

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT
KHOA TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ VÀ QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI
BỘ MÔN ĐO ẢNH VÀ VIỄN THĂM



NATIONAL CONFERENCE ON
GEOSPATIAL TECHNOLOGY FOR
SUSTAINABLE DEVELOPMENT

HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA
CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG
(NCGSD 2024)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

MỤC LỤC

Địa không gian thông minh trong hành trình thực hiện các mục tiêu phát triển bền vững	1
<i>Võ Chí Mỹ*</i>	
Giao dịch bất động sản - Thực trạng và biện pháp hạn chế rủi ro về mặt pháp lý	6
<i>Nguyễn Thị Dung*</i>	
Ảnh hưởng của mật độ điểm đo trực tiếp đến độ chính xác nội suy dị thường trọng lực bước sóng dài khi tính độ sâu từ dị thường trọng lực	12
<i>Nguyễn Văn Sáng*</i>	
Kết hợp đa chỉ số phổ trong chiết tách đất xây dựng ở khu vực Hà Nội từ ảnh vệ tinh Sentinel-2	18
<i>Nguyễn Văn Trung*, Lê Thị Thu Hà, Nguyễn Thành Len, Lê Thị Minh Phương</i>	
Phân tích tự tương quan không gian trong nghiên cứu kiểu mẫu phân bố bệnh sốt xuất huyết Dengue: Thử nghiệm tại Thành phố Hồ Chí Minh	28
<i>Vũ Danh Tuyên*, Vương Thị Hòe, Phạm Thị Thu Hương, Nguyễn Tiến Thành</i>	
Sử dụng dữ liệu vệ tinh Sentinel-2 thành lập bản đồ sinh vật đáy khu vực quần đảo Côn Đảo, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu, Việt Nam	34
<i>Nguyễn Văn Trung*, Lê Thị Thu Hà, Đoàn Thị Nam Phương, Phạm Thị Hương, Nguyễn Quang Minh, Phạm Vọng Thành</i>	
Nghiên cứu giải pháp tự động chiết xuất đối tượng đường giao thông trên ảnh vệ tinh Sentinel- 2 MSI	44
<i>Lê Văn Phú, Trịnh Lê Hùng*, Tô Thị Phụng</i>	
Phát hiện cháy rừng đang xảy ra sử dụng dữ liệu vệ tinh Sentinel-3 SLSTR khu vực xã Khánh Bình Tây, huyện Trần Văn Thời, tỉnh Cà Mau	51
<i>Đoàn Thị Nam Phương*, Nguyễn Văn Trung, Lê Thị Thu Hà, Nguyễn Quang Minh</i>	
Công nghệ SBAS xử lý dữ liệu lớn cho xác định biến dạng bề mặt địa hình vùng Thành phố Hồ Chí Minh	59
<i>Nguyễn Minh Hải*</i>	
Nghiên cứu phân bố không gian gió vùng biển vịnh Bắc Bộ giai đoạn 1981 - 2020 từ dữ liệu viễn thám	65
<i>Nguyễn Ngọc Tuấn, Nguyễn Hoàng Minh, Đỗ Thị Phương Thảo*</i>	
Nghiên cứu ứng dụng tư liệu ảnh Sentinel-5P trong giám sát chất lượng không khí tại các đô thị lớn	72
<i>Lê Minh Hằng, Đỗ Thị Hoài*</i>	
Thành lập mô hình lún đe chắn sóng Nhà máy lọc dầu Dung Quất	82
<i>Nguyễn Thị Kim Thanh*, Nguyễn Hà</i>	
Nghiên cứu ứng dụng phương pháp phân loại hướng đối tượng và mô hình học máy trong xây dựng bản đồ lớp phủ từ ảnh viễn thám quang học	90
<i>Khúc Thành Đông*, Trần Đình Trọng, Trần Văn Anh, Đỗ Quang Vinh, Hà Trung Khiên, Đào Duy Toàn, Trương Xuân Quang</i>	
Xác định lún đất khu vực Cà Mau bằng chuỗi ảnh radar trên nền tảng điện toán đám mây Google Colab	97
<i>Hà Trung Khiên, Trần Văn Anh*, Khúc Thành Đông, Nguyễn Đình Huy</i>	
Ứng dụng công nghệ GIS và viễn thám hỗ trợ phân tích, quản lý tài nguyên rừng trong điều kiện biến đổi khí hậu ở tỉnh Đắk Lắk	106
<i>Nguyễn Sách Thành*, Trịnh Lê Hùng, Lê Văn Phú, Nguyễn Văn Trung</i>	

Ứng dụng công nghệ địa tin học trong đánh giá hạn hán ở Quảng Nam	114
<i>Phạm Thị Thanh Hoà*, Trần Hồng Hạnh, Lưu Thị Diệu Chinh</i>	
Nghiên cứu ứng dụng mô hình LSTM (Long Short-Term Memory) trong dự báo độ mặn từ chuỗi dữ liệu đa biến tại trạm Đại Ngãi, Sóc Trăng	122
<i>Bùi Duy Quỳnh*, Hà Thị Hằng, Lưu Thị Diệu Chinh, Trần Xuân Trường</i>	
Kiểm định giá thuyết thống kê trong bình sai lưới quan trắc chuyển dịch ngang đập công trình thủy điện	131
<i>Trần Trung Anh*, Nguyễn Quang Hà</i>	
Phân tích, lọc và hiển thị dữ liệu đám mây điểm LiDAR với thư viện Pandas và Matplotlib của Python	138
<i>Nguyễn Thị Hữu Phương*, Phạm Thị Hải Vân, Đào Thị Hồng Thắm</i>	
Nghiên cứu xác định sự biến động độ sâu ven đảo xa bờ sử dụng dữ liệu viễn thám Sentinel-2 trên nền tảng Google Earth Engine	146
<i>Nguyễn Như Hùng*, Lê Văn Phú, Nguyễn Văn Sơn</i>	
Nghiên cứu một số thuật toán huấn luyện mạng nơron nhân tạo trong dự báo độ lún công trình thủy điện	154
<i>Phạm Quốc Khánh*</i>	
Công nghệ máy bay không người lái và thuật toán bán tự động trong việc xác định hệ thống khe nứt chính trên mỏ đá ốp lát	163
<i>Phạm Văn Việt*, Nguyễn Anh Tuấn, Trần Trung Anh, Phạm Văn Hoà</i>	
Phương trình LiDAR tính tọa độ điểm đo trong công nghệ bay quét laser hàng không	172
<i>Trần Trung Anh*, Trần Hồng Hạnh, Lưu Hải Âu, Quách Mạnh Tuấn</i>	
Lập bản đồ biến động hệ thực vật vùng đất ven biển khu vực Khánh Hòa bằng ảnh Landsat đa thời gian trên nền tảng Google Earth Engine	179
<i>Trần Thanh Hà*</i>	
Quan trắc trượt lở đất đá theo thời gian thực ở tầng khai thác mỏ lộ thiên dựa trên công nghệ GNSS/CORS	188
<i>Phạm Công Khải*, Nguyễn Văn Hải</i>	
Dự báo thay đổi lớp phủ bề mặt bằng thuật toán học máy	199
<i>Trần Thị Hoà*, Trần Thị Ngọc, Trần Đình Trí</i>	
Xây dựng cơ sở dữ liệu GIS phục vụ công tác tìm kiếm và cứu nạn khu vực vịnh Bắc Bộ	207
<i>Nguyễn Quang Minh*, Nguyễn Văn Trung, Bùi Tiến Diệu</i>	
Phân tích lượng mưa tích lũy và nguy cơ trượt lở đất: Nghiên cứu và mô phỏng số tại Km10+950, Quốc lộ 34, tỉnh Hà Giang	221
<i>Đỗ Văn Đăng*, Nguyễn Châu Lân, Hà Thị Hằng, Bùi Duy Quỳnh, Đương Công Hiếu, Lưu Thị Diệu Chinh</i>	
Nghiên cứu một số vấn đề chuyển đổi tọa độ từ WGS-84 về hệ tọa độ trắc địa sử dụng tại Việt Nam	228
<i>Hoàng Ngọc Hà*</i>	

Công nghệ máy bay không người lái và thuật toán bán tự động trong việc xác định hệ thống khe nứt chính trên mỏ đá ốp lát

Phạm Văn Việt^{1,2*}, Nguyễn Anh Tuấn^{1,2,3}, Trần Trung Anh^{1,3}, Phạm Văn Hòa^{1,2}

¹Trường Đại học Mở - Địa chất

²Nhóm Nghiên cứu mạnh ISRM, Trường Đại học Mở - Địa chất

³Nhóm nghiên cứu Công nghệ Địa tin học trong Khoa học Trái đất (GES), Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Các mỏ đá ốp lát ngày càng được mở rộng khai thác do giá trị kinh tế đem lại lớn hơn so với khai thác đá làm vật liệu xây dựng thông thường. Nhưng công tác khai thác đá ốp lát phụ thuộc rất nhiều vào việc xác định sự phân bố khe nứt trong khối đá, đặc biệt là hệ khe nứt chính trong mỏ, làm cơ sở đưa ra hướng khai thác, công nghệ khai thác và quy mô khai thác phù hợp với điều kiện mỏ. Hiện nay, việc xác định khe nứt mới thu thập bằng phương pháp thủ công sử dụng địa bàn và thước đo gây khó khăn cho việc đánh giá tổng thể khe nứt trên một khu vực do số lượng khe nứt thu thập ít, một số khu vực không thể tiếp cận đo, rủi ro đá rơi. Do đó, bài báo đã đề xuất sử dụng công nghệ máy bay không người lái và thuật toán bán tự động trong việc xác định hệ thống khe nứt chính cho mỏ đá ốp lát. Bài báo đã phân tích sử dụng dữ liệu đám mây điểm từ thu thập bằng công nghệ máy bay không người lái kết hợp với phân tích đám mây điểm bằng thuật toán bán tự động được viết mã trên phần mềm Matlab từ việc hình thành mặt khe nứt từ đám mây điểm trên số lượng điểm, thống kê các mặt khe nứt, phân nhóm khe nứt dựa trên giá trị góc hợp bởi các hệ khe nứt cùng với góc phân tán khe nứt đưa ra để tìm kiếm các mặt khe nứt, phân nhóm xác định hệ khe nứt chính và xác định sự phân bố khoảng các khe nứt trong hệ khe nứt. Bài báo đã áp dụng phân tích thử cho dữ liệu đám mây điểm tường và mái một phần của điện thái hòa (cung đình Huế) với độ chính xác về góc phương vị và góc dốc 0,7-4%, sai số về khoảng cách 2%, tiến hành áp dụng xác định hệ khe nứt chính cho mỏ đá ốp lát Nam Đông, tỉnh Thừa Thiên Huế và đã xác định được 7 hướng khe nứt chính trong mỏ và phân bố khoảng cách giữa chúng.

Từ khóa: Mỏ đá ốp lát, UAV, hệ khe nứt chính, mỏ đá ốp lát Nam Đông.

1. Giới thiệu

Mỏ đá ốp lát là loại đá tự nhiên bao gồm các nhóm đá như magma, trầm tích, biến chất không chứa các khe nứt được khai thác và chế biến tới các kích thước, hình dạng, màu sắc và độ bóng khác nhau. Đá ốp lát có nhiều ứng dụng trong thực tế như làm đá ốp tường, vỉa hè, bếp ăn, làm tượng,... Đá ốp lát phải đảm bảo về thạch học, khoáng vật và cơ học, đặc biệt là không chứa nứt nẻ trong đá (Morales Demarco, Oyhantçabal, Stein & Siegesmund, 2013; Mosch, Nikolayew, Ewiak, & Siegesmund, 2011; Taboada, Vaamonde, & Saavedra, 1999).

Trên thế giới, yêu cầu cho đá khối đang tăng do các hoạt động xây dựng sử dụng đá tự nhiên. Cụ thể, khối lượng đá khối cho hoạt động ốp lát, các ứng dụng khác, tượng nghệ thuật và vật liệu xây dựng chiếm tương ứng 35%, 25%, 20%, 16% và 9%. Do đó, các mỏ đá khối như đá gabro, đá hoa cương và đá granit tăng về quy mô và công suất. Các nước trên thế giới sản xuất nhiều đá ốp lát phải kể đến Trung Quốc, Ấn Độ, Thổ Nhĩ Kỳ, Brazil, Ý, Iran, Tây Ban Nha và Ai Cập. Hiệp hội xây dựng thế giới chỉ ra rằng thế giới sẽ sử dụng đá làm ốp lát chiếm nhiều hơn 30% và tăng 2,5 lần suốt 15 năm qua và xu thế sẽ tăng cao do yêu cầu cao và công nghệ đầu tư hiện đại và giá cả cạnh tranh với gạch ốp ceramic (Stonedead, 2021).

Qua tất cả các tài liệu đánh giá chỉ ra rõ ràng rằng nhân tố ảnh hưởng tới khả năng thu hồi đá ốp lát bao gồm khe nứt, cơ lý, độ bóng, kích thước. Một trong chúng, khe nứt là nhân tố chính trong giảm thu hồi đá ốp lát đã được chỉ ra bởi một vài tác giả. (Palmström, 2001; Sousa, 2010; Sousa, Oliveira & Alves, 2016). Hiện nay việc tính toán thu hồi đá ốp lát thông qua phân bố các hệ khe nứt chính được đo bằng phương pháp khảo sát theo đường và khảo sát theo diện tích trên bề mặt, trong lỗ khoan và các moong khai thác thử. Nhưng việc xác định hệ khe nứt chính vẫn còn khó khăn vì dữ liệu thu thập khe nứt còn ít mà mới chỉ dựa vào việc xác định thủ công thông qua đo bằng địa bàn, hạn chế trong điều kiện địa hình phức tạp không thể tiếp cận để đo trực tiếp (Phạm Văn Việt và nnk., 2020). Các thuật toán phân nhóm hệ khe nứt vẫn chỉ dựa vào việc phân nhóm các khe nứt đơn lẻ được thu thập bằng thủ công do số lượng khe nứt hạn chế như phương pháp phân nhóm hệ khe nứt theo thuật toán fuzzy đã được sử dụng trong phần mềm Dips của hãng rocscience (Hammah & Curran, 1998) và thuật toán nhóm các hệ khe nứt dựa trên hệ số phân tán khe nứt trong hệ (Nguyen, Merrien-Soukatchoff, Vinches & Gasc-Barbier, 2016). Việc thu thập khe nứt mang tính tự động, trên diện tích

* Tác giả liên hệ

Email: phamvanviet@humg.edu.vn

lớn nhằm đánh giá chính xác các hệ khe nứt chính trên mô từ dữ liệu khe nứt đủ lớn, phân bố diện rộng là vấn đề cần phải giải quyết.

Hiện nay, với sự phát triển của công nghệ máy bay không người lái UAV (Unmanned Aerial Vehicle) kết hợp với công nghệ định vị vệ tinh theo thời gian thực GNSS (Global Navigation Satellite System) có thể tiếp đo vẽ bề mặt địa hình mọi vị trí với độ chính xác cao và độ chi tiết lớn, có thể thu thập dữ liệu đám mây điểm PCL (Point Cloud). Từ dữ liệu PCL thuật toán bán tự động sẽ nhận diện ra các mặt khe nứt chứa dữ liệu điểm, đưa ra các hệ khe nứt chính, khoảng cách giữa các khe nứt và sự phân bố của các khe nứt trong không gian. Đây là một thực tế quan trọng trong đánh giá nứt nẻ của các mỏ đá ốp lát hiện nay, khắc phục các hạn chế của phương pháp thủ công và phù hợp với xu thế của thế giới.

2. Phương pháp

Xác định khe nứt từ dữ liệu PCL trải qua 3 giai đoạn gồm (tính toán hình thành các mặt phẳng, phân tích thống kê các điểm trên mặt phẳng, phân tích phân nhóm các khe nứt).

2.1. Tính toán hình thành các mặt phẳng

2.1.1. Tìm kiếm các điểm gần nhất

Thuật toán thực hiện tìm kiếm các điểm bên cạnh sử dụng 2 cách tiếp cận khác nhau: cố định khoảng cách hoặc cố định số lượng điểm bên cạnh. Một vài lỗi có thể tăng khi sử dụng cách cố định khoảng cách do sự không đồng nhất của mật độ đám mây điểm (Lato, Diederichs & Hutchinson, 2010). Trong thuật toán ưu tiên lựa chọn cố định số lượng các điểm sử dụng trong nghiên cứu.

Hàm knnsearch trong Matlab sử dụng một thuật toán cao cấp nhanh và hiệu quả tìm các điểm bên cạnh (Friedman, Bentley & Finkel, 1977). Các điểm gần nhất được tính toán bằng hàm knnsearch và khoảng cách Euclid. Tiếp theo, mỗi điểm trong tập điểm ban đầu P_i , một tập Q_i các điểm gần nhau hình thành. Như vậy, xác định k điểm gần nhau nhất cho mỗi điểm trong tập 3D đám mây điểm. Bước tiếp theo kiểm tra xem tập với $k + 1$ điểm có hình thành một mặt phẳng hay không.

2.1.2. Kiểm tra cùng mặt phẳng

Trên thực tế phương pháp xem xét mọi điểm và các điểm gần nhất như là một đối tượng mặt phẳng. Như tập Q_i được hình thành qua bước trên có hình thành mặt phẳng không. Quá trình thử được thực hiện tính toán phương vị. Nếu tập điểm Q_i là mặt phẳng, quá trình sẽ tiếp tục. Ngược lại, tập ghép Q_i sẽ bị loại bỏ.

Quá trình kiểm tra cùng mặt phẳng dựa trên phân tích thành phần chính. Hàm matlab princomp cho phép thực hiện phân tích xác định các giá trị riêng ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$) và vector (V_1, V_2, V_3). Phần biến chiếm bởi k thành phần H_k xác định theo công thức (Rencher & Christensen, 2012):

$$H_k = \frac{\sum_{i=1}^k l_i}{\sum_{i=1}^3 l_i} \quad (1)$$

Giả định rằng phần đánh giá được xác định trong mặt phẳng (π) ở không gian R^3 , sẽ có 2 chiều có thể giải thích phần chính của dữ liệu. Kích thước thứ 3 sẽ giải thích sự thể hiện lỗi trong dữ liệu. Nếu bề mặt không phẳng hoặc lỗi do đó sẽ đủ liên quan, kích thước thứ 3 sẽ yêu cầu mức độ quan trọng tới 2 chiều kia.

Để biết 1 tập hợp điểm có là mặt phẳng hoặc không, các thông số dung sai (η) được xác định theo công thức sau:

$$h = \frac{l_3}{l_1 + l_2 + l_3} \quad (2)$$

Thông số dung sai (η_{\max}) là độ lệch cho phép lớn nhất của một tập điểm, sao cho mặt phẳng tập điểm xem xét hợp lý như một mặt phẳng. Giá trị η_{\max} hình thành thông qua phân tích độ nhạy với dữ liệu thực dưới các điều kiện kiểm tra nhất định. Chấp nhận rằng nếu một tập các thành phần chính có 80% hoặc nhiều hơn sẽ thể hiện dữ liệu hợp lý (Rencher & Christensen, 2012). Vậy đề xuất giá trị dung sai lớn nhất η_{\max} là 20%, khi các trường hợp có $\eta > \eta_{\max}$ thì tập điểm sẽ không đủ điều kiện hình thành mặt phẳng và bị loại bỏ.

2.1.3. Điều chỉnh mặt và tính toán vector pháp tuyến (PCA)

Khi phát hiện những tập hợp điểm của các điểm cùng mặt phẳng, bước tiếp theo là tính toán mặt phẳng phù hợp nhất với những tập điểm này. Công thức giải tích thể hiện trong công thức dưới, trong đó A, B, C là 3 thành phần của vector pháp tuyến đơn vị (PCA) với mặt phẳng và giá trị D đưa khoảng cách vuông góc từ gốc tới mặt phẳng.

$$Ax + By + Cz + D = 0 \quad [A, B, C, D] \in R \quad (3)$$

Khi PCA được tính toán trong bước trước, mặt phẳng xác định rõ ràng theo vector $V_3 = (A, B, C)$.

Tóm lại, trong phần này tính toán xác định hướng của các tập hợp điểm. Bước tiếp là tính toán các hướng đại diện nhất của các điểm 3D và k các điểm gần nhất.

2.2. Phân tích thống kê các điểm khe nứt lên mặt phẳng

Phương pháp tiếp sau là dựa trên các vector pháp tuyến song song kết hợp với các điểm, sẽ xem xét các điểm Q_i kết hợp với một điểm (P_i) mà thuộc một khe nứt xác định bởi một mặt phẳng chưa biết π . Nếu α là mặt phẳng hợp nhất với mặt phẳng Q_i thì hướng của mặt α và mặt π được cho là gần. Tương tự, xem xét một tập khác Q_j với cùng kích thước với Q_i kết hợp với 1 điểm P_j là thành phần của P . Tập hợp điểm còn là một phần mặt π và có thể tính toán mặt phẳng phù hợp nhất β và 3 mặt (π, α, β) có một hướng gần.

Phân tích thống kê bằng đồ họa stereo graphic của các điểm nhận mặt phẳng để xác định các hệ khe nứt chính:

- Tính toán vector pháp tuyến cho mỗi mặt và chuyển đổi đưa về biểu diễn đồ họa nổi stereographic (Ramsay, Huber & Lisle, 2000);
- Tính toán mật độ điểm nhân mặt phẳng cho mỗi vùng trên đồ họa;
- Tính điểm lớn nhất.

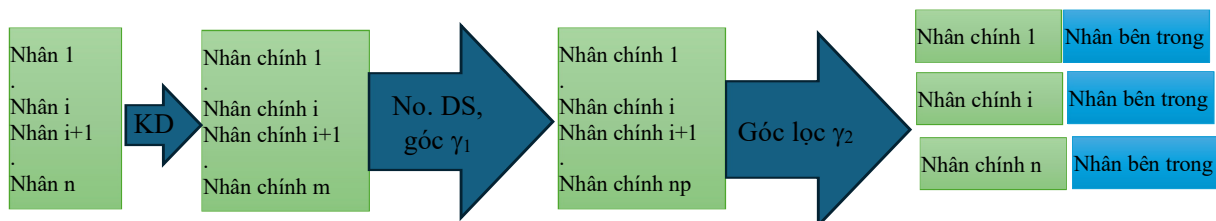
2.2.1. Ước tính mật độ (KDE)

Sử dụng ước tính mật độ theo phương pháp Kernel (KDE) là cách ước tính mật độ thống kê không thông số của các biến ngẫu nhiên. Nghiên cứu đã chứng minh rằng để ước tính mật độ không thông số nhiều biến thì sử dụng KDE tốt hơn sử dụng đồ thị tần số truyền thống (Silverman, 2018). Phương pháp thực hiện bằng sử dụng hàm matlab kde2d bởi Gaussian kernel (Botev, Grotowski & Kroese, 2010). Thực hiện trên một mã code cho phép tính toán tự động chiều rộng của kernel và tính toán mật độ của chúng.

2.2.2. Xác định bán tự động các hệ khe nứt

Trong bước này, phương pháp gán một hướng chính tới mọi điểm trong đám mây điểm. Khi phương pháp phát hiện không đại diện bởi hướng chính chúng sẽ không được gán Sơ đồ tóm tắt các bước thể hiện trong hình bên dưới. Bình thường phân tích hàm mật độ thể hiện nhiều điểm nhất, nhưng chỉ vài là nhân chính, bởi vì sự tồn tại của các lỗi đọc và các điểm đơn của các mặt cong đưa ra sự phân tán các điểm nhân mặt phẳng. Vậy, 2 yêu cầu cần gán để giám sát cho phép xác định các điểm như các nhân mặt phẳng chính:

- Điều kiện số 1 (Nón tìm kiếm): Lựa chọn một giá trị nhất định (γ_1) sao cho góc hình thành bởi hai vector pháp tuyến chính phải lớn hơn giá trị này.
- Điều kiện 2 (Lọc số điểm nhân chính): Do có số lượng lớn nhất các hệ khe nứt (n_p) hình thành. Hệ thống lọc và chấp nhận số lượng mặt hệ khe nứt chính có mật độ cao hơn.



Hình 1. Sơ đồ trình tự xác định hệ khe nứt chính.

Bước tiếp theo bao gồm chia đám mây điểm bằng gán các nhãn cho mỗi điểm của đám mây điểm theo các hệ khe nứt gần nhất đã được xác định. Đối với mọi điểm, tìm kiếm các khe nứt mà góc nhỏ nhất giữa các vector pháp tuyến của điểm nhân và vector pháp tuyến của khe nứt chính được gán. Một giới hạn sau đó được xác định để giới hạn theo giá trị cho phép (γ_2).

Ở phần này, xác định hướng của hệ khe nứt chính và các điểm nhân xung quanh. Hướng tương ứng được gán cho mỗi điểm nhân phụ thuộc vào điểm và hướng xung quanh của chúng. Sau đó loại bỏ các điểm nhân có hướng khác với hướng điểm nhân chính (góc lớn hơn góc γ_2). Khi chúng ta khai thác các điểm thuộc các hệ khe nứt, tiếp theo xác định các phân nhóm trong các hệ khe nứt chính.

2.3. Phân tích các nhóm khe nứt

2.3.1. Phân nhóm hệ khe nứt

Đối với phân nhóm các hệ dữ liệu 3D thuật toán quét dựa trên mật độ với độ nhiễu (Density-Based Scan Algorithm with Noise (DBSCAN) (Ester, Kriegl, Sander & Xu, 1996). Thuật toán phân nhóm cho phân loại các lớp trong cơ sở dữ liệu đã được chứng minh trong các ứng dụng hiệu quả xử lý các đám mây điểm LiDAR (Tonini & Abellan, 2014). Thuật toán yêu cầu các thông số đầu vào như:

- ϵ là khoảng cách lớn nhất giữa 2 điểm để xem xét chúng như lân cận.
- Min-pts là số lượng nhỏ nhất các điểm lân cận điểm p để xem xét q như là một điểm lõi. Sự khác nhau lớn về mật độ có thể ảnh hưởng đến phương pháp tự động (Ester et al., 1996; Lato et al., 2010). Ester et al. (1996)

gợi ý thiết lập thông số min-pts là 4. Thêm rằng, giá trị ϵ nên được xem xét khoảng cách của điểm lân cận thứ 4 tới mỗi hệ khe nứt. Phương pháp tính toán tất cả khoảng cách lân cận thứ 4 cho tất cả các điểm được chấp nhận của mặt chính. Giá trị ϵ được xem xét như giá trị trung bình, lớn nhất hoặc giá trị đại diện thống kê khác. Giá trị lớn nhất không hợp lý bởi vì sự tồn tại của giá trị nhiễu. Khi phương pháp thực hiện với các dữ liệu thô, số lượng các khoảng cách đủ cao để xem xét sự phân phối chuẩn. Vậy giá trị ϵ đề xuất là trung bình các khoảng cách lân cận thứ 4 cộng với 2 độ lệch chuẩn.

Phân tích các nhóm thực tế có thể tìm một số lượng lớn các nhóm nhỏ. Người sử dụng chỉ ưu tiên các nhóm lớn. Vậy phương pháp đề xuất tùy chọn loại bỏ các nhóm nhỏ bằng lựa chọn giới hạn số lượng các điểm trên một nhóm. Thực vậy, chỉ các nhóm có kích thước bằng số điểm cân bằng hoặc cao hơn số điểm giới hạn trên một nhóm được thể hiện.

Ở mục này, tính toán các nhóm không gian của mỗi hệ khe nứt. Bước tiếp theo tính toán công thức mặt phẳng của các khe nứt này để xác định thông số toán học các mặt phẳng khe nứt.

2.3.2. Tạo ra mặt khe nứt trong hệ (PCA)

Sinh mặt phẳng thực hiện như sau:

- Một tập hợp các điểm thuộc một hệ khe nứt I - R_i
- Một tập hợp các điểm thành viên của một nhóm j thay thế một tập hợp $R_i - R_{ij}$
- Xác định mặt phù hợp nhất R_{ij} mà công thức mặt phẳng có thể được xác định theo:

$$A_{ij}x + B_{ij}y + C_{ij}z + D_{ij} = 0 \quad (4)$$

Phân tích thành phần chính (PCA) tới k điểm P_{ijk} có tọa độ $(x_{ij}^k, y_{ij}^k, z_{ij}^k)$ và là thành viên của tập hợp không rỗng R_{ij} đặt được vector chính V_3 , Các thông số A_{ij} , B_{ij} , C_{ij} được tính toán theo công thức (4). Tính toán những thông số này sử dụng vector pháp tuyến của các hệ khe nứt chính. Giá trị độc lập D_{ij} của công thức mặt phẳng được tính theo phương pháp bình phương tối thiểu theo công thức:

$$D_{ij} = -\frac{A_{ij}}{n} \sum_{k=1}^n x_{ij}^k - \frac{B_{ij}}{n} \sum_{k=1}^n y_{ij}^k - \frac{C_{ij}}{n} \sum_{k=1}^n z_{ij}^k \quad (5)$$

trong đó: n là kích thước nhóm R_{ij} .

2.3.3. Kiểm tra lỗi

Khi công thức mặt R_{ij} được tính toán, rất dễ kiểm tra chất lượng của fitting dữ liệu. Đưa ra rằng $\overline{V_3}=1$, lỗi trùng khớp er_{ij} được xác định như khoảng cách mặt:

$$er_{ij}^k = Ax_{ij}^k + Bx_{ij}^k + Cx_{ij}^k + D \quad (6)$$

Do đó, các lỗi er_{ij} kết hợp với nhóm R_{ij} có thể được xác định bởi công thức (6). Tập hợp er_{ij} phải thỏa mãn 2 đặc trưng: giá trị của modun er_{ij} phải nhỏ nhất (điều này sẽ thỏa mãn như công thức được tính toán bởi phương pháp bình phương tối thiểu và giá trị độ lệch chuẩn $\sigma(er_{ij})$ phải thấp hợp lý.

3. Xây dựng thử nghiệm đánh giá xác định hệ mặt

Dữ liệu tiến hành thử nghiệm là bộ dữ liệu đám mây điểm của một phần tường và mái của Điện Thái Hòa, thuộc khuôn viên Hoàng thành ở thành phố Huế, tỉnh Thừa Thiên Huế (Hình 2).



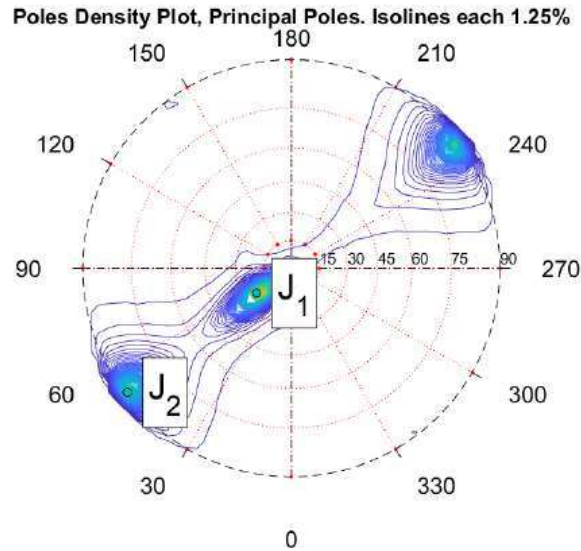
(a)



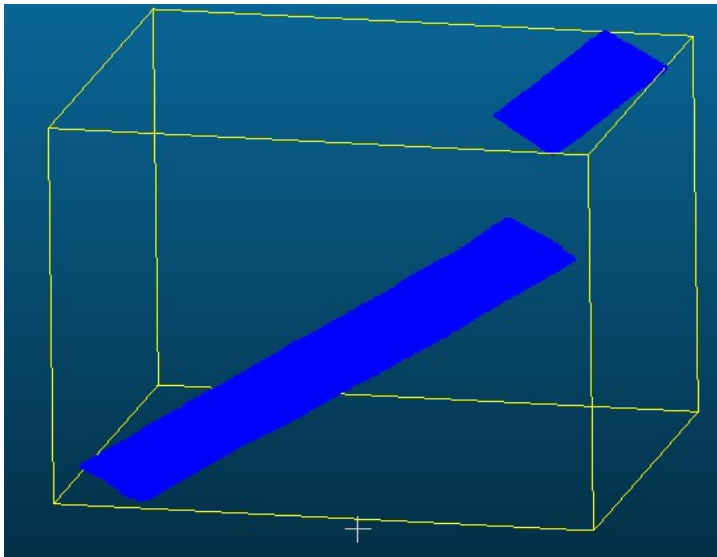
(b)

Hình 2. Dữ liệu khảo sát một phần Điện Thái Hòa (phần khung màu đỏ) (a), dữ liệu đám mây điểm (b).

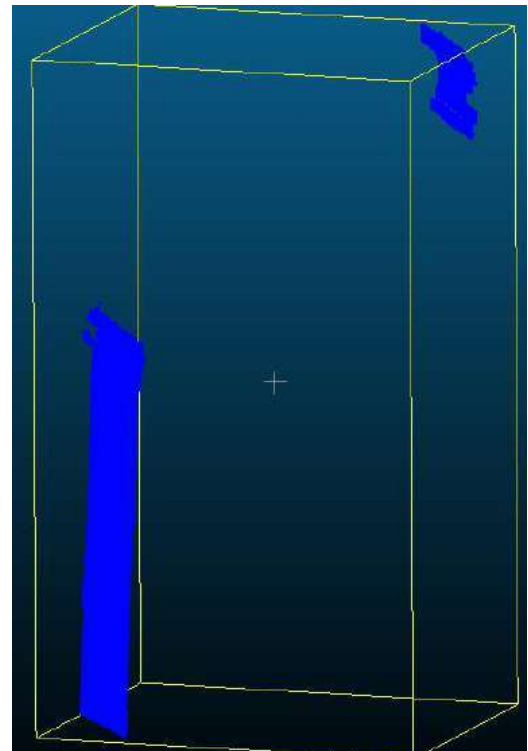
Dữ liệu dưới dạng đám mây điểm gồm có 2 hệ mặt phẳng mái nhà (mái trên và mái dưới) và hệ mặt phẳng tường (tường chân móng và tường trên mái) được đưa vào phần mềm lập trình matlab chạy chương trình đã được viết code dựa trên ngôn ngữ lập trình matlab dạng mã nguồn mở để nhận diện hệ mặt phẳng tường và hệ mặt phẳng mái nhà. Qua quá trình chạy đã xác định được 2 hệ mặt phẳng (gồm tường và mái nhà), thể hiện cụ thể trên Hình 3. Đã phân tích ra được các hệ mặt tường và hệ mặt mái thể hiện cụ thể trên Hình 4 và Hình 5. Giá trị thu được từ kết quả phân tích hệ mặt trên phần mềm và đo trực tiếp thu được dữ liệu Bảng 1.



Hình 3. Sự phân bố hệ mặt phẳng trên đồ họa nổi gồm 2 hệ mặt phẳng.



Hình 4. Hệ mặt mái nhà (gồm mái dưới và mái trên)



Hình 5. Hệ mặt tường nhà (tường chân móng và tường trên mái)

Bảng 1. Bảng so sánh giữa giá trị đo thực và giá trị thu được từ phần mềm.

TT	Thành phần đánh giá	Đo thực tế			Giá trị phân tích phần mềm		
		Góc phương vị, độ	Góc dốc, độ	Khoảng cách, m	Góc phương vị, độ	Góc dốc, độ	Khoảng cách, m
1	Hệ mặt mái nhà	55	24	1	54,6	23,1	0,98
2	Hệ mặt tường	233	90	3	232,8	89,14	3,06

Qua việc so sánh giữa giá trị đo và giá trị thu được từ phần mềm xác định hệ bề mặt thấy rằng, thuật toán tính toán nhận biết các hệ bề mặt đảm bảo độ tin cậy thông qua sai số về góc phương vị là 0,7%, sai số về góc dốc không quá 4%, sai số về khoảng cách 2%, có thể triển khai áp dụng trong việc xác định các hệ khe nứt trong các mỏ đá nói chung và các mỏ đá ôp lát nói riêng đảm bảo độ tin cậy trong thu thập dữ liệu.

4. Nghiên cứu triển khai áp dụng công nghệ UAV, thuật toán bán tự động trong việc xác định hệ khe nứt chính cho mỏ đá ôp lát

Nghiên cứu tiến hành xác định các hệ khe nứt chính tại mỏ đá ôp lát Nam Đông, tỉnh Thừa Thiên Huế. Công tác thu thập dữ liệu đám mây điểm được thực hiện bởi định vị GNSS RTK và máy bay không người lái UAV DJI Phantom 4 pro v2, với thực hiện định vị đo 3 điểm GCP và 2 điểm CP (Hình 6), thực hiện bay bằng phần mềm DJI pilot, xây dựng mô hình bằng phần mềm Pix4Dmapper tạo ra mô hình đám mây điểm Hình 7.

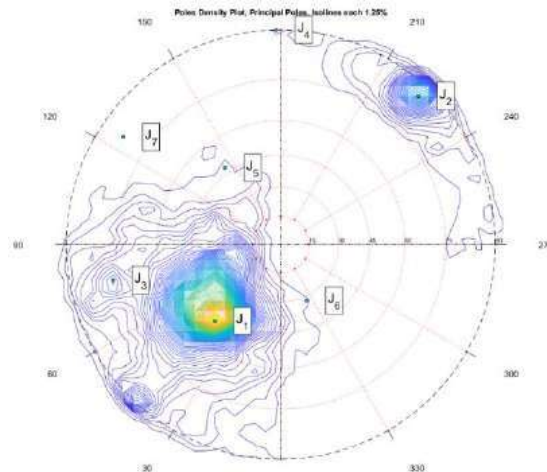


Hình 6. Các điểm GCP và CP trên mỏ để định vị và kiểm tra

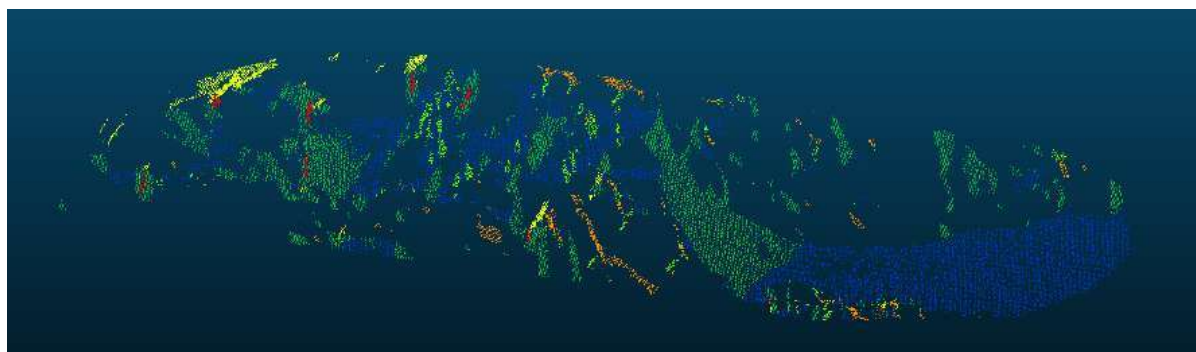


Hình 7. Đám mây điểm khu vực mỏ xác định khe nứt.

Dữ liệu đám mây điểm khu vực xác định khe nứt được đưa vào phần mềm lập trình matlab chạy chương trình đã được viết code dựa trên ngôn ngữ lập trình matlab với các thông số đầu vào số lượng điểm đưa nội suy mặt phẳng là 30, sai số hình thành mặt phẳng là 20%, góc hợp tối thiểu giữa các hệ khe nứt là 30 và số lượng hệ khe nứt sơ bộ đưa ra là 7 hệ khe nứt, góc hình thành hệ khe nứt là 30°. Qua quá trình phân tích trên phần mềm Matlab với code thuật toán đưa ra xác định sự phân bố các hệ khe nứt trên đồ họa nổi Hình 8 và sự phân bố các hệ khe nứt trên Hình 9, phân bố các khoảng cách giữa các khe nứt và số lượng khe nứt thể hiện ở Hình 10 và bảng tổng hợp các thông số hệ thống khe nứt thể hiện Bảng 1.



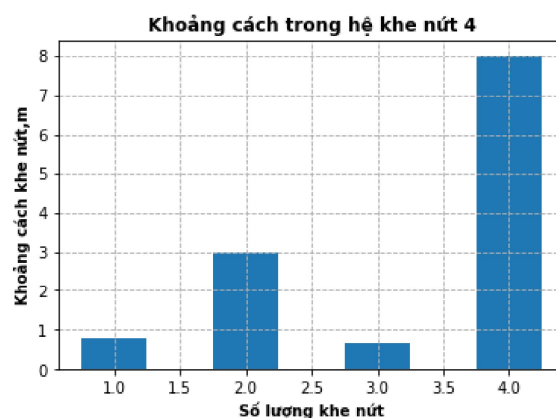
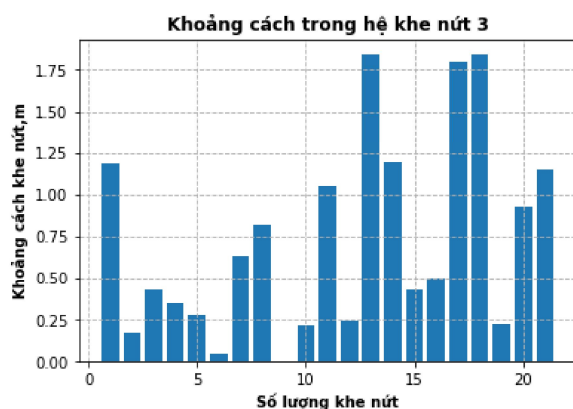
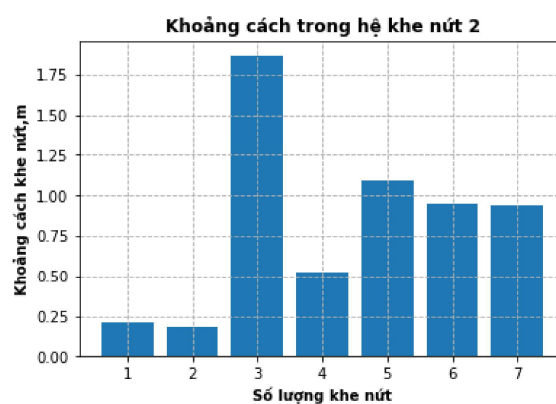
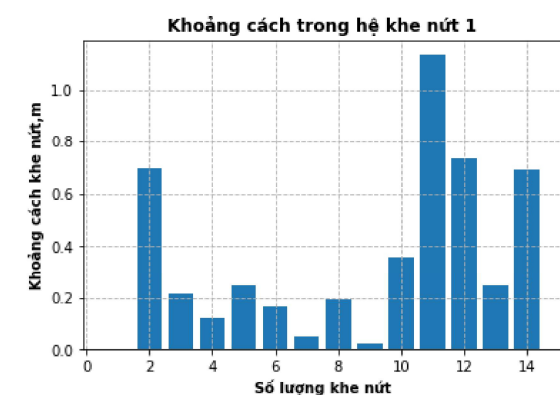
Hình 8. Sự phân bố các hệ khe nứt trên mỏ đá ôp lát Nam Đông

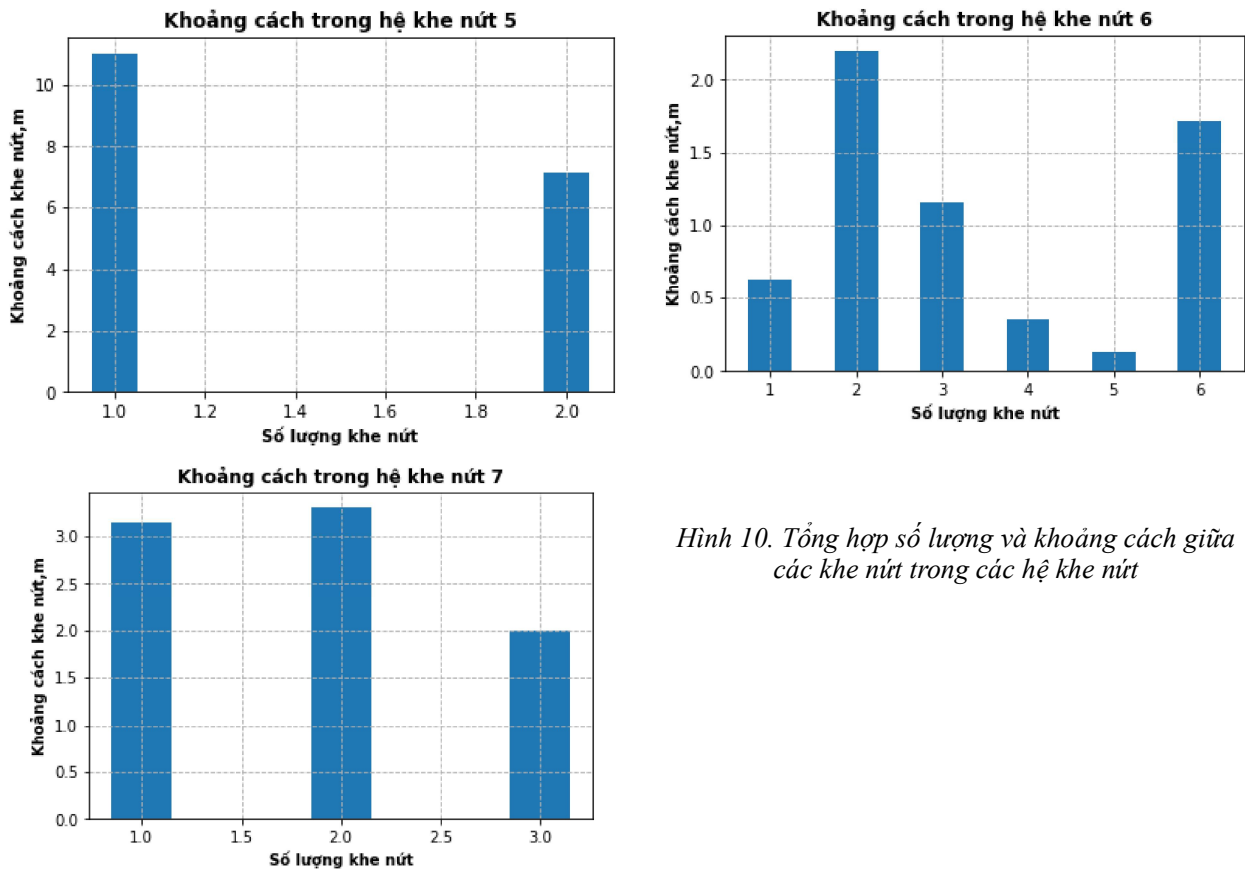


Hình 9. Sự phân bố các hệ khe nứt khu vực khảo sát

Bảng 2. Phân bố thể nằm của các hệ khe nứt trên mỏ đá ốp lát

TT	Hệ khe nứt	Góc phương vị hướng dốc, độ	Góc dốc, độ
1	Hệ khe nứt 1	40,7	50,5
2	Hệ khe nứt 2	222,8	86,5
3	Hệ khe nứt 3	78	77
4	Hệ khe nứt 4	178	90
5	Hệ khe nứt 5	144	48
6	Hệ khe nứt 6	335	32
7	Hệ khe nứt 7	124	83





Hình 10. Tổng hợp số lượng và khoảng cách giữa các khe nứt trong các hệ khe nứt

5. Kết luận

Khe nứt đóng vai trò quan trọng trong việc xác định khả năng thu hồi đá ốp lát cho các mỏ. Giải pháp thu thập thông tin dữ liệu về khe nứt từ các dữ liệu đám mây điểm bề mặt địa hình khu vực mỏ đá ốp lát để xác định các thông số hệ thống khe nứt là hữu ích khi kết hợp với thuật toán bán tự động xác định các hệ khe nứt từ các mặt đá trên bề mặt địa hình bằng phân tích đám mây điểm trên bề mặt địa hình. Qua phân tích thực nghiệm dữ liệu mây điểm tường và mái Điện Thái Hòa so với đo thực tế đảm bảo đủ độ tin cậy để thực hiện phân tích hệ thống khe nứt trên các mỏ đá nói chung và mỏ đá ốp lát nói riêng. Việc thu thập dữ liệu từ đám mây điểm có thể khắc phục được việc thu thập dữ liệu ít, không phân bố đều, không tiếp cận đo những khu vực cao, hiểm trở bằng thủ công.

Tài liệu tham khảo

- Botev, Z. I., Grotowski, J. F., & Kroese, D. P. (2010). Kernel density estimation via diffusion. *Annals of Statistics*, 38(5), 2916-2957. <https://doi.org/10.1214/10-AOS799>.
- Ester, M., Kriegel, H. P., Sander, J., & Xu, X. (1996). A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise. *Proceedings - 2nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, KDD 1996*, 96(34), 226-231.
- Friedman, J. H., Bentley, J. L., & Finkel, R. A. (1977). An Algorithm for Finding Best Matches in Logarithmic Expected Time. *ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS)*, 3(3), 209-226. <https://doi.org/10.1145/355744.355745>.
- Hammah, R. E., & Curran, J. H. (1998). Fuzzy cluster algorithm for the automatic identification of joint sets. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 35(7), 889-905. [https://doi.org/10.1016/S0148-9062\(98\)00011-4](https://doi.org/10.1016/S0148-9062(98)00011-4).
- Lato, M. J., Diederichs, M. S., & Hutchinson, D. J. (2010). Bias correction for view-limited lidar scanning of rock outcrops for structural characterization. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 43(5), 615-625. <https://doi.org/10.1007/s00603-010-0086-5>.
- Morales Demarco, M., Oyhantçabal, P., Stein, K. J., & Siegesmund, S. (2013). Granitic dimensional stones in Uruguay: Evaluation and assessment of potential resources. *Environmental Earth Sciences*, 69(4), 1397-1438. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-2027-y>.

- Mosch, S., Nikolayew, D., Ewiak, O., & Siegesmund, S. (2011). Optimized extraction of dimension stone blocks. *Environmental Earth Sciences*, 63(7), 1911-1924. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0825-7>.
- Nguyen, A. T., Merrien-Soukatchoff, V., Vinches, M., & Gasc-Barbier, M. (2016). Grouping discontinuities in representative sets: influence on the stability analysis of slope cuts. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 75(4), 1429-1444. <https://doi.org/10.1007/s10064-015-0822-x>.
- Palmström, A. (2001). Measurement and characterizations of rock mass jointing. *In-Situ Characterization of Rocks - Chapter 2, January 2001*, 1-40.
- Phạm Văn Việt, Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Hòa, Trần Đình Bảo, N. D. P. (2020). Nghiên cứu khả năng ứng dụng sóng siêu âm trong việc xác định khe nứt cho khối đá ốp lát. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật mỏ-Địa Chất*, 61(5), 98-106. <https://doi.org/Doi: 10.46326/JMES.KTLT2020.08>.
- Ramsay, J. G., Huber, M. I., & Lisle, R. J. (2000). The techniques of modern structural geology: Applications of continuum mechanics in structural geology (Vol. 3). Elsevier.
- Rencher, A. C., & Christensen, W. F. (2012). Wiley series in probability and statistics. *Methods of Multivariate Analysis*, 759-768.
- Silverman, B. W. (2018). Density estimation: For statistics and data analysis. In: *Density Estimation: For Statistics and Data Analysis*. Routledge. <https://doi.org/10.1201/9781315140919>.
- Sousa, L. M. O. (2010). Evaluation of joints in granitic outcrops for dimension stone exploitation. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 43(1), 85-94. <https://doi.org/10.1144/1470-9236/08-076>.
- Sousa, L. M. O., Oliveira, A. S., & Alves, I. M. C. (2016). Influence of fracture system on the exploitation of building stones: the case of the Mondim de Basto granite (north Portugal). *Environmental Earth Sciences*, 75(1), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4824-6>.
- Stonedead (2021). *The worldwide stone trade business*. <http://www.stonedead.com/stone-trading-around-the-world>.
- Taboada, J., Vaamonde, A., & Saavedra, A. (1999). Evaluation of the quality of a granite quarry. *Engineering Geology*, 53(1), 1-11. [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(98\)00074-X](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(98)00074-X).
- Tonini, M., & Abellan, A. (2014). Rockfall detection from terrestrial lidar point clouds: A clustering approach using R. *Journal of Spatial Information Science*, 8(1), 95-110. <https://doi.org/10.5311/JOSIS.2014.8.123>.

ABSTRACT

Unmanned Aerial Vehicle Technology and Semi-automatic Algorithm in Identifying Main Joint Sets for Dimension Stone Quarries

Pham Van Viet^{1,2*}, Nguyen Anh Tuan^{1,2,3}, Tran Trung Anh^{1,3}, Pham Van Hoa^{1,2}

¹Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi

²Innovations for Sustainable and Responsible Mining (ISRM) Research Group,
Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi

³Geomatics in Earth Sciences Research Group, Hanoi University of Mining and Geology

Dimension stone quarries have been strongly expanded due to bringing back huge economic value from dimension stones in comparison to quarrying them to produce common construction materials. However, quarrying dimension stone depends really more on defining the distribution of joints in rockmass, especially joint sets, contributing to choosing mining direction, mining technologies and suitable output scale for each mine condition. Nowadays, collecting joints has just been carried out by manual ways with using geological compass, length tape, causing more difficulty to analyze the whole joints in a particular area due to small numbers of joints, some untouched areas, rockfall risk. Therefore, the paper suggests the application of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technology and semi-automatic algorithm identify main joint sets for dimension stone quarries. The study analyzed point cloud data, collected by the UAV technology, with semi-automatic algorithm coded on Matlab software for joint plane formation from point cloud, joint plane statistics, joint plane classification based on the angles between joint sets and the disperse angle to find out joint planes, cluster the planes into joint sets and calculate spacing distribution of each joint set. The algorithm was experimented with a point cloud file of a part of wall and roof of Thai Hoa Palace (Nguyen dynasty palace) with reliable exactness. The knowledge of the study was applied to Nam Dong dimension stone quarry in Thua Thien Hue province. The results of application found out seven main joint sets and their spacing distribution.

Keywords: Dimension stone, UAV, main joint sets, Nam Dong.

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

Nhà A16 - Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

Điện thoại: Phòng Phát hành: **024.22149040**;

Phòng Biên tập: **024.37917148**;

Phòng Quản lý Tổng hợp: **024.22149041**;

Fax: **024.37910147**; Email: **nxb@vap.ac.vn**; Website: **www.vap.ac.vn**

**HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA
CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN VÌ SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG
NATIONAL CONFERENCE
ON GEOSPATIAL TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT
(NCGSD - 2024)**

Chịu trách nhiệm xuất bản

Giám đốc, Tổng biên tập

PHẠM THỊ HIẾU

Biên tập:

Nguyễn Thị Chiên

Trình bày kỹ thuật:

PGS.TS Nguyễn Văn Trung

Trình bày bìa:

Nguyễn Minh Hải

Liên kết xuất bản:

GS.TS Trần Thanh Hải - Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Địa chỉ: 18 Phố Viên, Đông Ngạc, Bắc Từ Liêm, Hà Nội

ISBN: 978-604-357-305-3

In 100 cuốn, khổ 21×29,7 cm, tại Công ty Cổ phần Khoa học và Công nghệ Hoàng Quốc Việt. Địa chỉ: Số 11 ngách 1, ngõ 1 Võ Chí Công, P. Nghĩa Đô, Q. Cầu Giấy, TP. Hà Nội. Số xác nhận đăng ký xuất bản: 3231-2024/CXBIPH/02-36/KHTNVN. Số quyết định xuất bản: 50/QĐ-HKTNCN, tháng 10 năm 2024. In xong và nộp lưu chiểu quý IV năm 2024.

ISBN: 978-604-357-305-3



SÁCH KHÔNG BÁN