

SỬ DỤNG ẢNH VỆ TINH RADAR ĐA THỜI GIAN ĐỂ NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỘNG TRƯỢT LỞ

NGUYỄN ANH TUẤN, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu phương pháp sử dụng tư liệu ảnh Radar đa thời gian nhằm theo dõi và mô hình hóa các biến động ổn định sườn dốc. Bằng việc sử dụng phương pháp mạng lưới điểm ổn định SPN (Points Stables Networks) được phát triển bởi công ty Altamira Information Tây Ban Nha, tốc độ biến động của sườn dốc kể cả đối với những biến động rất nhỏ (cm/năm) có thể tính toán được, để từ đó có những giải pháp tiếp theo nhằm ngăn chặn hoặc xử lý các trượt lở sườn dốc nguy hiểm.

1. Giới thiệu chung

Trượt lở bờ dốc luôn là vấn đề thiên tai gây hậu quả nghiêm trọng về tài sản cũng như con người trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Các nguyên nhân gây ra trượt lở bờ dốc bao gồm các tác động tự nhiên như mưa, lũ lụt, các hoạt động địa chất... và các tác động của con người. Việc xác định, theo dõi, cập nhật các biến động sự ổn định bờ dốc luôn là công việc cấp thiết nhằm cảnh báo các trượt lở sẽ xảy ra nhằm giảm thiểu các thiệt hại về tài sản và con người. Đồng thời việc xác định, theo dõi ổn định bờ dốc cũng góp phần không nhỏ trong việc hoạch định chính sách phát triển xã hội, phát triển đô thị.

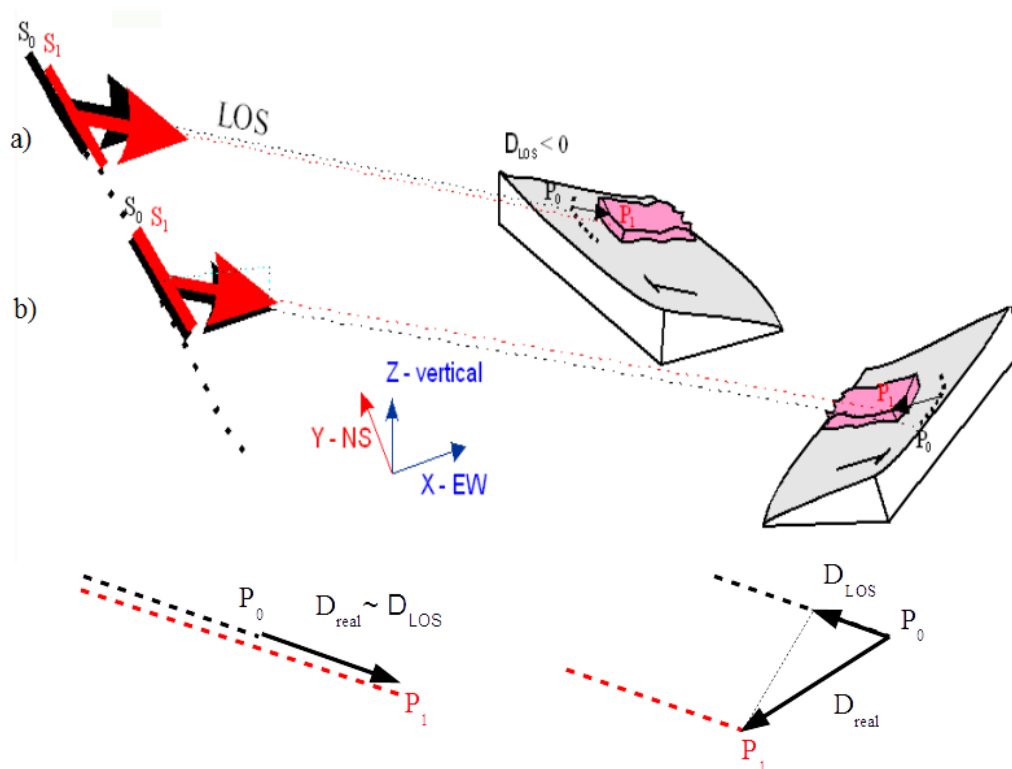
Trên thế giới, việc xác định theo dõi biến động bờ dốc đã được quan tâm nghiên cứu từ rất sớm. Các phương pháp được sử dụng vào mục đích nghiên cứu biến động bờ dốc có thể chia ra thành 2 nhóm: nhóm phương pháp truyền thống và phương pháp sử dụng tư liệu viễn thám. Nhóm các phương pháp truyền thống sử dụng các thiết bị được lắp đặt ngay tại khu vực nghiên cứu như phương pháp đo nghiêng [6-9, 14, 24] cung cấp các thông tin về các mặt trượt khác nhau và độ sâu các mặt trượt đồng thời cũng cung cấp một phần các thông tin về hướng trượt của các mặt trượt này, phương pháp đo GPS xác định biến động của các điểm quan trắc với độ chính xác cao [4, 9, 12, 14, 16, 17, 20-22] Phương pháp sử dụng tư liệu viễn thám như ảnh Radar [5, 13-15, 23], ảnh hàng không [2, 3, 18, 19] chủ yếu được sử dụng để thành lập bản đồ biến động bề mặt của khu vực có trượt lở. Các phương pháp truyền thống

thường xác định được các biến động nhỏ với độ chính xác cao tuy nhiên khó có khả năng áp dụng cho một khu vực trượt lở rộng lớn, bên cạnh đó chi phí để tiến hành quan trắc liên tục cũng rất cao. Phương pháp sử dụng tư liệu viễn thám ngày càng thể hiện được ưu thế của mình trong việc quan trắc biến động đặc biệt là biến động trượt lở đó là khả năng quan trắc khu vực rộng lớn, chu trình đo lặp nhanh chóng với số lượng trị đo dày đặc chi phí thấp và độ chính xác ngày càng được nâng cao.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên lý quan trắc biến dạng của vệ tinh Radar

Nguyên lý quan trắc biến dạng của vệ tinh Radar có thể được tóm tắt như trong hình 1. Vệ tinh Radar sẽ quan trắc một điểm trên mặt đất dựa trên sự biến động khoảng cách từ điểm đó đến vệ tinh qua các lần quan sát khác nhau theo hướng nhìn (LOS -Line Of Sight) của vệ tinh. Trong trường hợp a) mặt trượt có hướng trượt song song với hướng nhìn, vị trí của điểm P0 tại thời điểm S0 dịch chuyển đến điểm P1 tại thời điểm S1, khi đó khoảng cách thay đổi thực tế của điểm P đến vệ tinh D_{real} sẽ xấp xỉ với khoảng cách thay đổi đo được theo LOS D_{LOS} . Trong trường hợp b) mặt trượt nằm đối diện với hướng quan sát của vệ tinh, khi đó ta có thể thấy rằng giá trị dịch chuyển mà vệ tinh đo được D_{LOS} có thể không phải là giá trị dịch chuyển thực tế D_{real} của điểm quan sát. Đây cũng chính là điểm hạn chế khi sử dụng ảnh radar trong việc nghiên cứu biến dạng địa hình.



Hình 1. Nguyên lý quan trắc biến động của vệ tinh Radar

2.2. Phương pháp mạng lưới các điểm rời rạc SPN (Stable Points Network)

Phương pháp đo ảnh giao thoa tán xạ cố định (PSInSar) là một trong những phương pháp được sử dụng rộng rãi trong việc quan trắc dịch chuyển [1, 10, 11]. Trong đó thuật toán SPN được hãng Altamira Information (Tây Ban Nha) phát triển từ năm 1999 dựa trên công nghệ đo ảnh giao thoa tán xạ cố định (PSInSAR) để tính toán các điểm tán xạ cố định PS (Permanent Scatterers). Công nghệ này cho phép xác định được những dịch chuyển với độ chính xác đến 1/10mm khi chúng ta sử dụng seri ảnh để theo dõi trong thời gian dài. Công nghệ này nhằm để phân tích giao thoa pha φ_{interf} . Các thành phần này bao gồm: địa hình φ_{topo} , dịch chuyển φ_{disp} , áp suất φ_{APS} và nhiễu φ_{noise} .

$$\varphi_{interf} = \varphi_{topo} + \varphi_{disp} + \varphi_{APS} + \varphi_{noise}$$

Sơ đồ quy trình thực hiện SPN được mô tả trong hình 2.

Phương pháp SPN cho kết quả bao gồm:

- Bản đồ sự biến dạng trung bình của các điểm quan trắc.

- Ảnh hiệu chỉnh mô hình số địa hình: hiệu chỉnh các sai số địa hình cho mỗi điểm PS, những hiệu chỉnh này được dựa trên MNT

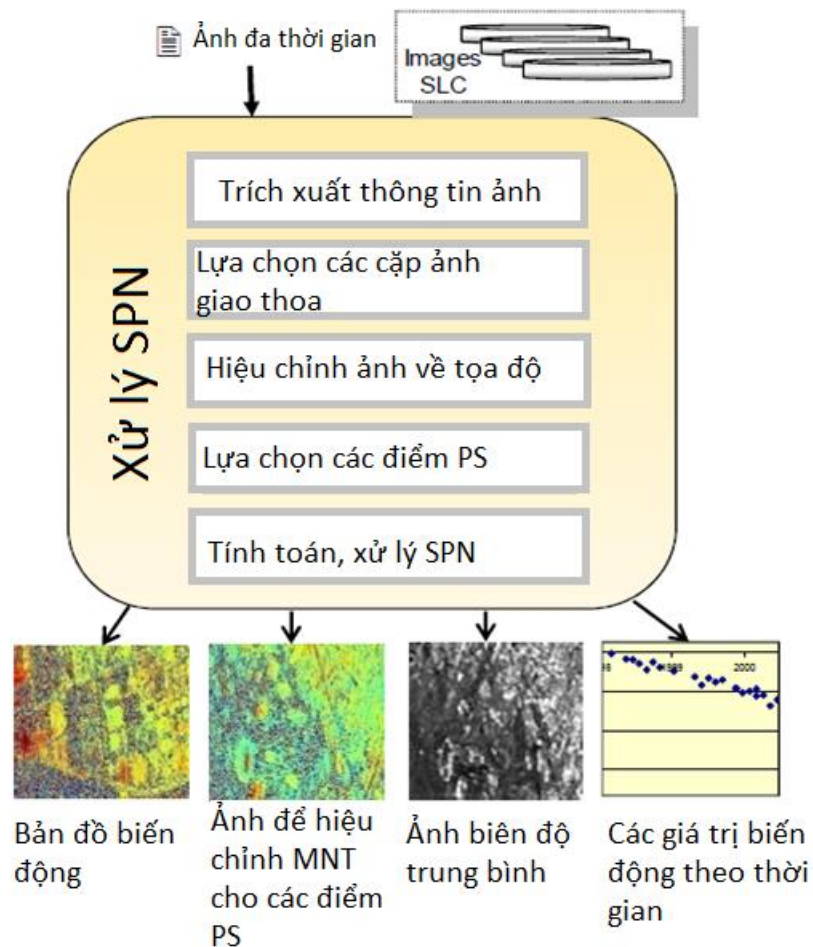
- Hình ảnh các biến độ trung bình.

- Các giá trị biến dạng của các điểm theo thời gian cho mỗi cặp ảnh radar giao thoa.

Phương pháp InSAR SPN cho phép quan trắc biến dạng địa hình trong một thời gian dài. Các yếu tố về áp suất và địa hình được loại bỏ khi chúng ta sử dụng số lần đo lặp nhiều hơn 25. Phương pháp cho phép đo được các biến dạng theo chiều thẳng đứng đến 1mm/năm [1].

3. Sử dụng ảnh Radar ALOS nghiên cứu biến động trượt lở

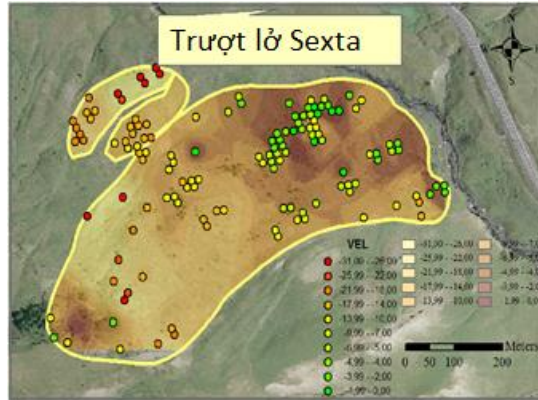
Vệ tinh Alos (Advanced Land Observing Satellite) được phóng lên không gian vào ngày 24/01/2006 bởi cơ quan nghiên cứu không gian Nhật Bản. Vệ tinh Alos sử dụng sóng điện từ có bước sóng $\lambda = 23.6\text{cm}$ với vòng lặp là 46 ngày. Độ phân giải không gian của tư liệu ảnh Alos toàn sắc là 2.5m và đối với ảnh đa phổ là 10m. Vệ tinh Alos đã dừng hoạt động vào năm 2011 vì trục trặc hệ thống điện tuy nhiên cơ quan nghiên cứu không gian Nhật thông báo sẽ phóng vệ tinh Alos thế hệ thứ 2 trong thời gian gần.



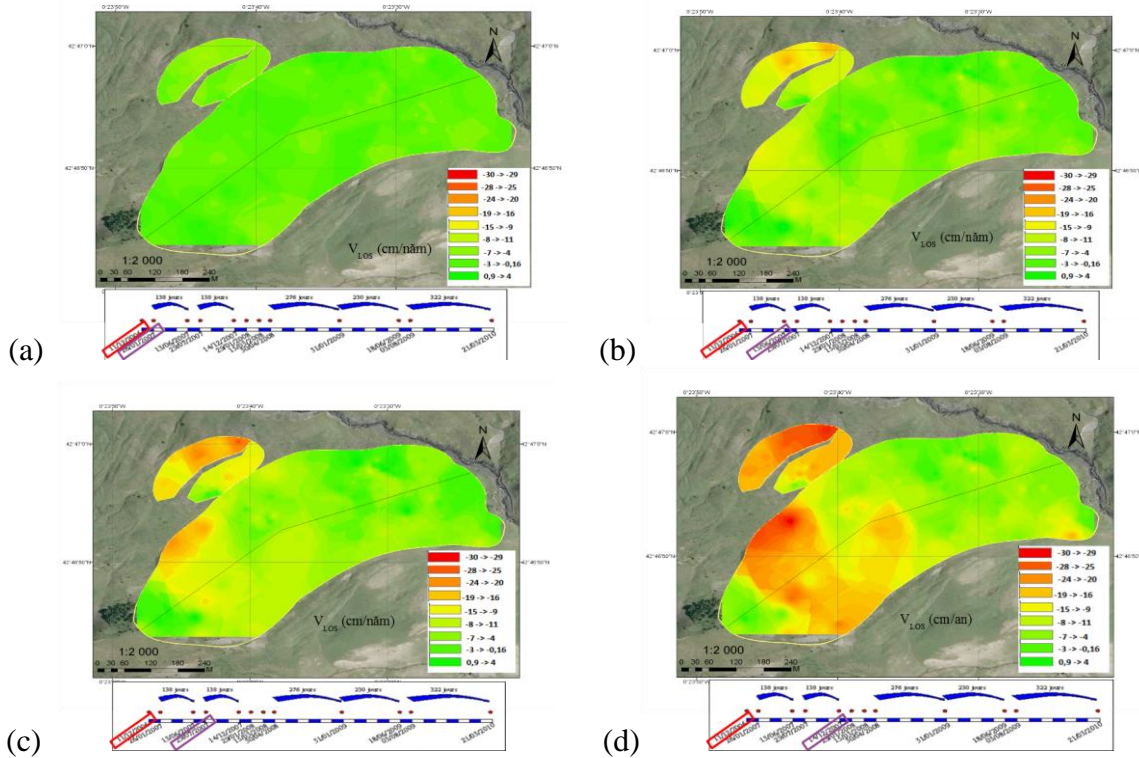
Hình 2. Sơ đồ quy trình tính PS bằng phương pháp SPN

Để tiến hành nghiên cứu thực nghiệm nhằm đánh giá khả năng ứng dụng của ảnh vệ tinh đa thời gian trong nghiên cứu trượt lở bờ dốc, chúng tôi đã thực hiện việc thu thập dữ liệu ảnh vệ tinh ALOS từ năm 2006 đến 2010 để theo dõi trượt lở Sexta. Trượt lở Sexta thuộc một trong những khu vực hoạt động địa chất mạnh mẽ nhất của dãy núi Pyrénées biên giới giữa Tây Ban Nha và Pháp. Trong khu vực này có đến hàng trăm khu vực bất ổn định bờ dốc với những kích thước và tốc độ dịch chuyển khác nhau. Chúng tôi chọn khu trượt lở Sexta vì nó có những hình thái địa chất địa hình đặc trưng: địa hình đa dạng, tồn tại nhiều dạng trượt khác nhau với tốc độ khác nhau, phá hủy trực tiếp đến con đường huyết mạch nối Pháp và Tây Ban Nha đồng thời ảnh hưởng đến các khu vực trượt tuyết xung quanh. Hình 3 thể hiện dữ liệu ALOS thu được tại khu vực nghiên cứu. Với số lượng 12 ảnh được chụp từ

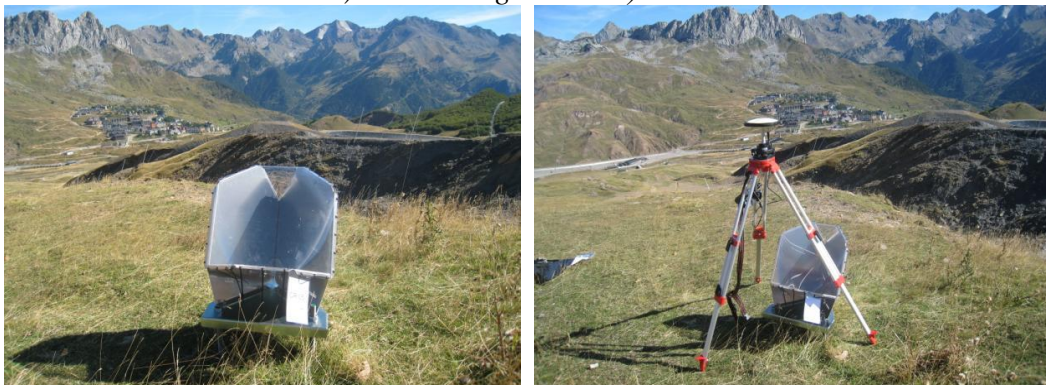
năm 2006 đến 2010, chúng tôi thu được 132 điểm PS cho khu vực trượt lở Sexta. Kết quả thể hiện trượt lở Sexta được chia thành 3 phần trượt nhỏ khác nhau với tốc độ trượt lớn nhất là 31cm/năm. Tiến hành nội suy để theo dõi biến động của trượt lở Sexta ta thấy rằng ở kết quả đầu tiên (hình 4a) sau 1 tháng quan trắc, sự biến động là rất nhỏ. Ở kết quả thứ 2 (hình 4b) sau 6 tháng quan trắc, sự biến động của trượt lở đã bắt đầu thể hiện, thời điểm này tốc độ trượt lớn nhất vào khoảng 20cm/năm. Sau 1 năm quan trắc (hình 4d) tốc độ trượt lúc này đạt 30cm/năm. Ta cũng có thể thấy rằng 2 phần trượt nhỏ hoạt động mạnh mẽ hơn phần trượt lớn chính và đối với phần trượt lớn chính, phía trên của sườn dốc hoạt động mạnh mẽ hơn phía chân sườn dốc. Như vậy việc sử dụng ảnh vệ tinh Alos đa thời gian để nội suy giúp chúng ta hiểu rõ hơn và mô hình hóa được hoạt động của trượt lở sườn dốc.



Hình 3. 132 điểm PS thu được từ 12 ảnh Alos được chụp từ năm 2006-2010 (VEL : Tốc độ trượt lở)



Hình 4. Kết quả nội suy diễn biến trượt lở Sexta. Ảnh a) sau 1 tháng, ảnh b) sau 6 tháng, ảnh c) sau 8 tháng và ảnh d) sau 1 năm



Hình 5. Điểm phân xạ nhân tạo đối với ảnh vệ tinh Radar

4. Kết luận

Việc sử dụng tư liệu ảnh vệ tinh đa thời gian giúp chúng ta có thể hiểu rõ hơn và mô hình hóa được tiến trình hoạt động của trượt lở sườn dốc. Đồng thời, dựa vào tư liệu ảnh Alos nói riêng và tư liệu ảnh Radar nói chung chúng ta có thể tính toán được tốc độ trượt sườn dốc ở những thời điểm nhất định kể cả đối với những biến động rất nhỏ (cm/năm). Tuy nhiên phương pháp này cũng có nhiều hạn chế cần khắc phục như: khả năng quan trắc được biến động bằng tư liệu ảnh Alos phụ thuộc nhiều vào việc chọn lựa tư liệu ảnh với các quỹ đạo bay phù hợp với khu vực cần quan trắc. Đối với các khu vực bị thực phủ che lấp, không có những điểm ổn định (PS) có thể được quan trắc ở nhiều thời điểm khác nhau hoặc kích thước của điểm PS không đủ lớn (đối với ảnh Alos điểm PS đòi hỏi phải lớn hơn $1m^3$) để có thể phản xạ trên ảnh thì phương pháp này không thể thực hiện được. Để khắc phục điều này chúng ta có thể lắp đặt các điểm phản xạ nhân tạo tại khu vực nghiên cứu như ví dụ trong hình 5, các điểm này đóng vai trò như điểm PS và tín hiệu phản xạ của các điểm là rất tốt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Arnaud A., Adam N., Hanssen R., Inglada J., Duro J., Closa J., và Eineder M., 2003. ASAR ERS interferometric phase continuity, IGARSS: Toulouse.
- [2]. Casson B., Delacourt C., và Allemand P. 2005. Contribution of multi-temporal remote sensing images to characterize landslide slip surface – Application to the La Clapière landslide (France), Natural Hazards and Earth System Sciences, số 5, tr. 425-437.
- [3]. Casson B., Delacourt C., Baratoux D., và Allemand P., 2003. Seventeen years of the "La clapière" landslide evolution analysed from ortho-rectified aerial photographs, Engineering Geology, số 68, tr. 123-139.
- [4]. Coe J. A., Ellis W.L., Godt J.W., Savage W.Z., Savage J.E., Michael J.A., Kibler J.D., Powers P.S., Lidke D.J., và Debray S., 2003. Seasonal movement of the Slumgullion landslide determined from Global Positioning System surveys and field instrumentation, July 1998-March 2002, Engineering Geology, số 68, tr. 67-101.
- [5]. Colesanti C. và Wasowski J., 2006. Investigating landslide with space-borne Synthetic Aperture Radar (SAR) interferometry, Engineering Geology, số 88, tr. 173-199.
- [6]. Corominas J. và Moya J., 1999a. Reconstructing recent landslide activity in relation to rainfall in the Llobregat River basin, Eastern Pyrenees, Spain, Geomorphology, số 30, tr. 79-93.
- [7]. Corominas J., Moya J., Ledesma A., Rius J., Gili J. A., và Lloret A., 1999c. Monitoring of the Vallcebre landslide, Eastern Pyrenees, Spain, in Slope stability engineering, Yamagami Yagi, Jiang, Editor: Balkema, Rotterdam. tr. 1239-1244.
- [8]. Corominas J., Moya J., Lloret A., Gili J.A., Angeli M.G., Pasuto A., và Silvano S., 1999b. Measurement of landslide displacements using a wire extensometer, Engineering Geology, số 55, tr. 149-166.
- [9]. Corsini A., Pasuto A., Soldati M., và Zannoni A., 2005. Field monitoring of the Corvara landslide (Dolomites, Italy) and its relevance for hazard assessment, Geomorphology, số 66, tr. 149-165.
- [10]. Ferretti A., Prati C., và Rocca F., 2001. Permanent Scatterers in SAR Interferometry, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, số 39, tr. 8-20.
- [11]. Gabriel A.K, Goldstein R.M, và Zebker H.A., 1989. Mapping small elevation changes over large areas - differential radar interferometry, Geophysical Journal International, số 94, tr. 9183-9191.
- [12]. Gili J.A., Corominas J., và Rius J., 2000. Using Global Positioning System techniques in landslide monitoring, Engineering Geology, số 55, tr. 167-192.
- [13]. Gourmelen N. và Amelung F., 2005. Postseismic Mantle Relaxation in the Central Nevada Seismic Belt, Science, số 310, tr. 1473-1476.
- [14]. Herrera G., Merodo F.J.A. , Mulas J., Pastor M., Luzi G., và Monserrat O., 2009a. A landslide forecasting model using ground based

- SAR data: The Portalet case study, *Engineering Geology*, số 105(3-4), tr. 220 - 230.
- [15]. Herrera G., Notti D., Davalillo J.C.G, Mora O., Cooksley G., Sanchez M., Arnaud A., và Crosetto M., 2009b. Analysis with C- and X-band satellite SAR data of the Portalet landslide area, *Landslide*.
- [16]. Malet J.-P., Maquaire O., và Calais E., 2002. The use of Global Positioning System techniques for the continuous monitoring of landslides: application to the Super-Sauze earthflow (Alpes-de-Haute-Provence, France), *Geomorphology*, số 43, tr. 33-54.
- [17]. Malet J. P., Hartig S., Calais E., và Maquaire O., 2000. Contribution of GPS to continuous monitoring of landslides. Application to the Super-Saute earthflow (Alpes-de-Haute-Provence, France), *Earth and Planetary Science, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*. tr. 175-182.
- [18]. Michel R. và Avouac J-P., 2006. Coseismic surface deformation from air photos: The Kickapoo step over in the 1992 Landers rupture, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, số 11, tr. 13.
- [19]. Michele M. và Briole P., 2007. Deformation between 1989 and 1997 at Piton de la Fournaise volcano retrieved from correlation of panchromatic airborne imag, *Geophysical Journal International*, số 169, tr. 357-364.
- [20]. Mora P., Baldi P., Casula G., Fabris M., Ghirotti M., Mazzini E., và Pesci A., 2002. Global Positioning Systems and digital photogrammetry for the monitoring of mass movements: application to the Ca' di Malta landslide (northern Apennines, Italy), *Engineering Geology*, số 68, tr. 103-121.
- [21]. Nguyen A.T., Saillard M., Darrozes J., Oliver M., Herrera G., Carlos G., Celestino G., Inmaculada A.F., Mulas P.J. Monod B, Soula J-C., và Courjaul-Radé P., 2013. Spatio-temporal evolution of Ground displacement of the Tena landslide (Spain), *Landslides: Science and Practice*, số 2, tr. 133-140.
- [22]. Petley D.N., Mantovani F., Bulmer M.H., và Zannoni A., 2005. The use of surface monitoring data for the interpretation of landslide movement patterns, *Geomorphology*, số 66, tr. 133-147.
- [23]. Rott H. và Nagler T., 2006. The Contribution of Radar Interferometry to the Assessment of Landslide Hazards, *Advances in Space Research*, số 37, tr. 710-719.
- [24]. Timothy D., Stark, và Hangseok Choi., 2008. Slope inclinometers for landslides, *Landslide*, số 5(339-350).

SUMMARY

Use the temporal images satellite for monitoring the inventories of displacements

Nguyen Anh Tuan, Hanoi University of Mining and Geology

This paper wants to present the method which uses the temporal Radar data to monitoring and modeling the inventories of displacements of slopes. By using the algorithm Point Stables Networks which were developed by Altamira Information Spain Company, we can calculate the velocities of displacements including the small displacement (cm/year) from there we can have solutions for the dangerous landslides.