radon (CN Grant và *nnk.*, 2012; Kamal Hadad và *nnk.*, 2007; S Heidary và *nnk.*, 2011; Zeeshan Jilani và *nnk.*, 2017; Marco Laiolo và *nnk.*, 2012; RC Ramola và *nnk.*, 2005) hoặc phát triển mô hình phát tán radon và dự đoán dựa trên các điều kiện được coi là dạng chuẩn hoặc mô hình giả thuyết (Che Doering và *nnk.*, 2018; He Xi Wu và *nnk.*, 2014; Dong Xie và *nnk.*, 2012). Hay xây dựng bản đồ tiềm năng radon bằng học máy trí tuệ nhân tạo (Petermann và *nnk.*, 2020). Tuy nhiên, rất ít các nghiên cứu dự báo về sự phát tán radon sử dụng công cụ máy học, được coi là kỹ thuật xử lý tài liệu tiên tiến để giải quyết nhiều vấn đề thực tế như ứng dụng cây quyết định (thuật toán M5P) vào phân tích dữ liệu radon đất để dự đoán động đất (Boris Zmazek và *nnk.*, 2003) hoặc mô hình mạng nơron thần kinh (ANN) để dự báo động đất với việc quan trắc radon (Fatih Kùlahcı và *nnk.*, 2009). Những nghiên cứu này ban đầu cho thấy tiềm năng của

các mô hình học máy ứng dụng trí tuệ nhân tạo cho các vấn đề dự đoán có thể được áp dụng để dự báo, quan trắc sự phát tán và xuất hiện radon nhanh chóng và chính xác.

2.1.2. Tình hình nghiên cứu trong nước

Ở nước ta, các phương pháp phóng xạ đã được áp dụng trong đo vẽ bản đồ địa chất, tìm kiếm các mỏ quặng có chứa chất phóng xạ từ những năm 1955. Song song với công tác đo bức xạ gamma trên mặt đất phục vụ đo vẽ bản đồ địa chất, tìm kiếm khoáng sản, đã tiến hành công tác bay đo phổ gamma hàng không ở các tỷ lệ khác nhau và phủ hầu khắp diện tích trên toàn lãnh thổ.

- *Về thành lập bản đồ phóng xạ:* Hiện nay, đang thực hiện dự án “Xây dựng bộ bản đồ môi trường phóng xạ tự nhiên tỷ lệ 1:250.000 giai đoạn I (2014-2018) cho các tỉnh biên giới ven và ven biển phía Bắc” và dự án “Điều tra, đánh giá hiện trạng môi trường phóng xạ tại địa bàn một số tỉnh miền Trung Trung Bộ và đề xuất các giải pháp phòng ngừa phục vụ phát triển kinh tế xã hội bền vững”.

- *Về điều tra môi trường phóng xạ, khoanh định diện tích có khoáng sản độc hại:* đã được tiến hành tại các vùng mỏ, diện tích có nguy cơ cao về phóng xạ tự nhiên. Đến nay đã điều tra các vùng mỏ khoáng sản phóng xạ, độc hại ở Lai Châu, Cao Bằng, Quảng Nam, Lào Cai, Yên Bái, Phú Thọ... và cả vùng Tây Bắc. Kết quả điều tra và căn cứ vào các quy định về ngưỡng an toàn phóng xạ, đã khoanh định được các diện tích có nguy cơ phóng xạ, đánh giá dự báo số hộ dân ảnh hưởng và đề xuất các giải pháp khắc phục.

Từ giữa những năm 1990 đến năm 2002, trong chương trình điều tra địa chất Đô thị, 57 khu đô thị trong cả nước đã được khảo sát môi trường bức xạ tự nhiên, gồm đo suất liều gamma, nồng độ radon và lấy mẫu nước. Sản phẩm là tập số liệu kết quả đo gamma, đo khí phóng xạ và kết quả phân tích hàm lượng các nhân phóng xạ trong môi trường nước, được tổng hợp và xây dựng bản đồ liều tương đương tỷ lệ 1:25.000.

- Năm 2012, Bộ Tài nguyên và Môi trường cho thực hiện nhiệm vụ “Quan trắc và phân tích phóng xạ môi trường biển tại hai địa điểm dự kiến xây dựng nhà máy điện hạt nhân thuộc tỉnh Ninh Thuận”, có phạm vi thực hiện cho 2 vùng nhỏ cụ thể dự kiến xây dựng nhà máy và nhiệm vụ cũng đã tạm dừng. Các thông số quan trắc là: U, Th, ^{226}Ra , ^{40}K , ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{210}Po , $^{239,240}\text{Pu}$ trong các đối tượng nước, trầm tích và sinh vật biển với tần suất quan trắc 2 lần/năm.

- Năm 2018, Bộ Tài nguyên và Môi trường cho thực hiện nhiệm vụ: “Quan trắc và phân tích phóng xạ môi trường biển tại tỉnh Ninh Thuận; Gành Rái tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu và tỉnh Cà Mau” (Viện Nghiên cứu hạt nhân thực hiện) nhằm đánh giá theo không gian thực trạng mức hiện hữu các nguyên tố phóng xạ chủ yếu trong các thành phần môi trường biển ở một số địa điểm cụ thể phía Nam.

- Một số nghiên cứu, ứng dụng thành công mô hình M5P và ANN trong thực tế. Một số công trình, nghiên cứu tại Việt Nam: Sử dụng mô hình ANN (artificial neural networks) dự báo hạn khí tượng ở Đồng bằng sông Cửu Long (Trần Văn Tý và nnk., 2018); Nghiên cứu ứng dụng mạng nơron nhân tạo hỗ trợ công tác chọn thầu thi công theo quy trình đấu thầu Việt Nam (Phạm Hồng Luân và Phạm Trường Giang, 2006); Một công trình nghiên cứu đối tượng trong lãnh thổ Việt Nam có sự cộng tác của tác giả nước ngoài ví dụ như: Đánh giá nguy cơ trượt lở đất tại huyện Mù Cang Chải, tỉnh Yên Bái bằng cách sử dụng kỹ thuật phân loại mờ ngẫu nhiên. Đây là thuật toán dựa trên phân loại thống nhất và phân tích xác suất của dữ liệu lượng mưa (Binh Thai Pham và nnk., 2017).

- Khu mỏ đồng Sin Quyền được xây dựng, mở rộng và nâng cao công suất khu mỏ-tuyển. Khai trường mỏ đồng Sin Quyền đang khai thác ở hai khu gồm khu đông và khu tây.

+ Khu đông: Có kích thước biên giới là 730m x 480m với độ cao đáy khai trường -80m, độ cao nhất khai trường là +232m. Quặng nguyên khai là 22,958 triệu tấn, đất bóc 96,222 triệu m³.

+ Khu tây: có biên giới khai trường 1400 x 3500m, độ cao đáy khai trường +64m, (cực bộ 100m), độ cao nhất khai trường + 340m. Quặng nguyên khai là 9,712 triệu tấn, đất bóc 35,034 triệu m³

Tổng trữ lượng quặng sulfua toàn mỏ từ cốt +100m đến -350m là 52.787.633 tấn. Dự án khai thác mở rộng và nâng công suất khu mỏ- tuyển của dự án đầu tư đã tính toán tốc độ xuống sâu của đáy mỏ và xác định sản lượng 2,2÷2,4 triệu tấn quặng nguyên khai/ năm. Trong quá trình khai thác quặng đồng chứa chất phóng xạ, phải đào bới, vận chuyển, lưu giữ, chế biến quặng với khối lượng hàng triệu tấn quặng. Hơn nữa khi khai thác quặng bị đào bới, đất phủ bị bóc tách, quặng được thu gom, nghiền tuyển, làm giàu... làm cho các chất phóng xạ phát tán mạnh mẽ ra môi trường xung quanh, đặc biệt là phát tán trong môi trường nước, không khí. Bụi chứa chất phóng xạ có thể phát tán khu vực dân cư xung quanh. Tác động của con người do khai thác, chế biến quặng đồng sẽ làm biến đổi giá trị tổng liều tương đương bức xạ trên khu mỏ và các vùng xung quanh, có thể ảnh hưởng đến sức khỏe công nhân làm việc trong nhà máy, người dân sinh sống trong khu vực nhà máy và các khu dân cư lân cận. Những vấn đề nghiên cứu về liều gia tang và sự phát tán bụi, phát tán theo môi trường nước được các nhà khoa học, các học giả, các cơ quan chuyên môn nghiên cứu nhưng sự phát tán radon mới chỉ dừng lại về đo đạc truyền thống để đánh giá tức thời, hay trung bình hoặc tại chỗ chứ

chưa có nghiên cứu về ứng dụng AI để dự báo mức độ phát tán trong các điều kiện khai thác và chế biến thay đổi.

Nhận xét: nhìn chung các công trình nghiên cứu, các đề án nghiên cứu về môi trường phóng xạ chủ yếu đề cập đến các phương pháp truyền thống để đo đạc, xác định, hay quan trắc các tham số môi trường phóng xạ. Việc ứng dụng học máy trí tuệ nhân tạo mới chỉ bắt đầu được ứng dụng trong các lĩnh vực khoa học trái đất khác nhau. Tuy nhiên, việc áp dụng AI trong nghiên cứu phát tán khí phóng xạ ở Việt Nam còn rất hạn chế, đặc biệt là chưa có các nghiên cứu ứng dụng AI trong lĩnh vực quan trắc và dự báo phát tán phóng xạ khi radon. Do vậy, việc sử dụng mã nguồn mở WEKA và đề cập phương pháp học máy, trí tuệ nhân tạo (thuật toán thử nghiệm bao gồm ANN và M5P) trong dự báo phát tán khí phóng xạ radon ra môi trường xung quanh là một trong những tiền đề phát triển ứng dụng công nghệ 4.0 trong lĩnh vực phóng xạ môi trường, và phát triển bền vững.

2.1.3. Các công trình nghiên cứu của nhóm thực hiện đề tài

Các thành viên thực hiện đề tài đã có nhiều kinh nghiệm trong nghiên cứu và ứng dụng các kỹ thuật đồng vị, trong đó có đồng vị phóng xạ tự nhiên và nhân tạo. Các thành viên thực hiện đề tài là các cán bộ nghiên cứu trẻ, được đào tạo tốt nghiệp ở nước ngoài và có kinh nghiệm trong nghiên cứu khoa học đỉnh cao, xuất bản các bài báo quốc tế. Một số công trình đã xuất bản của nhóm nghiên cứu liên quan đến hướng nghiên cứu về kỹ thuật đồng vị và đồng vị phóng xạ đã được công bố trên các tạp chí khoa học quốc tế thuộc danh mục ISI (Bảng 1).

Hiện nay, các thành viên tham gia đề tài đang vận hành phòng thí nghiệm hiện đại tại khoa Địa chất và Phòng thí nghiệm Trọng điểm Địa môi trường và Ứng phó Biến đổi khí hậu, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên. Các trang thiết bị của phòng thí nghiệm có thể phân tích các đồng vị bền và đồng vị phóng xạ thực hiện trong đề tài. Bên cạnh đó, các thành viên tham gia đề tài còn có mối quan hệ hợp tác chặt chẽ với các chuyên gia trong nước và quốc tế về xây dựng và phát triển trí tuệ học máy, trí tuệ nhân tạo trong khoa học trái đất và môi trường; chuyên gia về nghiên cứu sự phát tán, mô hình phát tán các chất phóng xạ liên quan đến hoạt động thăm dò, khai thác và chế biến nguyên liệu, quặng có chứa chất phóng xạ. Những lợi thế này sẽ đảm bảo sự thành công của đề tài và khả năng phát triển các hướng nghiên cứu mới, mũi nhọn tại Đại học Quốc gia Hà Nội, đáp ứng được yêu cầu của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0.

Bảng 1. Một số công trình nghiên cứu đăng trên tạp chí khoa học quốc tế và quốc gia về sử dụng kỹ thuật đồng vị của nhóm tác giả thực hiện đề tài

- | |
|--|
| 1. Nguyen Tai Tue , Dang Minh Quan, Pham Thao Nguyen, Luu Viet Dung, Tran Dang Quy và Mai Trong Nhuan (2019). Holocene environmental changes in Red |
|--|

- River delta, Vietnam as inferred from the stable carbon isotopes and C/N ratios. *Journal of Earth System Science*, 128(1): 15.
2. **Nguyễn Tài Tuệ**, Lưu Việt Dũng, Nguyễn Đình Thái và Mai Trọng Nhuận (2018). Xác định nguồn gốc của carbon hữu cơ trong trầm tích bề mặt rừng ngập mặn Vườn quốc gia Mũi Cà Mau bằng phương pháp phân tích đồng vị bền. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, 34(4): 35-46.
 3. Đặng Minh Quân, **Nguyễn Tài Tuệ**, Phạm Thảo Nguyên, Lưu Việt Dũng và Trần Đăng Quy (2018). Phục hồi điều kiện cổ môi trường khu vực hồ Ao Tiên, Vườn Quốc gia Ba Bể bằng phương pháp đồng vị bền. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, 34(2): 40-50.
 4. **Nguyen Tai Tue**, Tran Dang Quy, Mai Trong Nhan, Luu Viet Dung và Nguyen Dinh Thai (2017). Tracing carbon transfer and assimilation by invertebrates and fish across a tropical mangrove ecosystem using stable isotopes. *Marine Ecology*, 38(5): e12460.
 5. **Nguyễn Tài Tuệ**, H. Hamaoka, Trần Đăng Quy, A. Sogabe, Mai Trọng Nhuận, Nguyễn Thành Nam, K. Omori (2014). Dual isotope study of food sources of a fish assemblage in the Red River mangrove ecosystem, Vietnam. *Hydrobiologia*, 733: 71–83.
 6. **Hao Duong Van**. Assessment of the annual committed effective dose due to the ^{210}Po ingestion from selected sea-food species in Vietnam. 2020. *Chemosphere*. 252, 126519.
 7. Huong Nguyen-Van, Tran Van Phong, Phan Trong Trinh,... **Hao Duong Van**, Tong Phuoc Hoang Son, 2020. Recent tectonics, geodynamics and seismotectonics in the Ninh Thuan Nuclear Power plants and surrounding regions, South Vietnam. *Journal of Asian Earth Sciences* 187 (2020) 104080.
 8. **Hao Duong Van**., Nguyen D.C., Pieczonka J., Piestrzyński A. 2020. Relationship between some selected major, minor and trace elements in the IOCG deposits (on the example of the unique Sin Quyen deposit, Lao Cai province, north Vietnam). *Journal of Russian Geology and Geophysics*. (In press and waiting DOI).
 9. **Hao Duong Van**, Chau D.N., Jakub N., Tibor K., Quy A.H, 2019. Uranium and radium isotopes in some selected thermal, surface and bottled waters in Vietnam. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 319:1331–1338
 10. **Hao Duong Van**, Chau D.N., Jodłowski P., Tibor K, 2019. High level natural radionuclides from the Mandena deposit, South Madagascar. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 319:1345–1349

11. Chau N.D., Lucyna R., **Hao Duong Van.**, Jakub N, 2017. ^{224}Ra and the $^{224}\text{Ra}/^{228}\text{Ra}$ activity ratio in selected mineral waters from the Polish Carpathians. *Geological Quarterly*. 61 (4) 771-776.
12. Nguyen D.C., Le P.K., Jodłowski P., Pieczonka J., Piestrzyński A., **Hao Duong Van**, Nowak J, 2016. Natural radioactivity at the Sin Quyen IOCG deposit in North Vietnam. *Acta Geophysica*. 64: (6), 2305-2321.
13. Le K.P., Bui D.D., Nguyen D.C., Tibor K., Nguyen V.N., **Hao Duong Van**, Nguyen T.S., Vu T.M.L, 2015. Estimation of effective dose rates caused by radon and thoron for inhabitants living in rare earth field in northwestern Vietnam (Lai Chau province). *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 306: 309–316.

Tài liệu tham khảo

Tài liệu Tiếng Việt

- Phạm Hồng Luân và Phạm Trường Giang (2006). Nghiên cứu ứng dụng mạng nơron nhân tạo hỗ trợ công tác chọn thầu thi công theo quy trình đấu thầu Việt Nam. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ*, 9(7): 15-24.
- Trần Văn Tý, Huỳnh Vương Thu Minh và Nguyễn Phương Đông (2018). Sử dụng mô hình ANN (Artificial neural networks) dự báo hạn khí tượng ở đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*(61): 15.

Tài liệu Tiếng Anh

- Nisar Ahmad, Tabassum Nasir, Jalil ur Rehman, Hamid Ullah và Zia Uddin (2019). Risk assessment of radon in soil collected from chromite mines of Khanozai and Muslim Bagh, Balochistan, Pakistan. *Environmental Technology & Innovation*, 16: 100476.
- H Alonso, JG Rubiano, JG Guerra, MA Arnedo, A Tejera và P Martel (2019). Assessment of radon risk areas in the Eastern Canary Islands using soil radon gas concentration and gas permeability of soils. *Science of the Total Environment*, 664: 449-460.
- Firmi P Banzi, Najat K Mohammed và Peter K Msaki (2017). Assessment of radioactivity of ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K in soil and plants for estimation of transfer factors and effective dose around Mkuju River Project, Tanzania.
- FP Carvalho, MJ Madruga, MC Reis, JG Alves, JM Oliveira, J Gouveia và L Silva (2007). Radioactivity in the environment around past radium and uranium mining sites of Portugal. *Journal of Environmental Radioactivity*, 96(1-3): 39-46.
- FP Carvalho và MC Reis (2006). Radon in Portuguese Houses and Workplaces, Proceed. International Conference Healthy Buildings HB2006, held in Lisbon, 4–8 June 2006. Universidade do Porto Portugal, pp. 507-511.
- Mauro Castelluccio, Massimo Moroni, Paola Tuccimei, Matej Neznal và Martin Neznal (2010). Soil gas radon concentration and permeability at “Valle della Caffarella” test site (Roma, Italy). Evaluation of gas sampling techniques and radon measurements using different approaches, Proc., 10th International Workshop on the Geological Aspects of Radon Risk Mapping. Czech geological survey, Radon vos, Prague, pp. 61-71.

- Stanislaw Chałupnik và Małgorzata Wysocka (2008). Changes of radium concentration in discharge waters from coal mines in Poland as a result of mitigation, *Uranium, Mining and Hydrogeology*. Springer, pp. 839-850.
- Che Doering, Scott A McMaster và Mathew P Johansen (2018). Modelling the dispersion of radon-222 from a landform covered by low uranium grade waste rock. *Journal of environmental radioactivity*, 192: 498-504.
- M García-Talavera, A García-Pérez, C Rey và L Ramos (2013). Mapping radon-prone areas using γ -radiation dose rate and geological information. *Journal of Radiological Protection*, 33(3): 605.
- CN Grant, GC Lalor và M Balcázar (2012). Radon monitoring in sites of economical importance in Jamaica. *Applied Radiation and Isotopes*, 71: 96-101.
- Kamal Hadad, R Doulatdar và S Mehdizadeh (2007). Indoor radon monitoring in Northern Iran using passive and active measurements. *Journal of environmental radioactivity*, 95(1): 39-52.
- S Heidary, S Setayeshi, M Ghannadi-Maragheh và A Negarestani (2011). Monitoring and measurement of radon activity in a new design of radon calibration chamber. *Radiation measurements*, 46(8): 694-700.
- Julian Hilton (2008). Towards a management and regulatory strategy for phosphoric acid and phosphogypsum as co-products, Naturally Occurring Radioactive Material (NORM V)(Proc. Int. Symp. Seville, 2007), IAEA, Vienna, pp. 281-295.
- G Ielsch, ME Cushing, Ph Combes và M Cuney (2010). Mapping of the geogenic radon potential in France to improve radon risk management: methodology and first application to region Bourgogne. *Journal of environmental radioactivity*, 101(10): 813-820.
- Zeeshan Jilani, Tahir Mehmood, Aftab Alam, Muhammad Awais và Talat Iqbal (2017). Monitoring and descriptive analysis of radon in relation to seismic activity of Northern Pakistan. *Journal of environmental radioactivity*, 172: 43-51.
- J Kemski, R Klingel, A Siehl và M Valdivia-Manchego (2009). From radon hazard to risk prediction-based on geological maps, soil gas and indoor measurements in Germany. *Environmental Geology*, 56(7): 1269-1279.
- J Kemski, A Siehl, R Stegemann và M Valdivia-Manchego (2001). Mapping the geogenic radon potential in Germany. *Science of the total environment*, 272(1-3): 217-230.
- Fatih Külahcı, Murat İnceöz, Mahmut Doğru, Ercan Aksoy và Oktay Baykara (2009). Artificial neural network model for earthquake prediction with radon monitoring. *Applied Radiation and Isotopes*, 67(1): 212-219.
- Marco Laiolo, Corrado Cigolini, Diego Coppola và Davide Piscopo (2012). Developments in real-time radon monitoring at Stromboli volcano. *Journal of environmental radioactivity*, 105: 21-29.
- M. Matolin (2017). Deviations in radon risk mapping using random soil gas sampling, 2nd International Workshop on the European Atlas of Natural Radiation, pp. 40.
- JA Oyedele, S Shimboyo, S Sitoka và F Gaoseb (2010). Assessment of natural radioactivity in the soils of Rössing Uranium Mine and its satellite town in western Namibia, southern Africa. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 619(1-3): 467-469.

- Binh Thai Pham, Dieu Tien Bui, Ha Viet Pham, Hung Quoc Le, Indra Prakash và MB Dholakia (2017). Landslide hazard assessment using random subspace fuzzy rules based classifier ensemble and probability analysis of rainfall data: a case study at Mu Cang Chai District, Yen Bai Province (Viet Nam). *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 45(4): 673-683.
- Alexander L Pyayt, DV Shevchenko, Alexey P Kozionov, Ilya I Mokhov, Bernhard Lang, Valeria V Krzhizhanovskaya và Peter MA Slood (2015). Combining Data-driven Methods with Finite Element Analysis for Flood Early Warning Systems, ICCS, pp. 2347-2356.
- RC Ramola, MS Negi và VM Choubey (2005). Radon and thoron monitoring in the environment of Kumaun Himalayas: survey and outcomes. *Journal of environmental radioactivity*, 79(1): 85-92.
- Bliss L Tracy (2010). Radon. *Atwood., DA Radionuclides in the Environment*. Wiley: 191-206.
- Duong Van Hao, Chau Nguyen Dinh, Paweł Jodłowski và Tibor Kovacs (2019). High-level natural radionuclides from the Mandena deposit, South Madagascar. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 319(3): 1331-1338.
- World Health Organization WHO (2009). WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. *World Health Organization*.
- He Xi Wu, Qiang Lin Wei, Bo Yang và Qing Cheng Liu (2014). Fast Prediction Method of Radon Concentration in Environment Air, *Applied Mechanics and Materials*. Trans Tech Publ, pp. 819-822.
- Dong Xie, Hanqing Wang và Kimberlee J Kearfott (2012). Modeling and experimental validation of the dispersion of ²²²Rn released from a uranium mine ventilation shaft. *Atmospheric environment*, 60: 453-459.
- Petermann, E., Meyer, H., Nussbaum, M., & Bossew, P. (2020). Mapping the geogenic radon potential for Germany by machine learning. *Science of The Total Environment*, 754, 142291.
- Qingzhi Zhou, Senlin Liu, Lechang Xu, Hui Zhang, Detao Xiao, Jun Deng và Ziqiang Pan (2019). Estimation of radon release rate for an underground uranium mine ventilation shaft in China and radon distribution characteristics. *Journal of environmental radioactivity*, 198: 18-26.
- Boris Zmazek, Ljupco Todorovski, Sašo Džeroski, Janja Vaupotič và Ivan Kobal (2003). Application of decision trees to the analysis of soil radon data for earthquake prediction. *Applied Radiation and Isotopes*, 58(6): 697-706.

2.2. Sự cần thiết tiến hành nghiên cứu

Theo các tài liệu hiện có nước ta có 151 mỏ, trong đó có các điểm mỏ chứa nguyên tố Urani, Thori phân bố chủ yếu ở khu vực Tây Bắc (điển hình là các mỏ, điểm quặng đất hiếm, U - Th), tại một số tỉnh Trung Trung Bộ (các mỏ, điểm quặng Urani tại khu vực Pà Lừa - Pà Ròng, Khe Hoa - Khe Cao, Quảng Nam), Tây Nguyên và ven biển từ Quảng Ninh đến Vũng Tàu (khoáng vật chứa phóng xạ trong 92 mỏ sa khoáng titan ven biển). Ngoài ra, còn nhiều điểm quặng có chứa phóng xạ như: các mạch thạch anh chứa khoáng vật xạ trong đá biến chất tuổi cổ, trong các thể migmatit chứa khoáng hóa Urani; các điểm mỏ kim loại như đồng, chì, apatit, bauxit; các mỏ than... đều chứa chất phóng xạ.

Quá trình khai thác quặng cộng sinh với chất phóng xạ, hoặc quặng phóng xạ sẽ dẫn tới sự phát tán các chất phóng xạ ra môi trường xung quanh. Mỏ đồng Sin Quyền, Lào Cai là mỏ cộng sinh giữa quặng đồng với urani. Mỏ đã và đang được khai thác lộ thiên, việc này sẽ dẫn tới sự phát tán chất phóng xạ đặc biệt là khí radon trong quá trình khai thác. Radon là đồng vị con cháu của urani có chu kỳ bán rã 3.8 ngày, với thời gian đủ lớn để phát tán ra môi trường xung quanh khi so sánh với đồng vị khí cùng loại là thoron với chu kỳ bán rã 55 giây. Radon là đồng vị khí phát tia alpha rất độc hại, và rất dễ đi vào cơ thể con người qua đường hô hấp. Một trong những nguyên nhân gây ung thư phổi và các bệnh của đường hô hấp. Khí radon phát thải vào khí quyển trong quá trình tiếp xúc trực tiếp với không khí và trong quá trình phá huỷ đất đá, quặng, là sản phẩm của quá trình đốt cháy nhiên liệu trong các thiết bị khai thác (H Alonso và *nnk.*, 2019; J Kemski và *nnk.*, 2009; Qingzhi Zhou và *nnk.*, 2019). Sự phát xạ khí radon từ mỏ phóng xạ và cộng sinh đồng hành với chất phóng xạ thường sẽ vẫn tiếp tục sau khi mỏ đã đóng cửa. Đối tượng chịu ảnh hưởng nhiều nhất là các lao động, cán bộ làm việc trong khu khai thác, chế biến tiếp xúc trực tiếp với các nguồn phát xạ và những người dân chúng sống xung quanh khu vực khai thác - chế biến quặng. Với đặc tính phát tán của khí radon cũng như các khí ô nhiễm khác có xu hướng lan toả ra xa khu vực nguồn phát. Nhiều yếu tố thời tiết như khí hậu, nhiệt độ, độ ẩm, lượng mưa, tốc độ gió, hướng gió, độ dốc địa hình, công trình xây dựng,... đồng thời kiểm soát quá trình phát tán độc hại. Việc quan trắc hiện trạng và dự báo phát tán khí radon là rất cần thiết và cần duy trì thường xuyên.

Công nghệ trí thông minh nhân tạo cùng kỹ thuật máy học được xem như xu thế công nghệ chủ đạo 4.0 trong tương lai, dựa theo tăng trưởng phổ biến của internet vạn vật (Internet of things) trong các lĩnh vực kỹ thuật cho tới công nghiệp. Bởi khả năng xử lý cùng lúc lượng lớn dữ liệu, tự bản thân chương trình rút kinh nghiệm và tối ưu hoá kết quả (Mauro Castelluccio và *nnk.*, 2010; M García-Talavera và *nnk.*, 2013; G Ielsch và *nnk.*, 2010; J Kemski và *nnk.*, 2001; M. Matolin, 2017). Việc áp dụng phương pháp máy học trí tuệ nhân tạo sẽ giúp chúng ta xây dựng bộ cơ sở dữ liệu phóng xạ toàn diện, gây dựng các mô hình phát tán khí phóng xạ độ xác thực cao, tăng tỷ lệ chính xác và mở rộng phạm vi dự báo. Kỹ thuật học máy chính là dạng trí tuệ nhân tạo sử dụng toàn bộ dữ liệu đầu vào (input) thông qua sắp xếp, chọn lựa và xây dựng các tổ hợp số liệu của các nhóm đối tượng theo dõi, tiếp tục dựa vào các thuật toán và năng lực xử lý của thiết bị để tự xây dựng các quy luật riêng và đưa ra dự báo tiệm cận nhất theo yêu cầu được người dùng đưa vào (một ví dụ đơn giản ứng dụng học máy là thiết lập cây quyết định/phân loại). Kỹ thuật học máy được áp dụng trên cơ sở hỗ trợ giải quyết các vấn đề cụ thể liên quan tới xây dựng kịch bản và đưa ra dự báo khi theo dõi thảm họa thiên nhiên (Alexander L Pyayt và *nnk.*, 2015). Để đưa ra đánh giá cụ thể, xây dựng một mô hình

phát tán chi tiết từ đó đưa ra các kịch bản ứng phó diễn biến sự cố khí phóng xạ trong tương lai, đòi hỏi rất nhiều công tác quan trắc với bộ số liệu không lỗ dựa trên các tham số phân tích yêu cầu.

Trên cơ sở các phân tích ở trên, việc xây dựng cơ sở khoa học và các công cụ học máy và trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ từ các vùng mỏ chứa chất phóng xạ ra môi trường xung quanh là một yêu cầu cấp thiết. Trên cơ sở đó, các thuật toán và trí tuệ nhân tạo sẽ được ứng dụng thử nghiệm để giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon tại khu vực mỏ đồng Sin Quyền để hoàn thiện cơ sở khoa học. Các kết quả nghiên cứu của đề tài có khả năng phát triển ứng dụng trong giám sát và dự báo các hiểm họa phóng xạ lan truyền trong môi trường liên quan đến khai thác và chế biến quặng (phóng xạ hoặc cộng sinh phóng xạ), từ các đơn vị sử dụng nguồn và phát thải chất phóng xạ, những khu vực phát thải và chôn lấp chất thải phóng xạ, từ lò phản ứng hạt nhân, từ vật liệu xây dựng có hoạt độ phóng xạ cao, áp dụng cho kinh bản xảy ra xử cố về hạt nhân cho các nhà máy điện hạt nhân trong tương lai tại Việt Nam trong tương lai.

Kết quả nghiên cứu của đề tài sẽ góp phần phát triển phương pháp luận và phương pháp nghiên cứu ứng dụng phương pháp học máy, trí tuệ nhân tạo trong việc dự báo, cảnh báo phát tán khí phóng xạ từ nguồn phát thải liên quan đến việc khai thác và chế biến quặng (phóng xạ hoặc cộng sinh phóng xạ), từ các đơn vị sử dụng nguồn và phát thải chất phóng xạ, những khu vực phát thải và chôn lấp chất thải phóng xạ, từ lò phản ứng hạt nhân, từ vật liệu xây dựng có hoạt độ phóng xạ cao, áp dụng cho kinh bản xảy ra xử cố về hạt nhân cho các nhà máy điện hạt nhân trong tương lai.

Quá trình thực hiện đề tài sẽ giúp xây dựng môi trường nghiên cứu khoa học chuyên sâu, nâng cao năng lực và phát triển đội ngũ nhà khoa học nghiên cứu về các ứng công nghệ 4.0 trong dự báo phát tán, phát thải sự cố môi trường liên quan đến chất phóng xạ độc hại. Phát triển và ứng dụng kỹ thuật học máy trí tuệ nhân tạo với độ chính xác và hiệu quả cao vào đời sống và phát triển bền vững trong lĩnh vực khoa học trái đất và bảo vệ môi trường. Nội dung của đề tài cũng sẽ được phát triển thành nội dung các bài giảng và giáo trình để giảng dạy, đào tạo sinh viên, học viên cao học tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc Gia Hà Nội.

Cung cấp kiến thức, tài liệu khoa học ứng dụng công nghệ 4.0 trong dự báo phát tán khí phóng xạ cho cán bộ nghiên cứu, giảng viên trong công việc giảng dạy, NCS tiến sỹ áp dụng và phát triển, thạc sỹ nghiên cứu và kỹ sư ứng dụng trong thực tiễn.

2.3. Khả năng thành công

Nghiên cứu xác định và đo đạc các đồng vị phóng xạ là một trong những phương pháp định lượng mang bản chất phương pháp địa hóa (địa hóa xạ). Đây là những phương

pháp đòi hỏi kỹ thuật, kinh nghiệm có tay nghề, không chỉ vậy cần đòi hỏi thiết bị có độ chính xác cao đảm bảo những yêu cầu trong phòng thí nghiệm và ngoài thực địa. Trong nghiên cứu ứng dụng khoa học dữ liệu, thì số liệu càng lớn, mức thống kê và độ tin cậy càng cao sẽ giảm sai số ngẫu nhiên cũng như điểm dị thường không mong muốn. Để đạt điều đó đòi hỏi, cần có sự chi phí cả về công sức và kinh phí để thực hiện. Việc áp dụng nhiều phương pháp, nhiều tham số, nhiều lĩnh vực (công nghệ thông tin IT, trí tuệ nhân tạo AI, khí tượng thủy văn, khảo sát địa chất, khảo sát địa vật lý, đo đạc và phân tích trong phòng, công nghệ xử lý số liệu v.v) để giải quyết một nhiệm vụ cấp bách sẽ tăng được độ chính xác cũng như tốc độ hoàn thành nhiệm vụ trong việc dự báo phát tán khi radon phát thải. Không chỉ vậy, việc áp dụng công nghệ 4.0 sẽ làm giảm giá thành cho nhiệm vụ của đề tài cũng như các nhiệm vụ khác được phát triển dựa trên nền tảng tham khảo công việc quy trình của đề tài đã đạt được. Để thực hiện các yêu cầu trên, tập thể đề tài có kinh nghiệm trong nghiên cứu kỹ thuật đồng vị, đang vận hành các thiết bị phân tích đồng vị bền, đồng vị phóng xạ hiện đại, đã có kinh nghiệm trong xây dựng và xử lý các dữ liệu lớn về tài nguyên và môi trường.



Hình 1. Hệ phổ kế Gamma phòng thấp (GEM50P4-70 – Ortec-Ametek, Hoa Kỳ) tại khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên



Hình 2. Hệ phổ kế Alpha 4 đầu dò (detector)(Alpha Ensemble-4 – Ortec-Ametek (Hoa Kỳ)) tại khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên

Đề tài sẽ sử dụng các trang thiết bị của phòng thí nghiệm tại khoa Địa chất và Phòng thí nghiệm Trọng điểm Địa môi trường và Ứng phó Biến đổi khí hậu, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên. Các hệ thống thiết bị hiện đại sẽ được sử dụng để phục vụ các nội dung nghiên cứu của đề tài như:

- Hệ thống phổ gamma đầu dò bán dẫn siêu tinh khiết photon thấp độ phân giải cao của ORTEC có thể phân tích được nhiều đồng vị phóng xạ tự nhiên và nhân tạo trong các mẫu đất (đất, đá và quặng), nước, thực vật.

- Hệ thống máy phổ alpha 4 đầu dò độ phân giải cao của ORTEC có thể phân tích chính xác nhiều đồng vị tự nhiên và nhân tạo mà không phân tích được bởi gamma.
- Các hệ máy đo tham số ngoài thực địa như: Định vị GPS, RAD-7, phổ gamma, tổng liều gamma, đo hướng gió, tốc độ gió, độ ẩm, nhiệt độ, đo địa hình v.v.

Kinh nghiệm nghiên cứu khoa học của chủ nhiệm đề tài và các thành viên tham gia đề tài, cơ sở vật chất của cơ quan chủ trì sẽ đảm bảo được sự thành công của đề tài.

3. Mục tiêu của đề tài

1. Xây dựng quy trình và phương pháp học máy, trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon tại các mỏ chứa chất phóng xạ.

2. Áp dụng thử nghiệm trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon ra môi trường tại mỏ đồng Sin Quyền.

4. Nội dung nghiên cứu

Nội dung 1: Xây dựng đề cương chi tiết Đề tài.

Nội dung 2: Thu thập tài liệu, số liệu đã công bố về ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon ra môi trường xung quanh.

- *Hoạt động 2.1:* Đánh giá tổng quan các công trình nghiên cứu hiện có về ứng dụng phương pháp trí tuệ nhân tạo trong dự báo phát tán khí phóng xạ từ khu vực mỏ có chất phóng xạ.

Nội dung 3: Xây dựng cơ sở khoa học và thực tiễn về ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ tại các khu vực mỏ ra môi trường xung quanh.

- *Hoạt động 3.1:* Xây dựng cơ sở khoa học và thực tiễn về ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ tại các khu vực mỏ ra môi trường xung quanh;
- *Hoạt động 3.2:* Đánh giá nhu cầu và khả năng ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ tại các khu vực mỏ ra môi trường xung quanh tại Việt Nam.
- *Hoạt động 3.3:* Đánh giá thực trạng nghiên cứu sự phát tán khí radon tại khu vực mỏ đồng Sin Quyền.

Nội dung 4: Xây dựng quy trình và phương pháp học máy, trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon tại các các mỏ chứa chất phóng xạ.

- *Hoạt động 4.1:* Xây dựng quy trình và phương pháp học máy, trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon tại các các mỏ chứa chất phóng xạ.
- *Hoạt động 4.2:* Xây dựng hướng dẫn thực hiện quy trình và phương pháp học máy, trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon tại các các mỏ chứa chất phóng xạ bao gồm: phương pháp lựa chọn khu vực nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu thực địa, phương pháp lấy mẫu, phương pháp phân tích mẫu, phân tích và hiệu chỉnh, chuẩn hóa dữ liệu kết quả đầu vào, các phương pháp học máy, trí tuệ nhân tạo.

Nội dung 5: Áp dụng thử nghiệm trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon ra môi trường tại mỏ đồng Sin Quyền.

- *Hoạt động 5.1:* Nghiên cứu thực nghiệm, thu thập và đo đạc các thông số ngoài thực địa, kết hợp lấy mẫu phục vụ phân tích trong phòng;
- *Hoạt động 5.2:* Tiến hành xử lý và phân tích mẫu phóng xạ trong phòng thí nghiệm.
- *Hoạt động 5.3:* Chuẩn hóa số liệu để xây dựng bộ dữ liệu đầu vào.
- *Hoạt động 5.4:* Xây dựng mô hình dự báo bằng kỹ thuật training, testing, deep learning, machine learning (AI với các thuật toán ANN và M5P) từ đó đưa ra mô hình tối ưu;
- *Hoạt động 5.5:* Luận giải kết quả, hiệu chỉnh đưa ra phương án tối ưu cho mô hình. Đánh giá chất lượng thuật toán, phương pháp tối ưu bằng cách so sánh các thuật toán khác và kết quả thực nghiệm.

Nội dung 6: Xây dựng báo cáo tổng kết đề tài.

5. Cách tiếp cận, phương pháp nghiên cứu

5.1. Cách tiếp cận

5.1.1. Tiếp cận lịch sử

Tổng hợp, phân tích các tài liệu và các công trình nghiên cứu đã tiến hành trước đó liên quan đến khu vực nghiên cứu của đề tài như tài liệu về đặc điểm địa chất, địa hình, kiến tạo, nứt nẻ, độ dốc, thống kê về khí tượng thủy văn, nhưng công trình đã nghiên cứu về ứng dụng thuật toán học máy và trí tuệ nhân tạo trong dự báo phát tán khí radon ra môi trường ở trong nước và quốc tế.

5.1.2. Tiếp cận đa phương

Công tác thực địa được kết hợp nhiều phương pháp, nhiều thông số, nhiều yếu tố: Số đo đạc ngoài thực địa (bằng các máy móc thiết bị có độ chính xác cao) bao gồm phổ gamma, khí radon và radon tích lũy, đo suất liều gamma tổng, đo khí tượng (nhiệt độ, hướng gió, tốc độ gió, độ ẩm), thu thập thông tin đặc điểm địa hình, đo độ nứt nẻ,

eman hóa, lấy mẫu phân tích phổ gamma xác định Ra-226 (đồng vị phân rã trực tiếp radon). Các thông số được đo đạc trực tiếp ngoài thực địa sẽ là dữ liệu đầu vào của thuật toán xây dựng mô hình dự báo phát tán khí phóng xạ từ khu vực khảo sát ra môi trường xung quanh.

Công tác phân tích mẫu trong phòng: sử dụng phổ gamma phòng thấp ở phòng thí nghiệm Trọng điểm Địa môi trường và Ứng phó Biến đổi khí hậu, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên để xác định đồng vị phân rã trực tiếp radon (Ra-226) để cung cấp dữ liệu đầu vào của thuật toán AI.

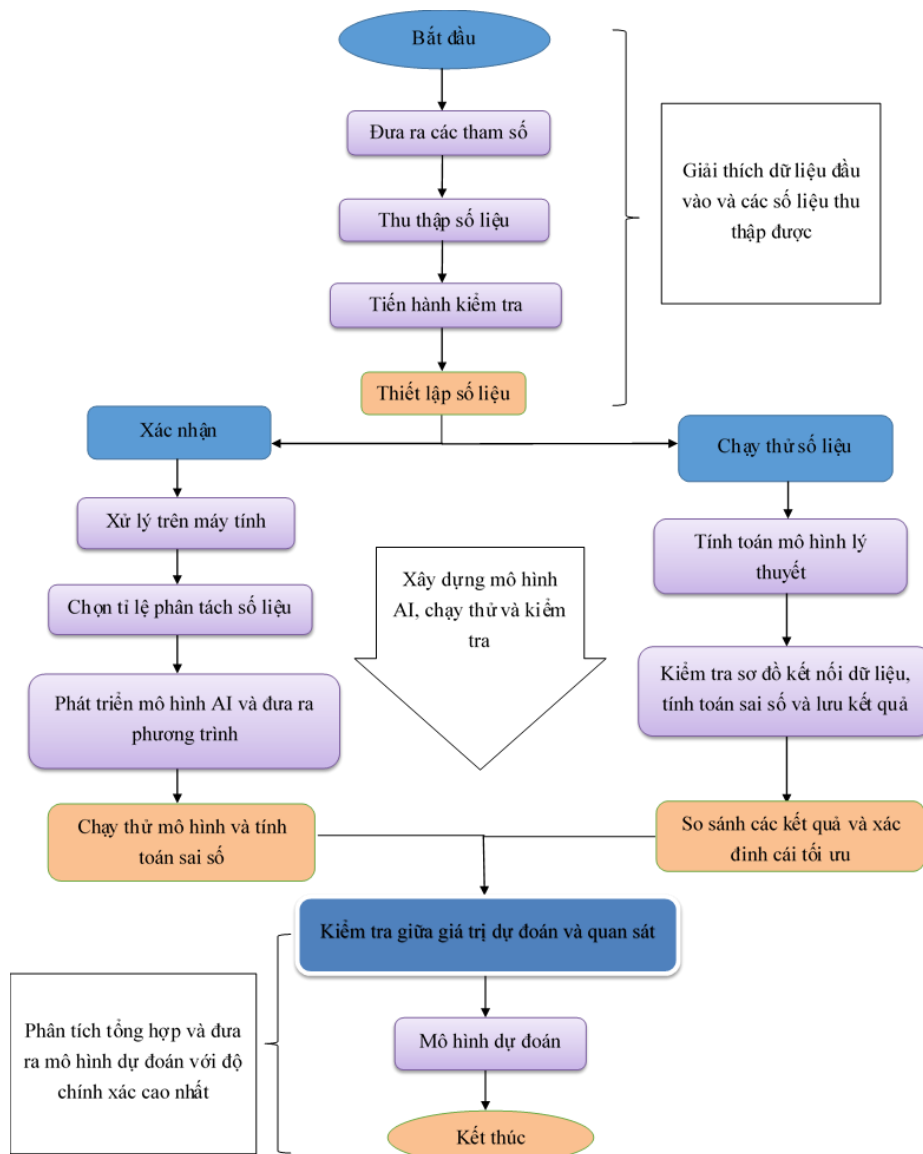
Tìm kiếm sự hợp tác về với các phòng thí nghiệm uy tín trong nước và quốc tế để phân tích mẫu để kiểm chứng và hoàn thiện quy trình phân tích đồng vị phóng xạ theo tiêu chuẩn quốc tế. Ngoài ra, đề tài sẽ tìm kiếm sự tư vấn và hợp tác với các nhà khoa học trong nước và quốc tế trong công tác xử lý, minh giải, luận giải kết quả và phát triển phương pháp AI trong xây dựng mô hình dự báo phát tán khí phóng xạ ở khu vực nghiên cứu.

5.1.3. Thiết kế nghiên cứu

Để đạt được các mục tiêu và nhiệm vụ đề ra, đề tài cần được thực hiện theo các bước phù hợp để đạt được các kết quả có chất lượng về ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ tại các khu vực mỏ chứa chất phóng xạ. Trong đó ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ ‘theo hoạt độ’ được định nghĩa: là lựa chọn và sử dụng các công cụ máy tính phù hợp và hiệu quả để xử lý số liệu lớn đưa ra kết quả về hoạt độ khí phóng xạ dự báo phát tán hay giám sát để so sánh với kết quả thực đo được với kết quả có tính tương quan cao nhất. Các bước nghiên cứu cần thực hiện gồm (Hình 3):

- Bước 1: Thu thập tài liệu, số liệu đã công bố về áp dụng trí tuệ nhân tạo trong dự báo phát tán khí phóng xạ radon ra môi trường xung quanh.
- Bước 2: Phân tích các tài liệu đã có đưa ra cơ sở khoa học và thực tiễn về áp dụng trí tuệ nhân tạo trong dự báo phát tán khí phóng xạ radon ra môi trường xung quanh
- Bước 3: Nghiên cứu và đưa ra quy trình dự báo phát tán khí phóng xạ radon ra môi trường xung quanh các mỏ chứa chất phóng xạ phù hợp với vùng nghiên cứu bằng phương pháp học máy, trí tuệ nhân tạo.
- Bước 4: Xây dựng quy trình thực hiện các công tác ngoài thực địa và trong phòng.
- Bước 5: Tiến hành công tác thu thập và đo đạc các thông số ngoài thực địa, kết hợp lấy mẫu phục vụ phân tích trong phòng;

- Bước 6: Tiến hành phân tích xử lý mẫu và số liệu trong phòng từ đó chuẩn bị và lựa chọn hợp lý bộ dữ liệu đầu vào các tham số đo địa vật lý, địa chất, (có thể bao gồm khí tượng thủy văn) và phân tích tham số xạ trong phòng thí nghiệm.
- Bước 7: Xây dựng mô hình dự báo bằng kỹ thuật training, testing, kết hợp deep learning, machine learning (AI) từ đó đưa ra mô hình tối ưu;
- Bước 8: Kiểm tra, so sánh kết quả thực nghiệm và hiệu chỉnh mô hình dự báo tối ưu;
- Bước 9: Đánh giá kết quả và đưa ra những kết luận kiến nghị.



Hình 3. Sơ đồ khối xây dựng mô hình dự báo phát tán khí phóng xạ bằng AI

5.2. Phương pháp nghiên cứu

5.2.1. Phương pháp kế thừa, tổng hợp tài liệu

Các nguồn dữ liệu từ các báo cáo, bài báo trong nước và quốc tế về xây dựng mô hình phát tán khí phóng xạ radon từ khu vực mỏ chứa chất phóng xạ, hoặc mỏ đang khai

thác chứa chất phóng xạ ra môi trường xung quanh, đặc biệt tài liệu liên quan đến mỏ đồng Sin Quyền, Bát Xát, Lào Cai. Các nguồn dữ liệu này sẽ được sắp xếp và phân loại thành ba nhóm tài liệu tương ứng mục tiêu của đề tài, phân tích rõ ưu nhược điểm và khả năng áp dụng trong nội dung nghiên cứu đề tài.

5.2.2. Tổng quan đặc điểm tiến khí phóng xạ radon ở khu vực nghiên cứu

Nghiên cứu đặc điểm hoạt tính, hàm lượng, sự phân bố của các đồng vị phóng xạ ở khu vực nghiên cứu. Từ đó đưa ra bản chất và đặc tính phát tán của khí radon từ khu vực nghiên cứu, cũng như dự kiến những tham số cần thiết lập, đo đạc để xây dựng bộ dữ liệu đầu vào cơ sở (dataset). Dự kiến dữ liệu đầu vào là các tham số môi trường liên quan đến khí tượng thời tiết (nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió, lượng mưa), địa hình (độ cao, độ dốc), địa mạo (đặc điểm đất bề mặt, sông ngòi, thảm thực vật), các tham số đặc điểm kiến trúc mỏ (mức độ khai thác, chế biến, mức độ khe nứt, đập vỡ), các tham số đo đạc trực tiếp (suất liều gamma tổng, phổ gamma, khí radon tại chỗ và khu vực dự báo, eman khí radon). Trong đó các tham số đo trực tiếp dự kiến theo các phương án đo theo chu kỳ ngày đêm, tùy theo điều kiện thuận lợi có thể tiến hành trung bình tích lũy theo tháng, hoặc quý).

5.2.3. Phương pháp nghiên cứu thực địa và lấy mẫu

Để thực hiện được mục tiêu phát triển phương pháp AI dự báo phát tán khí phóng xạ áp dụng thử nghiệm ở Mỏ Đồng Sin Quyền. Công tác thực địa đo đạc các tham số địa chất, địa hình, địa vật lý, khí tượng thủy văn, cấu kiến trúc của mỏ, lấy mẫu theo dự kiến và kế hoạch đã được luận giải từ các bước ở trên. Kế hoạch thực hiện đo đạc và thu thập mẫu ngoài thực địa để đo radon bằng máy RAD-7 và đo phổ gamma bằng máy GF-512 và suất liều gamma bằng DKS-96. Dự kiến thực hiện thử nghiệm thu thập, đo đạc số liệu và nghiên cứu dự báo phát tán khí radon ở trong khu mỏ và 01 khu vực dân cư trong phạm vi 2 km từ trung tâm mỏ.

5.2.4. Phương pháp phân tích các tham số phóng xạ trong phòng

Các chỉ số cần cho quy trình xây dựng mô hình phát tán đã được thống nhất từ các bước trước sẽ được phân tích chính xác ở trong phòng vừa cung cấp tham số đầu vào cho quy trình mà còn được dùng để hiệu chỉnh cho số liệu đo đạc ngoài thực địa cũng như đánh giá sai số, độ tin cậy của phương pháp, và xây dựng mô hình phóng xạ của mỏ. Dự kiến lấy mẫu vụn và mẫu nguyên khối để đo các chỉ số U-238, Th-232, Ra-226, K-40 (đo bằng phổ gamma bán dẫn HGe siêu tinh khiết phong thấp dải đo rộng của ORTEC (Hình 1 và 2)).

5.2.5. Phương pháp dự báo phát tán khí radon bằng trí tuệ nhân tạo

Với số liệu đầu vào đã tổng hợp ở trên, áp dụng thử nghiệm training với bộ dữ liệu dataset phù hợp cho các thuật toán khác nhau, trong đó chú trọng là ANN và M5P bằng WEKA sau đó lựa chọn thuật toán và quy trình phù hợp tối ưu nhất. Kết quả đầu

ra là hoạt độ radon dự báo ở khu vực nghiên cứu được lựa chọn dưới dạng mạng lưới tuyến hoặc bản đồ theo phương pháp thu thập số liệu đã lựa chọn.

6. Kế hoạch triển khai

TT	Nội dung, công việc chủ yếu (các mốc đánh giá chủ yếu)	Sản phẩm cần đạt	Thời gian (bắt đầu, kết thúc)	Người, cơ quan thực hiện
1	Nội dung 1: Xây dựng đề cương chi tiết Đề tài	Đề cương chi tiết của Đề tài	12/2020-1/2021	TS. Nguyễn Tài Tuệ TS. Dương Văn Hào
2	<i>Nội dung 2:</i> Thu thập tài liệu, số liệu đã công bố về ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon ra môi trường xung quanh	Đánh giá tổng quan về ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon ra môi trường xung quanh.	01/2021-6/2021	TS. Dương Văn Hào TS. Trần Đăng Quy HVCH. Nguyễn Doanh Khoa HVCH. Nguyễn Phương Thúy
3	<i>Nội dung 3:</i> Xây dựng cơ sở khoa học và thực tiễn về ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ tại các khu vực mỏ ra môi trường xung quanh.	Cơ sở khoa học và thực tiễn về ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ tại các khu vực mỏ ra môi trường xung quanh	7/2021-6/2021	Nguyễn Tài Tuệ Trần Đăng Quy Dương Văn Hào Nguyễn Doanh Khoa Nguyễn Phương Thúy Lê Văn Dũng
4	<i>Nội dung 4:</i> Xây dựng quy trình và phương pháp học máy, trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon tại các mỏ chứa chất phóng xạ	Quy trình và phương pháp học máy, trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí	1/2022-2/2022	Nguyễn Tài Tuệ Trần Đăng Quy Dương Văn Hào Nguyễn Doanh Khoa Nguyễn Phương Thúy

TT	Nội dung, công việc chủ yếu (các mốc đánh giá chủ yếu)	Sản phẩm cần đạt	Thời gian (bắt đầu, kết thúc)	Người, cơ quan thực hiện
		phóng xạ radon tại các các mỏ chứa chất phóng xạ		Lê Văn Dũng
5	<i>Nội dung 5:</i> Áp dụng thử nghiệm trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon ra môi trường tại mỏ đồng Sin Quyền	Báo cáo kết quả thử nghiệm trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon ra môi trường tại mỏ đồng Sin Quyền	1/2022- 9/2022	Nguyễn Tài Tuệ Trần Đăng Quy Dương Văn Hào Nguyễn Doanh Khoa Nguyễn Phương Thúy Lê Văn Dũng
6	Nội dung 6: Xây dựng báo cáo tổng kết đề tài	Báo cáo tổng kết thể hiện đầy đủ các nội dung nghiên cứu và kết quả đạt được của đề tài	9/2022- 12/2022	Nguyễn Tài Tuệ Trần Đăng Quy Dương Văn Hào Nguyễn Doanh Khoa Nguyễn Phương Thúy Lê Văn Dũng
7	Viết bài báo khoa học quốc tế và quốc gia	01 bài báo thuộc tạp chí quốc tế có uy tín Q2 01 bài báo khoa học trong nước	5/2021- 5/2022	Nguyễn Tài Tuệ Dương Văn Hào

7. Dự kiến kết quả đề tài

7.1. Dự kiến kết quả nghiên cứu

7.1.1. Các kết quả nghiên cứu

1. Cơ sở khoa học và thực tiễn về áp dụng trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ tại các khu vực mỏ ra môi trường xung quanh.

2. Quy trình và phương pháp học máy, trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon ra môi trường xung quanh các mỏ chứa chất phóng xạ.

3. Kết quả thử nghiệm trí tuệ nhân tạo trong giám sát và dự báo phát tán khí phóng xạ radon ra môi trường tại mỏ đồng Sin Quyền.

7.1.2. Ý nghĩa khoa học và ứng dụng của các kết quả nghiên cứu

a) Khả năng ứng dụng trong lĩnh vực đào tạo

Phương pháp luận và phương pháp nghiên cứu dự báo phát tán khí phóng xạ radon từ khu vực khai thác mỏ, chế biến quặng chứa chất phóng xạ bằng AI sẽ được sử dụng để xây dựng các giáo trình, bài giảng và giảng dạy cho sinh viên và học viên cao học tại Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên và các trường đại học khác trong và ngoài ĐHQGHN. Kết quả của đề tài sẽ góp phần đào tạo, nâng cao năng lực đội ngũ cán bộ nghiên cứu, giảng dạy có trình độ chuyên môn cao về nghiên cứu dự báo phát tán khí phóng xạ radon ra môi trường tại đơn vị chủ trì đề tài. Phương pháp luận và phương pháp nghiên cứu, quy trình phân tích nhân phóng xạ các mẫu trong phòng thí nghiệm được sử dụng tại PTN Địa môi trường và Ứng phó biến đổi khí hậu tại Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên để phát triển các hướng nghiên cứu liên quan.

b) Khả năng ứng dụng trong nghiên cứu khoa học:

Phương pháp luận và phương pháp nghiên cứu, quy trình dự báo phát tán khí phóng xạ bằng AI đưa ra với các đề xuất tối ưu, độ chính xác cao sẽ là cơ sở để phát triển các phương pháp dự báo phát thải các khí độc hại, bụi độc hại từ những cơ sở, khu sản xuất, các mỏ chưa khai thác, đã khai thác, đang chế biến, nhà máy điện hạt nhân, thử vũ khí hạt nhân, dò di chất thải hạt nhân có chứa chất phóng xạ độc hại trong tương lai về lĩnh vực nghiên cứu và bảo vệ môi trường phát triển bền vững.

7.1.3. Khả năng chuyển giao kết quả nghiên cứu

Phương pháp và kết quả nghiên cứu của đề tài sẽ được chuyển giao cho hệ thống PTN Địa môi trường và Ứng phó biến đổi khí hậu tại Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên để ứng dụng vào phát triển quy trình, phân tích và ứng dụng phân tích mẫu, phân tích bộ dữ liệu cho AI trong nghiên cứu phát tán khí phóng xạ radon.

7.2. Dự kiến công trình công bố

Số TT	Kết quả công bố	Số lượng	Ghi chú
1	Bài báo ISI/Scopus	0	
2	Tạp chí quốc tế có uy tín (Q1, Q2)	01	Thuộc danh mục Q2
3	Sáng chế, giải pháp hữu ích	0	

4	Sản phẩm công nghệ chuyển giao	0	
5	Báo cáo tư vấn chính sách cho nhà nước	0	
6	Sách chuyên khảo	0	
7	Khác	01	Bài báo khoa học trong nước

7.3. Dự kiến kết quả đào tạo (từ cao học trở lên)

Số TT	Kết quả đào tạo	Số lượng	Cơ sở đào tạo
1	Học viên cao học	01	Thuộc Đại học Quốc gia Hà Nội; Trường Đại học Mỏ Địa chất
2	Nghiên cứu sinh		

Tổng kinh phí thực hiện đề tài

Đơn vị: đồng

	Các khoản chi phí	Dự toán kinh phí			Yêu cầu cấp kinh phí theo tiến độ	
		Tổng	Trong đó khoản chi	%	Năm thứ 1	Năm thứ 2
A	Chi phí trực tiếp	475.000.000	378.512.000	95,00%	237.500.000	237.500.000
1	Nhân công lao động khoa học	249.128.000	249.128.000	49,83%	124.564.000	124.564.000
2	Nguyên vật liệu	96.488.000		19,30%	48.244.000	48.244.000
3	Thiết bị, dụng cụ	-		0,00%	-	-
4	Đi lại, công tác phí	110.400.000	110.400.000	22,08%	55.200.000	55.200.000
5	Phí dịch vụ thuê ngoài	-	-	0,00%	-	-
6	Chi phí trực tiếp khác	18.984.000	18.984.000	3,80%	9.492.000	9.492.000
B	Chi phí gián tiếp	25.000.000	25.000.000	5,00%	12.500.000	12.500.000
1	Chi phí quản lý của tổ chức chủ trì (1)	25.000.000	25.000.000	5,00%	12.500.000	12.500.000
	Cộng:	500.000.000	403.512.000	100%	250.000.000	250.000.000

Định mức chi phí gián tiếp được xác định bằng 5% tổng chi phí trực tiếp đối với các tổ chức được Nhà nước hỗ trợ kinh phí hoạt động thường xuyên, 7% đối với tổ chức không được Nhà nước hỗ trợ kinh phí hoạt động thường xuyên.

Ngày tháng năm 2020

Giám đốc ĐHQGHN

Chủ nhiệm đề tài

TS. Nguyễn Tài Tuệ

Đơn vị chủ trì

1. Nhân công lao động khoa học (khoản chi)

Công lao động khoa học thực hiện theo mức lương cơ bản: 1.490.000 đồng

TT	Chức danh ⁽¹⁾	Số người	Tổng số ngày công (snc)	Hệ số tiền công theo ngày (hstctn)	Thành tiền (đồng) (snc x hstctn x lcs)
1	Chủ nhiệm đề tài: TS. Nguyễn Tài Tuệ	1	80	0,79	94.168.000
2	Thành viên nghiên cứu chủ chốt, thư ký đề tài:	2		0,49	
	TS. Trần Đăng Quy, thư ký đề tài	1	80		58.408.000
	TS. Dương Văn Hào, thành viên nghiên cứu chủ chốt	1	80		58.408.000
					0
3	Nghiên cứu sinh:	-		0,25	
					0
					0
					0
4	Kỹ thuật viên, nhân viên hỗ trợ khác:	3		0,16	
	HVCH. Nguyễn Doanh Khoa	1	50		11.920.000
	HVCH. Nguyễn Phương Thúy	1	60		14.304.000
	CN. Lê Văn Dũng	1	50		11.920.000
Cộng:		6			249.128.000

(1) Ghi rõ chức danh khoa học, học vị, họ tên thành viên tham gia nghiên cứu đề tài.

(2) Thời gian (tháng) mà mỗi thành viên thực sự làm việc cho đề tài (quy đổi full-time). Ví dụ: một ngày làm việc cho đề tài 4 tiếng thì 2 ngày tính bằng 1 ngày; một tháng làm việc cho đề tài 10 ngày thì 3 tháng như vậy tính bằng 1 tháng. Khi lập dự toán kinh phí đề tài, thời gian thực tế làm việc cho đề tài của mỗi thành viên được tính tối đa là 70%. Nếu thời gian thực hiện đề tài là 24 tháng thì thời gian tham gia đề tài của mỗi thành viên khi lập dự toán kinh phí không vượt quá 17 tháng.

2. Vật tư, nguyên vật liệu

TT	Tên vật tư, nguyên vật liệu và quy cách kỹ thuật	Đơn vị	Số lượng	Đơn giá (đồng)	Thành tiền (đồng)
1.	Nguyên vật liệu, vật tư tiêu hao				44.330.000
1.1	Dung dịch chuẩn pH và độ dẫn - Đức	Chai	1	630.000	630.000
1.2	Axit HCl 36,5%	Chai	10	500.000	5.000.000
1.3	Axit HNO ₃ 68%	Chai	10	520.000	5.200.000
1.4	Acetone (1 lít/chai)	Chai	1	150.000	150.000
1.5	Dung dịch H ₂ O ₂ 35% (500 ml)	Chai	10	400.000	4.000.000
1.6	Axit H ₂ SO ₄	Chai	5	550.000	2.750.000
1.7	Dung dịch NH ₄ OH	Chai	10	350.000	3.500.000
1.8	Alcohol ethanol (2.5 lít)	Chai	1	450.000	450.000
1.9	Axit HF	Chai	1	1.200.000	1.200.000
1.10	Axit CH ₃ COOH (95%) (2.5 lít)	Chai	2	500.000	1.000.000
1.11	Dung dịch NH ₄ Cl	Chai	2	350.000	700.000
1.12	Dung dịch NaHSO ₄	Chai	2	250.000	500.000
1.13	Muối NH ₄ Cl	Chai	50	10.000	500.000
1.14	Bột Ascorbic	250g	1	500.000	500.000
1.15	Muối Pb(NO ₃) ₂	Kg	1	1.200.000	1.200.000
1.16	Methyl Orange	100 g	1	1.000.000	1.000.000
1.17	Muối BaCl ₂	Kg	1	1.000.000	1.000.000
1.18	Muối EDTA	Kg	3	1.200.000	3.600.000
1.19	Muối MnCl ₂	100g	1	1.000.000	1.000.000
1.20	Túi ni lông đựng mẫu (20×20 cm)	Kg	1	150.000	150.000
1.21	Hộp plastic cub 1 cm ³ (100 cái/túi)	Túi	2	500.000	1.000.000
1.22	Giấy lau sạch mẫu (Vinasuite)	Hộp	20	35.000	700.000
1.23	Giấy bạc nguyên chất (lá 2.3x30cm)	Lá	20	300.000	6.000.000
1.24	Sợi thủy tinh (Quazt wool)	Túi	1	1.000.000	1.000.000
1.25	Buret 50ml	Cái	4	200.000	800.000
1.26	Giá đỡ Buret	Cái	2	400.000	800.000
2.	Dụng cụ, phụ tùng, vật rẻ tiền mau hỏng				52.158.000
2.1	Khay plastic đựng mẫu phân tích 96 lỗ	Cái	3	200.000	600.000
2.2	Dao inox cắt mẫu	Cái	1	100.000	100.000
2.3	Bay inox lấy mẫu	Cái	1	40.000	40.000
2.4	Găng tay bảo hộ	Đôi	5	40.000	200.000
2.5	Găng tay y tế (hộp 100 chiếc)	Hộp	5	90.000	450.000
2.6	Pi-pét nhựa (5 ml)	Túi	2	300.000	600.000
2.7	Pi-pét (10 ml)	Cái	1	3.500.000	3.500.000
2.8	Pi-pét (1ml)	Cái	1	3.500.000	3.500.000
2.9	Chén sứ	Cái	30	20.000	600.000
2.10	Cân 2 số lẻ	Cái	1	4.500.000	4.500.000
2.11	Cân 4 số lẻ	Cái	1	9.000.000	9.000.000
2.12	Bếp nhiệt	Cái	2	1.000.000	2.000.000
2.13	Máy quay từ gia nhiệt nhỏ	Cái	4	2.450.000	9.800.000

TT	Tên vật tư, nguyên vật liệu và quy cách kỹ thuật	Đơn vị	Số lượng	Đơn giá (đồng)	Thành tiền (đồng)
2.14	Pi-pét (5ml)	Cái	1	3.500.000	3.500.000
2.15	Pi-pét (10 ml)	Cái	1	3.500.000	3.500.000
2.16	Pi-pét (1ml)	Cái	1	3.500.000	3.500.000
2.17	Cốc đốt 100ml	Cốc	10	40.000	400.000
2.18	Cốc đốt 250ml	Cốc	10	60.000	600.000
2.19	Cốc đốt 500ml	Cốc	10	80.000	800.000
2.20	Cốc đốt 1000ml	Cốc	10	120.000	1.200.000
2.21	Cốc đốt 2000ml	Cốc	13	200.000	2.600.000
2.21	Chổi lông	Cái	18	1.000	18.000
2.22	Thanh từ	Viên	10	50.000	500.000
2.23	Dung dịch rửa chén	lít	5	50.000	250.000
2.24	Đũa thủy tinh 30 cm	Cái	20	20.000	400.000
Cộng:					96.488.000
Kinh phí khoán chi:					-

3. Thiết bị, dụng cụ

TT	Thiết bị, dụng cụ	Đơn vị	Số lượng	Đơn giá (đồng)	Thành tiền (đồng)
1					0
2					0
Cộng:					0

4. Đi lại, công tác phí

Stt	Khoản chi phí	Diễn giải			Thành tiền (đồng)
		Số người	Lần (1)	Chi phí/lần (đồng) (2)	
A	Khảo sát thực địa lần 1 vào mùa mưa năm 2021 tại mỏ đồng Sin Quyền, Lào Cai				55.200.000
1	Tàu xe, đi lại		10	3000000	30.000.000
2	Thuê chỗ ở	6	9	300000	16.200.000
3	Phụ cấp lưu trú	6	10	150000	9.000.000
4	Chi phí khác				-
B	Khảo sát thực địa lần 2 vào mùa khô năm 2022 tại mỏ đồng Sin Quyền, Lào Cai				55.200.000
1	Tàu xe, đi lại		10	3000000	30.000.000
2	Thuê chỗ ở	6	9	300000	16.200.000
3	Phụ cấp lưu trú	6	10	150000	9.000.000
4	Chi phí khác				-
Cộng:					110.400.000,00
<i>Trong đó, kinh phí khoán chi:</i>					110.400.000,00

(1): Số lần có thể là số đêm, số ngày đi công tác

(2): Chi phí/lần: chi phí cho 1 vé tàu xe, đi lại, 1 đêm thuê chỗ ở hoặc 1 ngày lưu trú

(*): Có thể thêm số lần đi công tác/tham gia hội nghị hội thảo tùy thuộc vào thực tế đề tài

5. Dịch vụ thuê ngoài

TT	Dịch vụ thuê ngoài	Đơn vị	Số lượng	Đơn giá (đồng)	Thành tiền (đồng)
1	Không				0
Cộng:					0
Kinh phí khoán chi					

6. Chi phí trực tiếp khác

TT	Chi phí	Số lượng	Đơn giá (đồng)	Thành tiền (đồng)
1	Hội nghị, hội thảo (định mức chi theo quy định tại Khoản 5 Điều 7 thông tư số 55/2015/TTLT-BTC-BKHCN ngày 22/4/2015)			8.700.000
	Chủ trì (1 người/buổi)	1	1500000	1.500.000
	Thư ký (1 người/buổi)	1	500000	500.000
	Báo cáo viên trình bày tại hội thảo (Người)	4	1000000	4.000.000
	Khách mời (Người)	24	100000	2.400.000
	Nước uống (Người)	30	10000	300.000
2	Nghiệm thu (định mức chi theo quy định tại Khoản 5 Điều 7 thông tư số 55/2015/TTLT-BTC-BKHCN ngày 22/4/2015)			4.350.000
	Nhận xét đánh giá của ủy viên phản biện	2	350.000	700.000
	Nhận xét đánh giá của ủy viên hội đồng	3	250.000	750.000
	Chủ tịch Hội đồng	1	750.000	750.000
	Thành viên Hội đồng	4	500.000	2.000.000
	Thư ký hành chính	1	150.000	150.000
	Đại biểu được mời tham dự	2	100.000	200.000
3	Văn phòng phẩm, in ấn			5.934.000
Cộng:				18.984.000
Kinh phí khoán chi:				18.984.000

7. Chi phí gián tiếp

Chi phí quản lý của tổ chức chủ trì: 25.000.000 (đồng)

Ngày tháng năm 2020

Chủ nhiệm đề tài

TS. Nguyễn Tài Tuệ