

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG KỸ THUẬT INSAR TRONG XÁC ĐỊNH SỰ THAY ĐỔI BỀ MẶT ĐỊA HÌNH

NGUYỄN MINH HẢI, TRẦN VĂN ANH, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, kỹ thuật SAR giao thoa (Synthetic Aperture Radar Interferometry - InSAR) được ứng dụng ngày càng nhiều và mang lại kết quả đáng tin cậy trong đó có xác định mô hình số địa hình, xác định biến dạng bề mặt trái đất theo chiều thẳng đứng và chiều ngang. Tất cả những ứng dụng này đều dựa trên việc phân tích sự lệch pha của Radar giao thoa. Để xác định biến dạng bề mặt đất thì có thể sử dụng 2 ảnh hoặc 3 ảnh để tạo thành hai cặp giao thoa, trong đó có một cặp giao thoa địa hình còn cặp giao thoa kia có chứa địa hình và sự biến dạng địa hình. Biến dạng địa hình sẽ được xác định bằng cách loại bỏ phần giao thoa địa hình hoặc giảm nhỏ đến mức không còn đáng kể ở trên cặp giao thoa có chứa biến dạng. Bài báo nhằm giới thiệu khả năng ứng dụng kỹ thuật InSAR trong xác định lún bề mặt địa hình và minh họa kết quả thực nghiệm đạt được tại khu vực Hà Nội với ảnh TeraSAR- X đã xác định được khu vực KCN Bắc Thăng Long lún (-41mm/năm) trong khoảng thời gian 2012 đến 2013.

1. Mở đầu

Trước đây, việc xác định thay đổi bề mặt địa hình được thực hiện bằng việc đo thủy chuẩn và tính toán giá trị độ cao giữa các chu kỳ quan trắc. Việc quan trắc như vậy chỉ thực hiện cho các công trình mang tính chất cục bộ mà không xác định được sự thay đổi ở khu vực rộng lớn. Trong những năm gần đây, Radar độ mở tổng hợp SAR (Synthetic Aperture Radar) được phát triển khá mạnh với ưu thế cho phép thu ảnh có độ phân giải cao và từ ba ảnh thu được bởi kỹ thuật SAR, có thể xác định được sự thay đổi bề mặt địa hình dựa trên việc sử dụng thông tin pha của tín hiệu Radar.

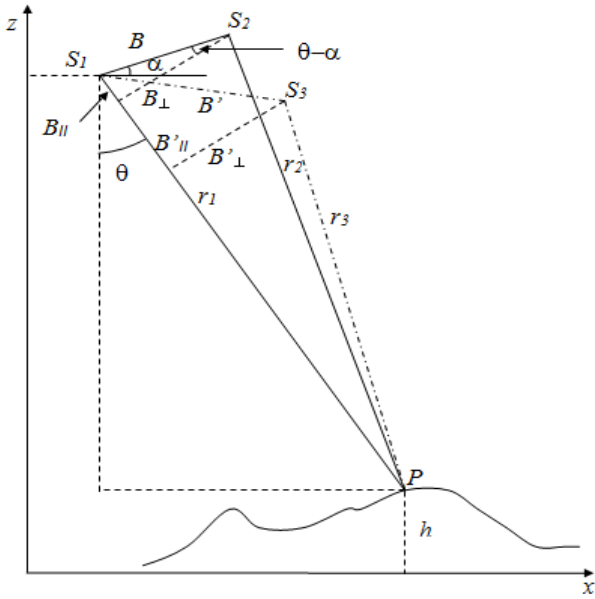
Trong trường hợp phân tích độ cao của địa hình chúng ta có thể xác định đường đáy ảnh chính là khoảng cách giữa hai lần ghi nhận ảnh và xác định giao thoa của cặp ảnh để tính ra độ cao địa hình. Trong những trường hợp khác như xác định biến dạng bề mặt đất thì có thể sử dụng 2 ảnh hoặc 3 ảnh để tạo thành hai cặp giao thoa, trong đó có một cặp giao thoa địa hình còn cặp giao thoa kia có chứa địa hình và sự biến dạng địa hình. Biến dạng địa hình sẽ được xác định bằng cách loại bỏ phần giao thoa địa hình hoặc giảm nhỏ đến mức không còn đáng kể ở trên cặp giao thoa có chứa biến dạng.

Trên thế giới có rất nhiều công trình khoa học nghiên cứu và ứng dụng ảnh Radar trong việc thành lập mô hình số độ cao DEM và xác

định biến dạng địa hình. Ở Việt Nam đã có một số công trình nghiên cứu như là: “Nghiên cứu ứng dụng phương pháp INSAR vi phân trong quan trắc lún đất do khai thác nước ngầm” của Viện Địa lý năm 2008-2009; “Nghiên cứu cơ sở khoa học và đề xuất giải pháp dự báo lún mặt đất thành phố Hà Nội bằng kỹ thuật ra-đa giao thoa”; mã số: ĐTĐL.2012-T/28 của viện Địa chất – Viện Hàn lâm và Khoa học Việt Nam...

2. Kỹ thuật InSAR

Kỹ thuật InSAR là công nghệ xử lý tín hiệu có thể liên kết hai ảnh được ghi nhận ở hai thời điểm khác nhau của cùng một khu vực để tạo thành pha giao thoa. Pha giao thoa đó sẽ bao gồm pha địa hình, pha tham chiếu và pha biến động. Vì vậy để có thể xác định được sự biến đổi của địa hình ta cần phải tìm cách nào đó để tách riêng pha biến động ra. Có một số phương pháp để tách riêng pha biến động (hay còn gọi là pha dịch chuyển của địa hình) ví dụ như các phương pháp Two-pass, Three-pass hay Four-pass. Phương pháp Two-pass sử dụng 1 DEM và 1 cặp ảnh giao thoa (thời điểm trước khi biến động và thời điểm sau biến động), phương pháp Three-pass là phương pháp sử dụng 3 ảnh ở 3 thời kỳ khác nhau trong đó có hai ảnh tạo thành cặp giao thoa dùng để tạo DEM, còn phương pháp Four-pass sử dụng 4 ảnh ở 4 thời điểm khác nhau. Trong phần thực nghiệm chúng tôi sử dụng phương pháp InSAR vi phân Three-pass.



Hình 1. Nguyên lý của phương pháp InSAR vi phân Three-pass

Phương pháp InSAR vi phân Three-pass lần đầu tiên được đề xuất bởi Zebker và cộng sự (1994)[7]. Trên hình 1 S_1, S_2, S_3 là ba thời điểm ghi nhận ảnh của vệ tinh Radar. Từ 3 ảnh ghi nhận này chúng ta có thể tạo được ra 2 cặp giao thoa. Giả sử rằng chỉ có một cặp giao thoa bị ảnh hưởng bởi dịch chuyển của địa hình, ví dụ như pha ϕ_{1-2} là pha giao thoa chỉ chứa yếu tố địa hình (bởi vì thời gian ghi nhận ảnh của hai thời điểm này rất gần nhau), còn ϕ_{1-3} là pha có chứa sự thay đổi của địa hình.

Pha địa hình sẽ nhận được bằng việc trừ hai pha giao thoa tạo được từ 3 ảnh được thu nhận tại 3 thời điểm nêu ở trên.

$$\phi_{1-2} = -\frac{4\pi}{\lambda} B \sin(\theta - \alpha) = -\frac{4\pi}{\lambda} B_{\parallel} \quad (1)$$

$$\phi_{1-3} = -\frac{4\pi}{\lambda} B' \sin(\theta - \alpha') + \frac{4\pi}{\lambda} \Delta r = -\frac{4\pi}{\lambda} (B'_{\parallel} - \Delta r) \quad (2)$$

trong đó:

$\phi_{1-2} = \Phi_1 - \Phi_2$ chứa pha địa hình và không có sự thay đổi địa hình

$\phi_{1-3} = \Phi_1 - \Phi_3$ có chứa pha biến đổi địa hình

α là góc nghiêng của đường đáy ảnh B

α' là góc nghiêng của đường đáy ảnh B'

B_{\parallel} là hình chiếu của B trên hướng nhìn

B'_{\parallel} là hình chiếu của B' trên hướng nhìn

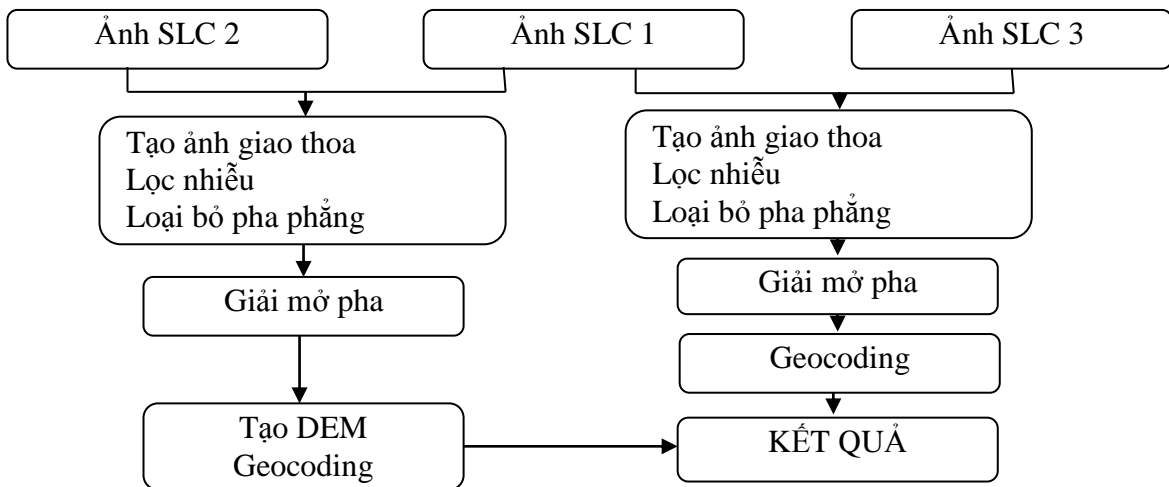
Δr là thành phần dịch chuyển song song với nguồn phát radar

Nếu gọi $\Delta\phi$ là pha thay đổi của địa hình ta sẽ có công thức

$$\Delta\phi = \phi_{1-3} - \left(\frac{B'_{\parallel}}{B_{\parallel}} \right) \phi_{1-2} \quad (3)$$

Sau đó ta sẽ có được mối quan hệ giữa pha thay đổi $\Delta\phi$ và khoảng thay đổi địa hình do vậy chúng ta thu được Δr như sau:

$$\Delta r = \frac{\lambda}{4\pi} \Delta\phi = \left(\frac{\lambda}{2} \right) \left(\frac{\Delta\phi}{2\pi} \right) \quad (4)$$



Hình 2. Sơ đồ quy trình xử lý kỹ thuật xác định sự thay đổi địa hình

- Hai ảnh SAR kết hợp tạo ảnh SAR giao thoa để cung cấp thông tin về chiều thứ ba (độ cao) của vật thể và đo sự dịch chuyển của vật thể giữa các lần thu nhận ảnh.

- Lọc nhiễu và làm phẳng pha cho ảnh giao thoa nhằm giúp cho việc giải bài toán mở pha dễ dàng hơn.

- Giải mở pha: khi giao thoa làm mất đi một số nguyên lần chu kỳ trong giá trị pha đo được, nên việc phục hồi chính xác số chu kỳ bị mất là vấn đề quan trọng cho các nghiên cứu về biến dạng, thành lập mô hình độ cao số, thành lập bản đồ địa hình... độ chính xác phụ thuộc vào phương pháp giải bài toán mở pha.

3. Kết quả thực nghiệm

3.1. Giới thiệu về khu vực nghiên cứu

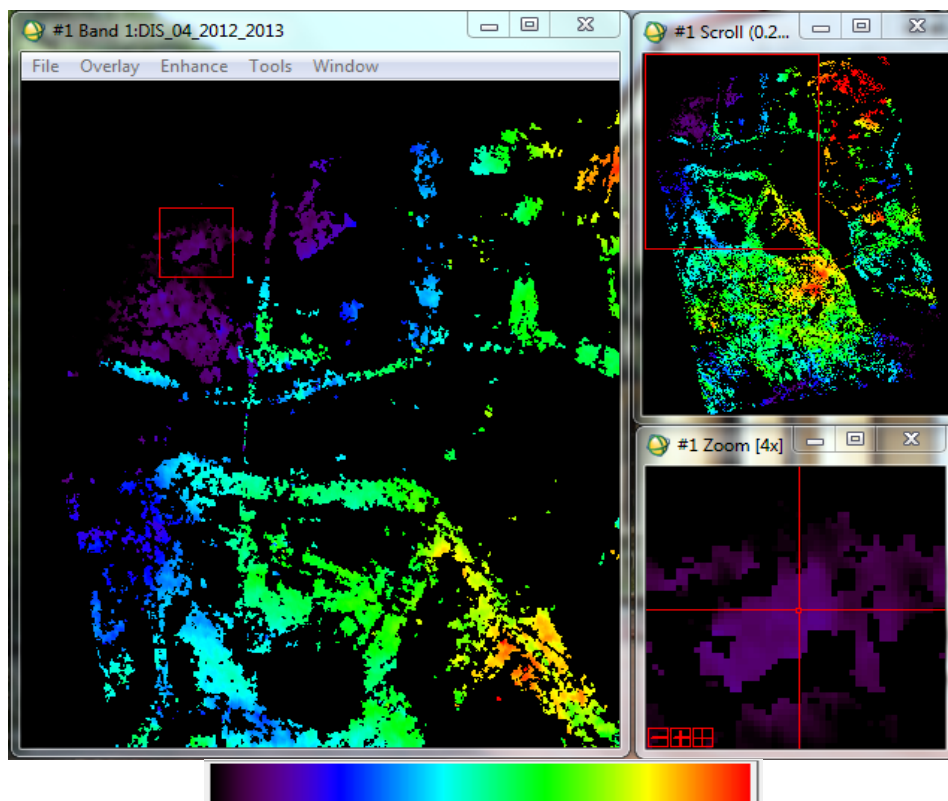
Nằm chệch về phía tây bắc của trung tâm vùng đồng bằng châu thổ sông Hồng, Hà Nội có

vị trí từ 20°53' đến 21°23' vĩ độ Bắc và 105°44' đến 106°02' kinh độ Đông, tiếp giáp với các tỉnh Thái Nguyên, Vĩnh Phúc ở phía Bắc; Hà Nam, Hòa Bình phía Nam, Bắc Giang, Bắc Ninh và Hưng Yên phía Đông; Hòa Bình cùng Phú Thọ phía Tây.

Địa hình Hà Nội nghiêng thấp dần từ tây bắc xuống phía Đông Nam, đó cũng là hướng dốc chung của vùng sườn núi Ba Vì và Tam Đảo. Nếu không kể vùng đồi - núi thuộc dãy Tam Đảo và Ba Vì thì bề mặt Hà Nội chủ yếu là địa hình vùng đồng bằng thấp, trong đó khu vực trung tâm thành phố có địa hình khá thấp.

3.2. Kết quả

Ba ảnh được chụp vào ngày 10/04/2012, 26/06/2012 và 30/04/2013 của vệ tinh TerraSAR-X của Đức (2007) được lựa chọn đưa vào xử lý bằng phần mềm SARscape 4.3.

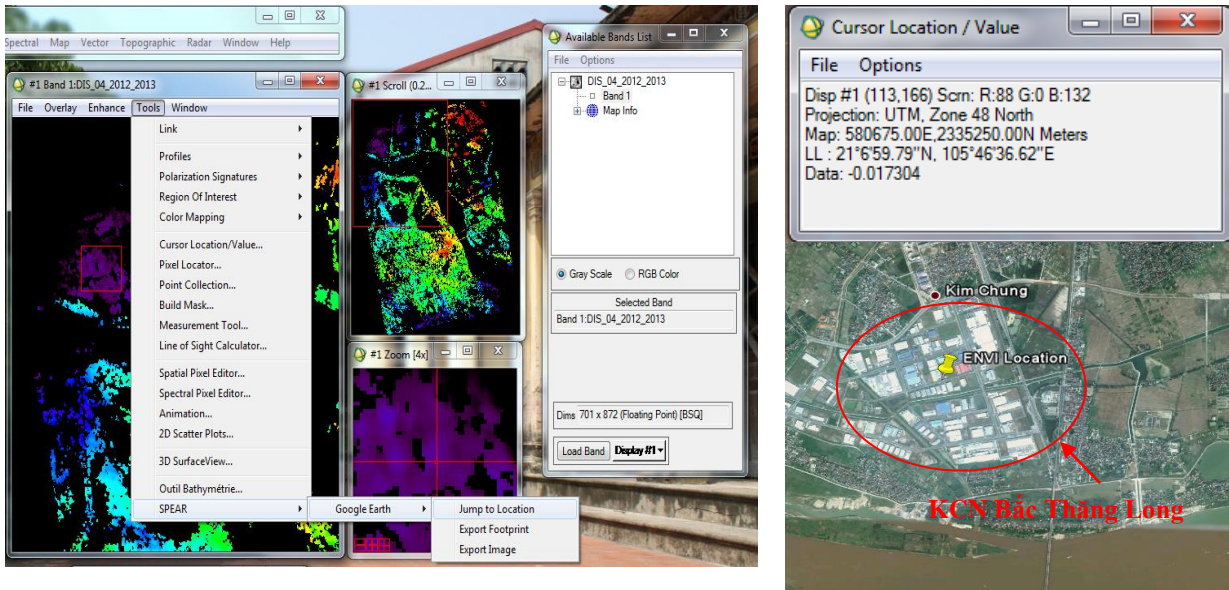


-41mm

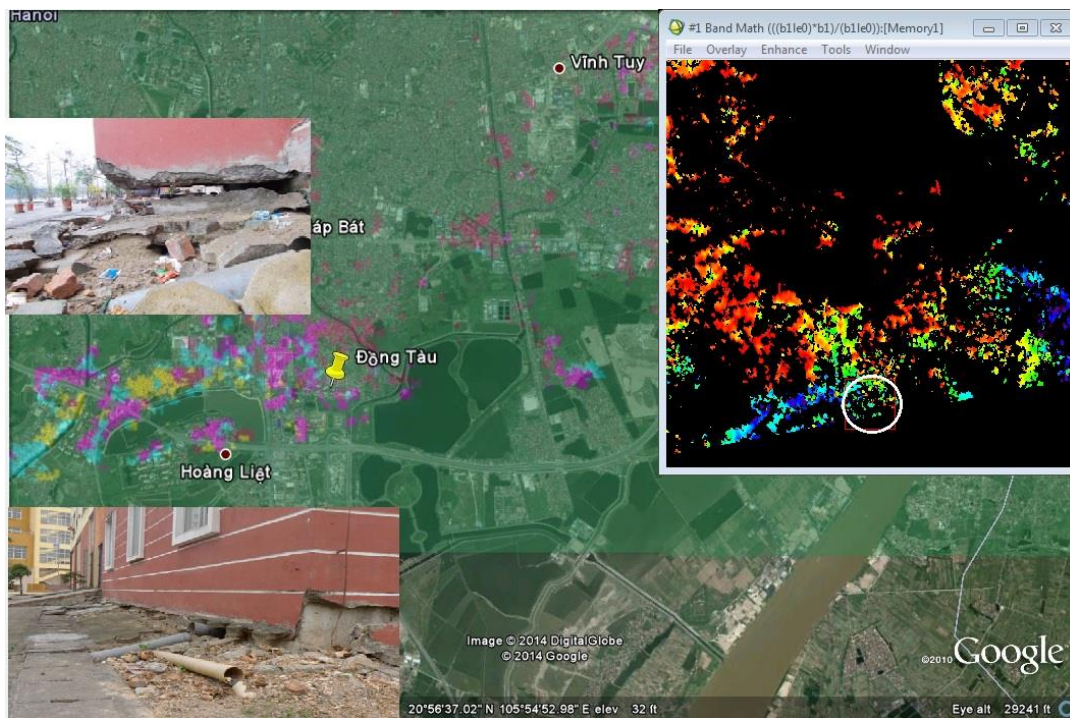
+30mm

Hình 3. Kết quả xác định sự thay đổi bề mặt địa hình

Một số khu vực có màu đen, không có giá trị do khu vực đó bị mất tương quan giữa các ảnh, còn một số khu vực tương quan tốt chỉ ra kết quả thực nghiệm khu vực Hà Nội có sự thay đổi bề mặt địa hình tương đối nhỏ, ví dụ lún (-41mm/năm) của khu vực KCN Bắc Thăng Long (hình 4) trong khoảng thời gian 2012 đến 2013.



Hình 4. Xuất vị trí có sự thay đổi bề mặt địa hình sang Google Earth



Hình 5. Khu đô thị Đồng Tàu lún 14 mm năm 2012- 2013

Trong quá trình tiến hành thực nghiệm nhóm nghiên cứu có kết hợp kết quả nghiên cứu lún khu vực Hà Nội giai đoạn 2007- 2011 của nghiên cứu sinh Đặng Vũ Khắc. Kết quả tìm ra cho thấy những vị trí lún trên khu vực Hà Nội năm 2012- 2013 tương đối giống với dự đoán mà nghiên cứu sinh Đặng Vũ Khắc đưa ra trong nghiên cứu của mình.

Các công trình nghiên cứu trước đây tại khu vực thực nghiệm chủ yếu sử dụng tư liệu ảnh Radar của vệ tinh ALOS PALSAR [5] và ENVISAT đã cho thấy ưu điểm của kỹ thuật InSAR trong xác định biến dạng bề mặt địa hình. Từ kết quả nghiên cứu trong phần thực nghiệm thấy rằng có thể sử dụng ảnh Radar kênh X cho việc xác định biến dạng bề mặt địa hình.

Kênh X với bước sóng từ 2,4- 3,8 cm trong kỹ thuật InSAR thì cho mức độ chi tiết về địa hình cao hơn so với những ảnh ở bước sóng dài nhưng chúng lại rất dễ bị mất tương quan giữa các ảnh, do đó cần phải lựa chọn các cặp ảnh gần giống nhau về các điều kiện (khí quyển, thời gian,...).

4. Kết luận

Kỹ thuật InSAR đã mở ra khả năng quan trọng cho việc xác định thay đổi bề mặt địa hình. Kết quả ban đầu thu được sau xử lý cho thấy có thể sử dụng ảnh Radar kênh X. Tuy nhiên, sự thành công của kỹ thuật phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác như bộ cảm SAR, đường dây, sự tương quan, lời giải bài toán mở pha... Bài báo đã chỉ ra kết quả thực nghiệm khu vực Hà Nội có sự thay đổi bề mặt địa hình tương đối nhỏ, ví dụ lún (-41mm/năm) của khu vực KCN Bắc Thăng Long trong khoảng thời gian 2012 đến 2013, những kết quả đạt được hy vọng góp phần đáng cho các cơ quan quản lý và các tổ chức xã hội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ahrens, C. D., 1994. *Meteorology Today*, 5th ed., West Publ., Minneapolis/St.Paul, Minn.
[2]. Goldstein, R. M, H. Engelhardt, B. Kamb, and R. M. Frolich, 1993. Satellite radar interferometry for monitoring ice sheet motion,

Application to an Antarctic ice stream, *Science*, 262, 1525-1530.

[3]. Goldhirsh, J., and J.R. Rowland, 1982. A tutorial assessment of atmospheric height uncertainties for high-precision satellite altimeter mission to monitor ocean currents, *IEEE Trans, Geosci. Remote sens*, GE-20(4), 418-433.

[4]. Lee, J. S., Hoppel, K. W., Mango, S. A. and Miller, A. R., 1994. Intensity and phase statistics of multilook polarimetric and interferometric SAR imagery, *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic System*, 32(5), pp. 1017-1028.

[5]. Tran. V. A, Shinji. M, Venkatesh. R and Kiyoji. S, 2007. Spatial Distribution of subsidence in Hanoi detected by JERS-1 SAR Interferometry. *Geoinformatics*, vol.18. no.1, pp 3-13.

[6]. Zebker, H.A., Rosen, P.A. and Hensley, S., 1997. Atmospheric effects in interferometric synthetic aperture radar surface deformation and topographic maps, *Journal of Geophysical Research*, 102(B4), pp.7547-7563.

[7] Zebker, H. A., Rosen, P. A., Goldstein, R. M., Gabriel, A. and Werner, C. L., 1994. On the derivation of coseismic displacement fields using differential radar interferometry: The Landers earthquake, *Journal of Geophysical Research*, 99(B), pp.19617-1963.

SUMMARY

Research application of the InSAR technology for determining changes in surface topography

Nguyen Minh Hai, Tran Van Anh, Hanoi University of Mining and Geology

In recent years, the Synthetic Aperture Radar Interferometry (InSAR) is widely applied and it provides reliable results for determining Digital Elevation Model, and vertical and horizontal land deformation. All these applications are based on the analysis of the phase difference between two pairs of Radar interferometry. To determine the surface deformation, we can use 2 or 3 photo images to form two pairs of interference, including a pair for determining interference topography while the another pair for determining interferometer containing topography and topography deformation. Topography deformation will be determined by removing the interference pattern topography or minimized to the extent not substantially interfering in the pair contains deformation. This paper introduces InSAR technique in determining surface subsidence and experimental result in Hanoi city with TeraSAR-X images has identified areas of North Thang Long Industrial subsidence (-41mm/ year) during the period 2012 to 2013.