

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG ẢNH VỆ TINH SPOT-6 VÀ BẢN VẼ THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH TRONG XÁC ĐỊNH CÁC ĐIỂM SẠT LỞ DỌC TUYẾN ĐƯỜNG TUẦN TRA BIÊN GIỚI KHU VỰC TỈNH SƠN LA

Nguyễn Như Hùng¹, Mai Đình Sinh¹, Đỗ Văn Dương²

¹Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn

²Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Bài báo nghiên cứu khả năng xác định các điểm sạt lở công trình từ dữ liệu ảnh vệ tinh quang học SPOT-6 kết hợp với các bản vẽ thiết kế hoặc bản vẽ hoàn công tuyến đường. Phương pháp đề xuất gồm 2 giai đoạn chính, một là phân loại các lớp phủ khu vực sạt lở từ ảnh vệ tinh quang học sử dụng kỹ thuật phân loại mờ; hai là sử dụng bản vẽ thiết kế hoặc bản vẽ hoàn công tuyến đường nghiên cứu chuẩn hóa sang dữ liệu GIS, từ đó so sánh với kết quả phân loại để xác định các điểm sạt lở. Thực nghiệm xác định điểm sạt lở dọc tuyến đường tuần tra biên giới khu vực tỉnh Sơn La từ dữ liệu ảnh vệ tinh SPOT-6 chụp ngày 28/3/2019. Kết quả thực nghiệm cho thấy phương pháp đề xuất có thể đưa ra vị trí sạt lở với độ chính xác cao và có thể được sử dụng để phát hiện nhanh các điểm sạt lở.

Từ khóa: Ảnh vệ tinh SPOT-6; Điểm sạt lở; Đường tuần tra biên giới.

Abstract

Study on using SPOT-6 satellite images and construction design drawings to determine landslide points along the border patrol route in Son La province

This study investigates the ability to identify landslide points from SPOT-6 optical satellite images combined with design drawings or as-built drawings of the route. The proposed method consists of two main stages, including: to classify the landcovers from optical satellite images using the fuzzy classification technique and to use design drawings or as-built drawings of the study route normalized to GIS data, then compare with the classification results to determine the landslide points. Experimental determination of landslide points along the border patrol route in Son La province was carried out by using SPOT-6 satellite image data taken on 28/3/2019. The results showed that the proposed method is accurate and can be used for rapid detection of landslide points.

Keywords: SPOT-6 satellite image; Landslide points; Border patrol route.

1. Đặt vấn đề

Sạt lở đất là mối đe dọa thường xuyên, nghiêm trọng đối với các tuyến giao thông ở khu vực miền núi. Tuy nhiên, do tính chất hiểm trở của địa hình, xa vùng dân cư nên việc đánh giá trực

tiếp xác định vị trí các điểm sạt lở là rất khó và mất nhiều thời gian. Do đó, viễn thám mang lại nhiều ưu điểm cho việc khảo sát xác định các điểm sạt lở đất ở các khu vực này.

Trên thế giới, hình ảnh vệ tinh đã

Nghiên cứu

được sử dụng trong phân tích, xác định sự cố sạt lở thông qua phân tích ảnh đã được tổ hợp màu và được giải đoán bằng mắt. Như một số nghiên cứu đã thử nghiệm việc sử dụng tổ hợp màu thật (TCC - True Colour Composite) [12, 22] vào việc xác định các khu vực sạt lở, phương pháp này phụ thuộc rất nhiều đến độ phân giải không gian của ảnh. Greenbaum và cộng sự (1996) đã sử dụng thành công kỹ thuật hình ảnh tổng hợp màu giả (FCC - False Colour Composite) để kiểm tra lở đất ở Papua New Guinea [2] và cũng được sử dụng bởi Rothery (1987) để xác định sạt lở ở các mỏ đá [20].

Một số nghiên cứu sử dụng các kỹ thuật phức tạp hơn vào phân tích dữ liệu ảnh vệ tinh để xác định khu vực sạt lở. Như nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích thành phần chính [6], Kusaka và cộng sự (1996) đã sử dụng Kênh hồng ngoại nhiệt của ảnh Landsat để xác định các khu vực đất ẩm ướt lâu năm có liên quan đến khả năng lở đất [8], Monique Moine và cộng sự (2009) nghiên cứu phát hiện lở đất lưu vực Barcelona (Alpes-de-Hautes-Provence, Pháp) từ hình ảnh vệ tinh bằng phương pháp bán tự động [10].

Có những nghiên cứu xác định sạt lở đất bằng cách sử dụng 2 loại ảnh vệ tinh khác nhau hoặc ảnh một vệ tinh chụp hai thời kỳ khác nhau trước và sau sạt lở. Như nghiên cứu và so sánh khả năng ứng dụng của ảnh vệ tinh Landsat ETM+ và IKONOS để đánh giá tính nhạy cảm của lở đất trong địa hình tự nhiên [17], Vecchiotti, F. và cộng sự (2021) đã xác định chính xác các vị trí sạt lở đất bằng cách xử lý một loạt dữ liệu quang học viễn thám có độ phân giải trung bình TERRA-ASTER trước và sau sạt lở, trong nghiên

cứ [1, 11] đã xác định lở đất bằng cách sử dụng ảnh radar và ảnh quang học.

Ở Việt Nam, hiện nay có rất nhiều nghiên cứu sử dụng dữ liệu viễn thám để nghiên cứu về tai biến thiên nhiên. Chủ yếu các nghiên cứu là sử dụng ảnh vệ tinh vào xây các mô hình hỗ trợ cảnh báo, dự báo sạt lở [5, 14, 15, 18, 19, 21].

Có một số nghiên cứu sử dụng ảnh vệ tinh để xác định khu vực sạt lở, nhưng chủ yếu là bằng mắt từ ảnh tổ hợp màu tự nhiên như nghiên cứu của tác giả Nguyễn Ngọc Thạch và nnk (2001) [13] đã áp dụng viễn thám và GIS để nghiên cứu dự báo tai biến tự nhiên ở địa hình vùng núi và tác giả Hà Thị Hằng (2018) sử dụng viễn thám độ phân giải không gian cao trong việc phát hiện thay đổi kích thước hình học mặt đường bộ tại một số khu vực dọc quốc lộ 6 [3]. Tác giả Trương Phước Minh và nnk (2011) sử dụng ảnh vệ tinh Landsat năm 2007 và ảnh SPOT-5 năm 2009 ở hai thời điểm khác nhau để xác định các điểm trượt lở tại Đà Nẵng [23].

Qua các kết quả nghiên cứu được công bố trên các tạp chí khoa học trong nước và thế giới, các nhà khoa học trên thế giới đã sử dụng ảnh vệ tinh để xác định các vị trí sạt lở trên các tuyến giao thông với kết quả khả quan, cũng như có hiệu quả cao. Tuy nhiên, các nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào việc xác định các vị trí sạt lở dựa trên việc phân tích ảnh viễn thám giữa hai thời điểm chưa sạt và thời điểm đã sạt lở, chưa có nghiên cứu nào sử dụng kết hợp giữa ảnh và bản vẽ thiết kế hoặc bản vẽ hoàn công công trình để xác định điểm sạt lở. Do đó, việc nghiên cứu khả năng sử dụng tư liệu ảnh vệ tinh quang học và bản vẽ thiết kế để xác định các khu vực sạt lở dọc tuyến đường tuần

tra biên giới, đặc biệt là tuyến tuần tra biên giới khu vực tỉnh Sơn La, nơi có địa hình phức tạp là có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

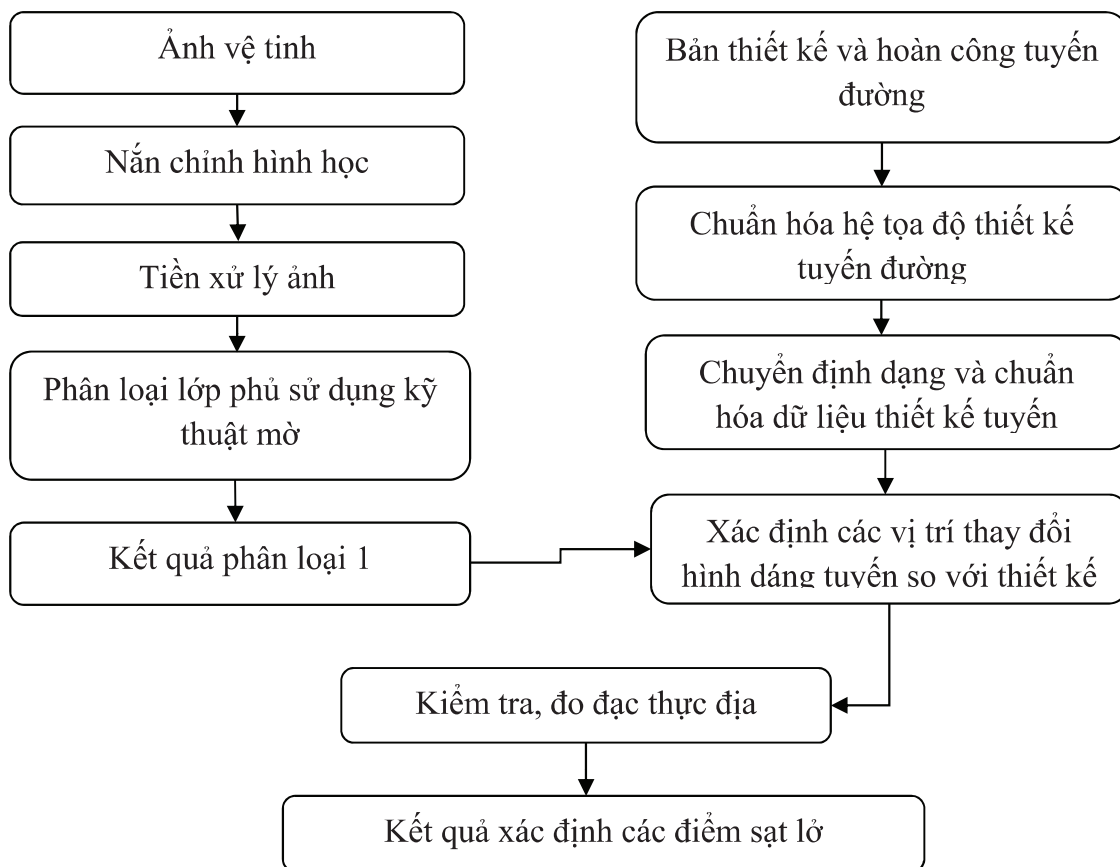
2. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, để xác định các khu vực sạt lở được thực hiện theo các bước: Một là phân loại các lớp phủ khu vực sạt lở từ ảnh vệ tinh quang học sử dụng kỹ thuật phân loại mờ; hai là sử dụng bản vẽ thiết kế hoặc bản vẽ hoàn công tuyến đường nghiên cứu chuẩn hóa sang dữ liệu GIS, từ đó đánh giá các khu vực có sự thay đổi về hình dạng bề mặt

lớp phủ dọc tuyến đường qua đó xác định các vị trí có sạt lở. Quy trình xác định điểm sạt lở cụ thể như sau:

- Chuẩn hóa dữ liệu tuyến đường

Ở Việt Nam công tác quy hoạch, thiết kế các công trình giao thông chủ yếu được thực hiện trên phần mềm AutoCAD. Tuy nhiên, việc quản lý và thực hiện các bài toán phân tích dưới dạng cơ sở dữ liệu thì lại không thể thực hiện trong AutoCAD. Do đó, để thực hiện các bài toán quản lý, phân tích cần chuyển đổi file AutoCAD (.dwg) sang GIS (.shp) nhằm hỗ trợ xây dựng cơ sở dữ liệu thiết kế.



Hình 1: Quy trình xác định các điểm sạt lở

Dữ liệu CAD bản thiết kế tuyến đường được tổ chức các lớp chuyên đề với các đối tượng điểm, đường, vùng và chuẩn hệ tọa độ. Chuyển đổi file CAD sang GIS (shapefile) bằng cách sử dụng

ArcCatalog trong môi trường ArcGIS để tạo shapefile sau đó nhập file CAD vào ArcMap và chuyển file từ CAD sang Geodatabase Tool, từ đây chuẩn hóa dữ liệu trong Geodatabase và chuẩn hóa dữ

Nghiên cứu

liệu theo quy định như chuẩn hóa về tọa độ, topology, biên tập loại bỏ các dữ liệu sai và chuẩn hóa quy cách theo quy định của ngành.

Trong nghiên cứu này, để phục vụ mục đích nghiên cứu việc chuẩn hóa dữ liệu tuyến được thực hiện từ bản vẽ thiết kế và bản vẽ đo hoàn công tuyến đường. Dữ liệu được chuẩn hóa theo các lớp chính là mặt đường, đỉnh Taluy dương, đỉnh Taluy âm, chân Taluy.

- Phân loại lớp phủ từ dữ liệu ảnh vệ tinh quang học

Có nhiều phương pháp phân loại lớp phủ, mỗi loại đều có ưu nhược điểm nhất định. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng kỹ thuật phân loại mờ dựa trên các điểm ảnh [4, 7, 9, 16]. Đây là kỹ thuật có nhiều ưu điểm trong xử lý ảnh viễn thám và đã có nhiều nghiên cứu trong nước và quốc tế trong thời gian gần đây. Dữ liệu ảnh viễn thám được phân loại theo 4 lớp phủ bao gồm: (1) Mặt nước; (2) Đất trồng, đất ở, đường; (3) Đồng cỏ, đất nông nghiệp và (4) Rừng.

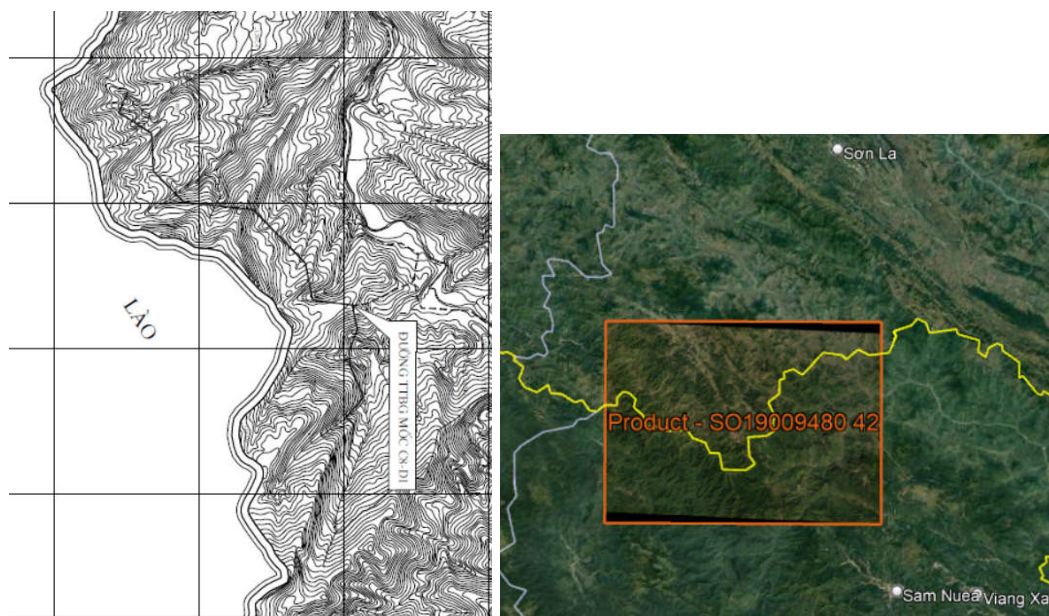
- Xác định các vị trí thay đổi so với thiết kế

Thực hiện chồng lớp kết quả phân loại với dữ liệu thiết kế tuyến đường để xác định các khu vực có hiện tượng sai khác so với thiết kế. Từ đây điều tra, đo đạc ngoài thực địa các vị trí đã được các định trên để xác định, đánh giá các điểm sạt lở.

3. Dữ liệu và khu vực thực nghiệm

3.1. Đặc điểm khu vực thực nghiệm

Khu vực thực nghiệm là tuyến đường tuần tra biên giới tại tỉnh Sơn La. Tuyến đường thuộc khu vực Tây Bắc trải dài qua các tỉnh Điện Biên, Sơn La, Thanh Hoá và giáp với biên giới nước ta và nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào, việc đi lại kiểm tra dọc tuyến là rất khó khăn. Trong đó, đoạn tuyến khu vực thực nghiệm là từ mốc C6-D1 được phân thành 2 đoạn tuyến từ mốc C6-C8 và từ mốc C8-D1. Trong đó, đoạn tuyến từ mốc C8-D1 nằm trên địa bàn tỉnh Sơn La với tổng chiều dài tuyến 41,49 km.

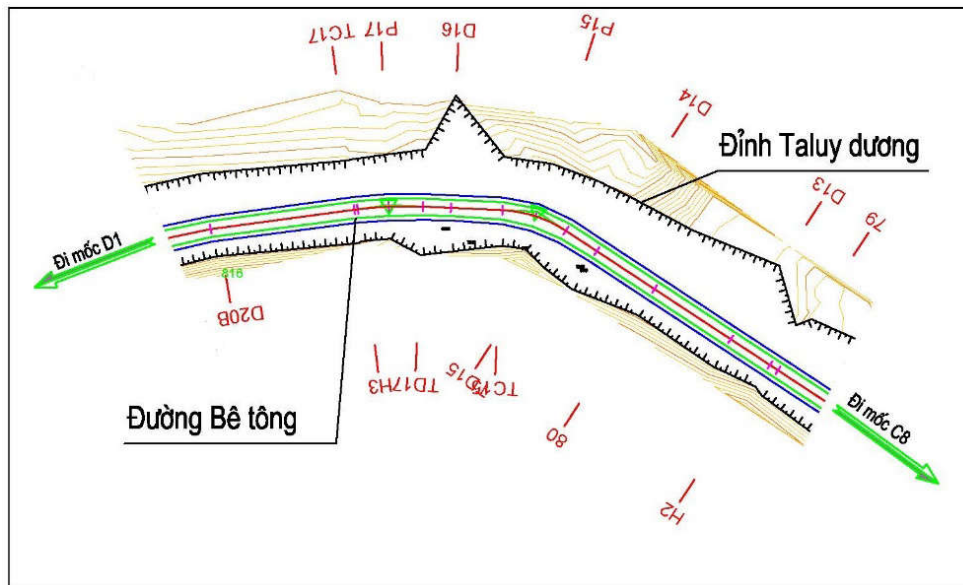


Hình 2: Tuyến đường thực nghiệm

3.2. Dữ liệu thực nghiệm

Dữ liệu thực nghiệm là bản thiết kế và bản đồ vẽ hoàn công tuyến đường tuần tra biên giới đoạn C8-D1 thuộc địa phận tỉnh Sơn La tỷ lệ 1/1000 sau khi thi công xong vào năm 2017. Đây bản thiết kế đã được thi công, hoàn công ngoài thực

địa. Bản vẽ thiết kế được thực hiện trên phần mềm CAD và theo đúng tiêu chuẩn thiết kế đường quy định, hệ tọa độ và độ cao Nhà nước VN2000. Dữ liệu sau khi chuẩn hóa các lớp được chuyển sang định dạng từ CAD (*.dwg) sang định dạng GIS (*.shp) bằng phần mềm ArcGIS.



Hình 3: Bình đồ thiết kế tuyến đường thực nghiệm

Ảnh viễn thám SPOT-6 là nguồn thông tin chính phục vụ phân tích, đánh giá, giám sát rừng, quản lý tài nguyên và hoạt động của con người. Các sản phẩm ảnh là những công cụ trợ giúp, ứng dụng

trên một vùng rộng lớn trong các lĩnh vực đo đạc bản đồ, quản lý thảm họa tự nhiên, động đất, giám sát đất đai, rừng, bảo vệ môi trường.

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật của ảnh vệ tinh SPOT-6

Hệ thống quang học	2 ống kính thiên văn Korsch, độ mở ống kính 200 mm
Mảng điện tử	PAN: 28.000 pixels MS: 4 x 7000 pixels
Phân giải phổ	Panchromatic: 0,450 - 0,745 μm Blue: 0,450 - 0,520 μm Green: 0,530 - 0,590 μm Red: 0,625 - 0,695 μm Near Infrared: 0,760 - 0,890 μm
Độ rộng dải quét	60 km tại điểm thiên đỉnh
Số bits	12 bits
Độ phân giải	Panchromatic: 1,5 m Multispectral: 6 m

Nghiên cứu

Trong nghiên cứu này sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh SPOT-6 chụp ngày 28/3/2019.







Hình 4: Dữ liệu ảnh SPOT-6

4. Kết quả và thảo luận

Dữ liệu ảnh vệ tinh SPOT-6 khu vực nghiên cứu sau khi tiền xử lý như nắn chính hình học về tọa độ VN2000, tiền xử lý ảnh nhằm tăng cường chất lượng dữ liệu đầu vào bằng cách sử dụng kỹ thuật lọc nhiễu và các phần tử ngoại lai.

Sau đó tiến hành phân loại đối với 4 đối tượng lớp phủ, bao gồm: mặt nước (1); đường xá, đất trống, đất ở (2); đồng cỏ, cây bụi (3); rừng (4). Nhóm tác giả lấy mỗi lớp phủ 100 điểm ảnh mẫu để đánh giá độ chính xác. Kết quả thể hiện trên Bảng 1.

Bảng 2. Kết quả phân loại lớp phủ

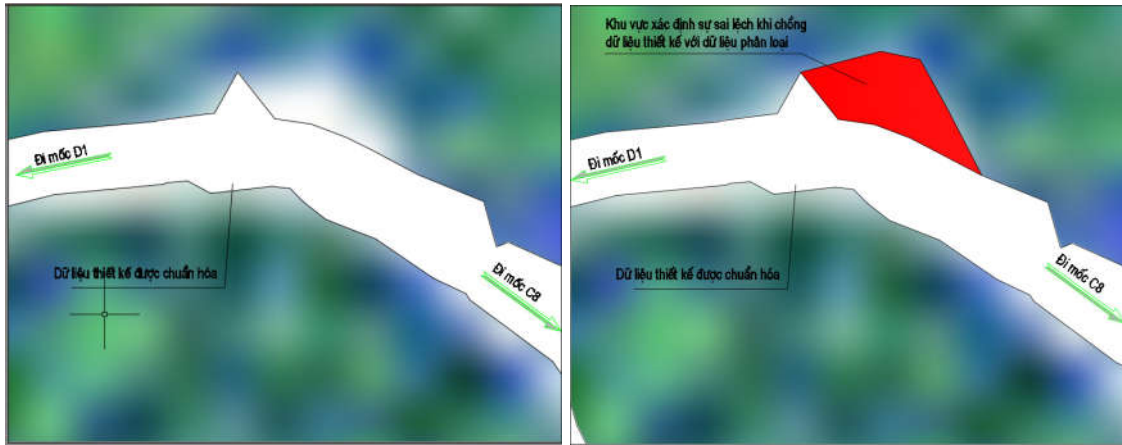
STT	Tên đối tượng	Màu sắc	Độ chính xác
1	Mặt nước		94 %
2	Đất trống, đất ở, đường		92 %
3	Đồng cỏ, đất nông nghiệp		87 %
4	Rừng		88 %
	Tổng		90,25 %

Kết quả ta được ảnh phân loại, trong đó hiện trạng lớp đường mặc định với lớp có màu trắng (Hình 5)



Hình 5: Dữ liệu ảnh SPOT-6 được phân loại

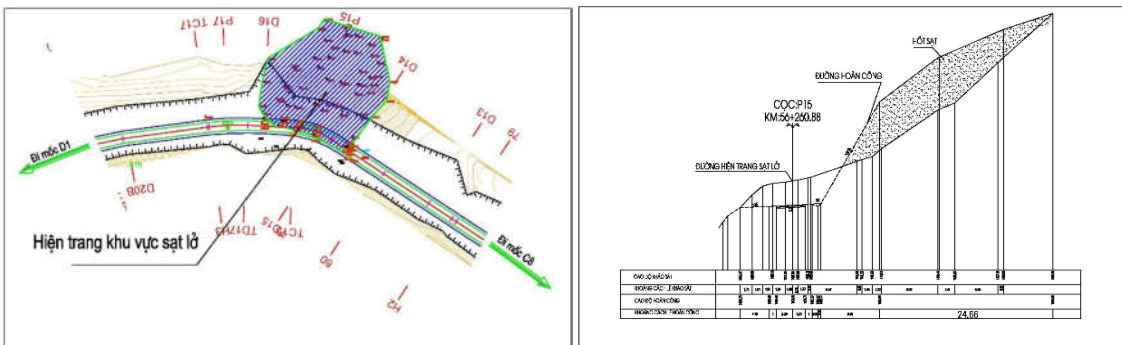
Dữ liệu bình đồ tuyến sau khi chuẩn hóa tiến hành chồng lớp lên dữ liệu ảnh vệ tinh được phân loại để xác định các khu vực có hiện tượng sai khác hiện trạng bề mặt tuyến so với thiết kế (Hình 6)



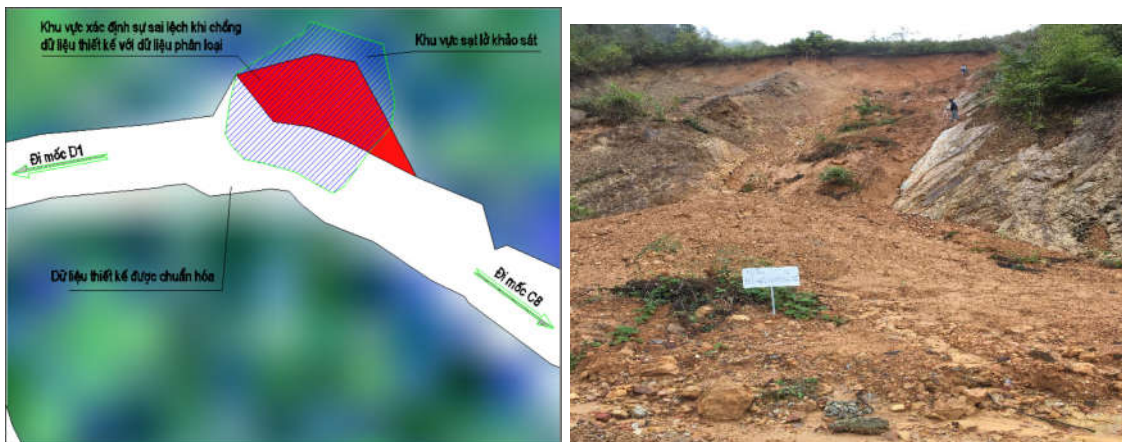
Hình 6: Một khu vực sai khác giữa dữ liệu ảnh vệ tinh được phân loại và thiết kế

Để kiểm tra đánh giá kết quả phân tích xác định các khu vực có biến động có phải là khu vực sạt lở không?, chúng ta tiến hành điều tra, đo đạc thực địa. Dưới đây là kết quả đo đạc khảo sát tại thực địa

một vị trí sạt lở đã được xác dựa trên quy trình Hình 1, làm cơ sở để tính toán khối lượng san gạt và thiết kế phương án thiết kế gia cố tuyến đường.



Hình 6: Bình đồ khảo sát và mặt cắt điển hình một điểm sạt lở trên tuyến đường



Hình 7: Kết quả kiểm tra giữa dữ liệu đo vào dữ liệu xác định từ ảnh vệ tinh

Nghiên cứu

Qua kết quả thực nghiệm cho thấy:

Qua khảo sát thực địa thì các điểm phát hiện từ việc sử dụng phương pháp là chính xác, kết quả cho thấy qua đo đạc kiểm tra tại thực địa có khoảng cách sạt lở khoảng 24,6 m (Hình 6).

Khó khăn đối với hướng tiếp cận của bài toán là nguồn dữ liệu số các bản vẽ thiết kế và bản vẽ hoàn công không sẵn có hoặc khó khăn trong việc tiếp cận, nguồn dữ liệu này do chủ yếu lưu dưới dạng bản đồ giấy. Tuy nhiên việc sử dụng nguồn dữ liệu này với ưu điểm độ chính xác và mức độ chi tiết cao (chủ yếu là bản đồ tỷ lệ 1/1000), phù hợp cho các bài toán phát hiện các điểm sạt lở nhỏ so với các phương pháp khác.

5. Kết luận

Nghiên cứu này đã cho thấy việc ứng dụng kết hợp giữa ảnh vệ tinh quang học và bản vẽ thiết kế hoặc bản vẽ hoàn công tuyến đường có thể xác định được các điểm sạt lở và có tính ứng dụng cao. Đây là một trong những hướng nghiên cứu phù hợp khi Việt Nam ngày càng có nhiều ảnh quang học độ phân giải cao và dữ liệu thiết kế các công trình giao thông được quản lý dưới dạng số, thống nhất hệ tọa độ nhà nước. Kết quả kiểm tra thực địa dọc tuyến đường và tại các vị trí có hiện tượng thay đổi hiện trạng giữa kết quả phân loại từ dữ liệu ảnh SPOT-6 có độ phân giải không gian 6 m với bản vẽ hoàn công, cho thấy chỉ phát hiện được với khu vực sạt lở kiểm tra lớn hơn 6 m, còn đối với các khu vực có sạt lở nhỏ hơn 6 m thì không được phát hiện được trên ảnh.

Tuy nhiên trong nghiên cứu này, do điều kiện thực nghiệm trên dữ liệu ảnh có độ phân giải 6 m nên việc đánh giá

độ chính xác của phương pháp là chưa hoàn thiện. Cần tiếp tục nghiên cứu thực nghiệm với các dữ liệu ảnh vệ tinh có độ phân giải cao hơn để từ đó hoàn thiện quy trình, hỗ trợ hiệu quả việc xác định các khu vực sạt lở trên tuyến đường giao thông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Dai, C., et al. (2021). *Active landslide detection based on Sentinel-1 data and InSAR technology in Zhouqu county, Gansu province, Northwest China*. Journal of Earth Science, 32(5), 1092 - 1103.

[2]. Greenbaum, D., et al. (1996). *Rapid methods of landslide hazard mapping*. Proceedings of the Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, 11, 1.287 - 1.296.

[3]. Hà Thị Hằng (2018). *Ứng dụng viễn thám độ phân giải không gian cao trong việc phát hiện thay đổi kích thước hình học mặt đường bộ, thí điểm tại một số khu vực dọc quốc lộ 6 thuộc tỉnh Hòa Bình*. Tạp chí Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Tập 15, Số 6 (2018): 107 - 117, ISSN: 1859 - 3100.

[4]. Hoàng Ngọc Huy, Mai Đình Sinh, Trịnh Lê Hùng (2020). *Nghiên cứu phương pháp phân loại lớp phủ khu vực đô thị trên ảnh vệ tinh độ phân giải cao Sentinel bằng kỹ thuật mờ*. Tạp chí Tài nguyên và Môi trường, 7/2020, pp.46 - 48.

[5]. Hoang, N. D; Tien Bui, D. (2016). *A novel relevance vector machine classifier with cuckoo search optimization for spatial prediction of landslides*. J. Comput. Civ. Eng. 2016,30, 04016001.

[6]. Huang, S.L. and Chen, B.K. (1991). *Integration of Landsat and terrain information for landslide study*. Proceedings of the Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, 8, 743 - 754.

[7]. Kh. Sadykhov R., V. Dorogush A. and P. Podenok L. (2007). *Fuzzy clustering methods in multispectral Satellite Image Segmentation*. 3rd International Workshop on Artificial Neural Networks and Intelligent

Information Processing, pages 91 - 98. DOI: 10.5220/0001635200910098.

[8]. Kusaka, T., et al. (1996). *Estimation of landslide areas using satellite imagery and spatial features of watersheds*. Proceedings of the Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, 11 II.415 - II.420.

[9]. Mai Đình Sinh, Trịnh Lê Hùng (2018). *Ứng dụng phân cụm mờ trong đánh giá biến động lớp phủ khu vực khai thác khoáng sản Huyện Quỳnh Hợp, Tỉnh Nghệ An từ tư liệu ảnh vệ tinh Landsat*. Hội thảo Ứng dụng GIS toàn quốc, pp.543 - 550.

[10]. Monique Moine et al. (2009). *Detection of landslides from aerial and satellite images with a semi-automatic method*. Application to the Barcelonnette basin (Alpes-de-Hautes-Provence, France).

[11]. N.Casagli et al. (2016). *Landslide mapping and monitoring by using radar and optical remote sensing: Examples from the EC-FP7 project SAFER*. Remote Sensing Applications: Society and Environment, Volume 4, October 2016, Pages 92 - 108.

[12]. Nagarajan R., et al. (1998). *Temporal remote sensing data and GIS application in landslide hazard zonation of part of Western Ghat, India*. International Journal of Remote Sensing 19 (4), 573 - 585.

[13]. Nguyễn Ngọc Thạch và nnk (2001). *Áp dụng viễn thám và GIS để nghiên cứu dự báo tai biến tự nhiên ở địa hình vùng núi, lấy ví dụ ở tỉnh Hòa Bình*. Báo cáo đề tài NCKH đặc biệt cấp Đại học Quốc gia. Hà Nội.

[14]. Nguyen Vu Viet, et al. (2019). *Hybrid machine learning approaches for landslide susceptibility modeling*. Forests, Forests 10(157):1-27. DOI:10.3390/f10020157.

[15]. Nguyen, V. N., et al. (2020). *A new modeling approach for spatial prediction of flash flood with biogeography optimized chaid tree ensemble and remote sensing data*. Remote Sensing, 12(9), 1373.

[16]. Pankaj Singh, Rahul Dev Garg (2014). *Classification of high resolution satellite images using spatial constraints-based fuzzy clustering*. Journal of Applied Remote Sensing, Vol. 8(1), 2014, 083526 doi: 10.1117/1.JRS.8.083526.

[17]. Petley D.N, et al. (2002). *The use of satellite imagery in landslide studies in high mountain area*. Project: Assessment of landslide susceptibility, hazard and risk.

[18]. Pham, B. T., et al. (2020). *A novel hybrid approach of landslide susceptibility modelling using rotation forest ensemble and different base classifiers*. Geocarto International, 35(12), 1267 - 1292.

[19]. Pham, B. T., et al. (2020). *Improving voting feature intervals for spatial prediction of landslides*. Mathematical Problems in Engineering.

[20]. Rothery D.A. (1987). *Decorrelation stretching and related techniques as an aid to image interpretation in geology*. In: Proceedings of the Remote Sensing Society 13th annual conference, Nottingham, p. 194 - 203.

[21]. Tran, Q. C., et al. (2020). *Novel ensemble landslide predictive models based on the hyperpipes algorithm: a case study in the Nam Dam Commune, Vietnam*. Applied Sciences, 10(11), 3710.

[22]. Trench, N. R. and Sauchyn, D. J. 1978. *Application of Landsat data to the identification and delimitation of landslides in Colorado*. Abstracts with Programs - Geological Society of America, 10 (7) 506.

[23]. Trương Phước Minh và nnk (2011). *Ứng dụng GIS và viễn thám nghiên cứu trượt lở đất ở Thành phố Đà Nẵng*. Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2011.

[24]. Vecchiotti, F., et al. (2021). *The Use of TERRA-ASTER Satellite for Landslide Detection*. Geosciences, 11(6), 258.

BBT nhận bài: 03/12/2021; Phản biện xong: 17/12/2021; Chấp nhận đăng: 28/3/2022