

NGHIÊN CỨU THÀNH LẬP MÔ HÌNH SỐ ĐỘ CAO (DEM) TỪ DỮ LIỆU ẢNH RADAR GIAO THOA SỬ DỤNG PHẦN MỀM MÃ NGUỒN MỞ NEST VÀ SNAPHU

Nguyễn Bá Duy¹

¹ Khoa Trắc Địa, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Thông tin chung:

Ngày nhận: 14/11/2014

Ngày chấp nhận: 26/02/2015

Title:

Studying on the Interferometry SAR (InSAR) technique for Digital Elevation Model (DEM) generation using Open source Software NEST and SNAPHU

Từ khóa:

Radar giao thoa, Phần mềm mã nguồn mở, Mô hình số độ cao, NEST, SNAPHU

Keywords:

InSAR, Open source software, DEM, NEST, SNAPHU

ABSTRACT

This paper conducted research on current state of application of open source softwares NEST and SNAPHU for DEM generation from InSAR pair images. Experimental results showed that the open source softwares have suitable functionalities for DEM generation with high relative accuracy. However, they do have some limitations in processing speed (for the case of NEST), interfaces and operating system problems (for the case of SNAPHU).

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu khả năng ứng dụng phần mềm mã nguồn mở (phần mềm hoàn toàn miễn phí) NEST và SNAPHU trong thành lập DEM từ dữ liệu ảnh radar giao thoa ERS1/2. Kết quả xử lý cho thấy, hai phần mềm mã nguồn mở NEST và SNAPHU cung cấp đầy đủ các chức năng để xử lý cặp ảnh radar giao thoa, sản phẩm DEM được thành lập với độ chính xác đạt yêu cầu. Mặc dù vậy, chúng cũng có những hạn chế nhất định về tốc độ xử lý (phần mềm NEST), giao diện và hệ điều hành (phần mềm SNAPHU).

1 GIỚI THIỆU

Mô hình số độ cao (Digital Elevation Model - DEM) ngày càng được sử dụng nhiều cho các mục đích nghiên cứu khác nhau và được coi là một dữ liệu đầu vào quan trọng của hệ thống tin địa lý (Geographic Information System- GIS) (F. David and Ph.D. Maune, 2007). Theo các phương pháp truyền thống, DEM được xây dựng chủ yếu bằng phương pháp nội suy từ đường bình độ của bản đồ địa hình (dạng số) trong một số phần mềm chuyên dụng như Sufer, Global Mapper, ArcGIS, Vertical Mapper... Ngoài ra, DEM còn được xây dựng bằng cách sử dụng các kỹ thuật quan sát lập thể từ cặp ảnh hàng không, cặp ảnh lập thể vệ tinh hay từ dữ liệu đo đạc trực tiếp địa hình ngoài thực địa.

Thực tế sản xuất cho thấy, dữ liệu DEM được xây dựng từ các phương pháp này thường đòi hỏi khối lượng thời gian nhất định để thu thập và xử lý dữ liệu đo, tốn kém về kinh phí, chất lượng DEM phụ thuộc hoàn toàn vào chất lượng của bản đồ số địa hình, chất lượng của tư liệu ảnh sử dụng. Trong những năm gần đây, một phương pháp mới đã được phát triển để thành lập DEM, đó là phương pháp tạo DEM từ cặp ảnh radar giao thoa (Interferometric Synthetic Aperture Radar - InSAR), hay còn được gọi là kỹ thuật radar giao thoa (ESA Publications, 2008). Kỹ thuật này sử dụng cặp ảnh radar chụp cùng một khu vực ở hai vị trí khác nhau từ cùng một ăng-ten (ở hai thời điểm khác nhau) hoặc từ 2 ăng-ten được đặt trên cùng một vệ tinh. Thông tin được mã hóa trong mỗi

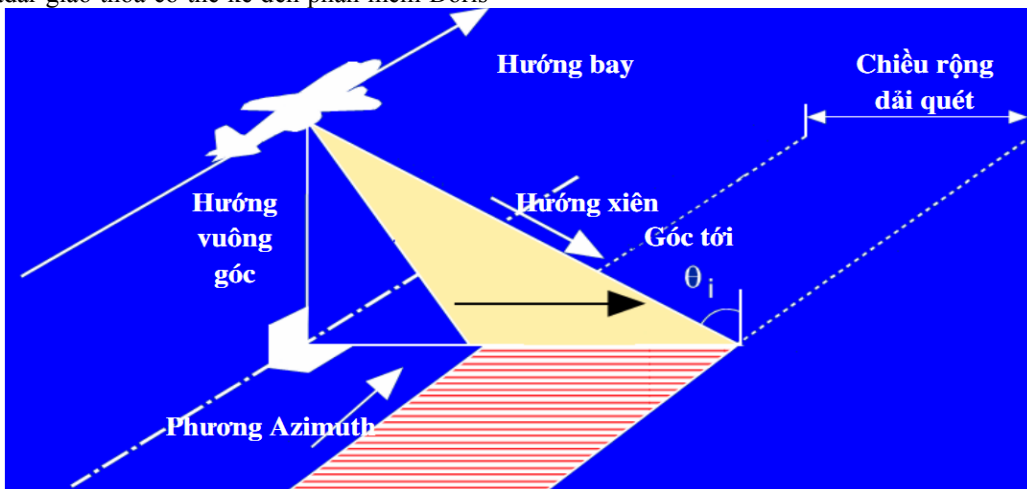
pixel của ảnh radar bao gồm hai thành phần, đó là thành phần cường độ (ghi nhận thông tin tán xạ từ đối tượng) và thành phần pha (ghi nhận thông tin về khoảng cách từ bộ cảm đến đối tượng). Thành phần pha chính là chìa khoá của kỹ thuật radar giao thoa. Viễn thám radar là hệ thống viễn thám chủ động, có khả năng thu nhận ảnh cả ngày lẫn đêm, trong mọi điều kiện thời tiết, đa dạng về độ phân giải, độ phủ trùm lớn (từ hàng chục km² đến hàng trăm km²). Với những ưu điểm nổi trội này, có thể coi viễn thám radar là công cụ hữu hiệu cung cấp nguồn tư liệu viễn thám phục vụ các mục đích trong quan trắc bề mặt trái đất nói chung và mục đích thành lập DEM nói riêng (Askne, Dammert, Ulander, & Smith, 1997; Eineder, 2003; Ferraiuolo, Meglio, Pascazio, & Schirinzzi, 2009; Rabus, Eineder, Roth, & Bamler, 2003). Cùng với sự ra đời và phát triển của viễn thám radar, hệ thống các phần mềm xử lý ảnh radar cũng được xây dựng và phát triển, phần lớn các phần mềm xử lý ảnh radar nói chung và ảnh radar giao thoa nói riêng đều là các phần mềm thương mại rất đắt tiền như Gama (GAMMA Remote Sensing Research and Consulting AG), SARscape (sarmap SA), hay WInSAR (The Western North America InSAR). Đối với những người làm công tác nghiên cứu và giảng dạy trong các trường Đại học, Cao đẳng ở Việt Nam thì chi phí để mua các phần mềm bản quyền và duy trì chúng là một trở ngại lớn. Trong những năm gần đây, cộng đồng các nhà nghiên cứu và lập trình viên trong lĩnh vực viễn thám trên thế giới đã cộng tác và cho ra đời những phần mềm mã nguồn mở (miễn phí) với những chức năng gần như không thua kém các phần mềm thương mại. Cụ thể, các phần mềm mã nguồn mở trong xử lý ảnh radar giao thoa có thể kể đến phần mềm Doris

(Delft Institute of Earth Observation and Space Systems), ROI_PAC (Repeat Orbit Interferometry PACKage), hay NEST và SNAPHU. Xét tổng thể về cả chức năng, giao diện và tốc độ xử lý thì sự kết hợp giữa phần mềm Nest và phần mềm Snaphu có ưu điểm nổi trội hơn cả. Do đó, mục tiêu của bài báo là nghiên cứu khả năng áp dụng phần mềm mã nguồn mở NEST và SNAPHU trong thành lập DEM hình số độ cao DEM từ việc xử lý cặp ảnh radar giao thoa. Để đánh giá độ chính xác của DEM kết quả, tác giả đã sử dụng mô hình số độ cao DEM được thành lập từ cặp ảnh lập thể hàng không cùng khu vực. Để đánh giá khả năng ứng dụng của hai phần mềm NEST và SNAPHU, tác giả đã sử dụng phần mềm thương mại SARscape để xử lý cùng cặp ảnh lập thể radar. Kết quả so sánh cho thấy DEM được thành lập có độ chính xác đạt yêu cầu, các chức năng hỗ trợ, yêu cầu về cấu hình máy tính và tốc độ xử lý gần tương đương với phần mềm SARscape. Mặc dù còn một số hạn chế về giao diện sử dụng, tốc độ xử lý và không có chức năng xử lý ảnh ở level 0, tuy nhiên phần mềm NEST và SNAPHU có ưu điểm nổi trội về giá thành (miễn phí) và không yêu cầu về phần mềm hỗ trợ (SARscape chạy trên nền của phần mềm ENVI).

2 PHƯƠNG PHÁP KỸ THUẬT

2.1 Viễn thám Radar

Viễn thám radar là hệ thống chủ động, bộ cảm chủ động phát và thu nhận năng lượng tán xạ ngược trong vùng sóng siêu cao tần. Viễn thám radar hoạt động với hệ thống anten cố định được lắp đặt trên máy bay hoặc vệ tinh viễn thám. Nguyên tắc hoạt động của hệ thống này được mô tả như Hình 1 dưới đây.



Hình 1: Nguyên tắc hoạt động của viễn thám radar

Do việc thu nhận dữ liệu ảnh radar theo phương xiên, vì vậy ảnh radar có một số đặc trưng hình học riêng biệt: đặc trưng về biến dạng về tỷ lệ ảnh do chụp nghiêng, đặc trưng về xê dịch vị trí điểm ảnh do chênh cao địa hình, thị sai ảnh, đốm ảnh, và biến đổi độ sáng trên ảnh. Độ phân giải của ảnh radar được đặc trưng bởi độ phân giải phương vị (độ phân giải dọc theo hướng bay – Azimuth) và độ phân giải theo hướng thu phát tín hiệu (độ phân giải ngang với hướng bay – Range). Độ phân giải theo hướng thu phát tín hiệu là khả năng phân cách giữa 2 đối tượng không gian nằm gần nhau theo hướng tầm. Nó được xác định bằng chiều dài xung của năng lượng sóng radar truyền đi và góc nhìn (góc tới).

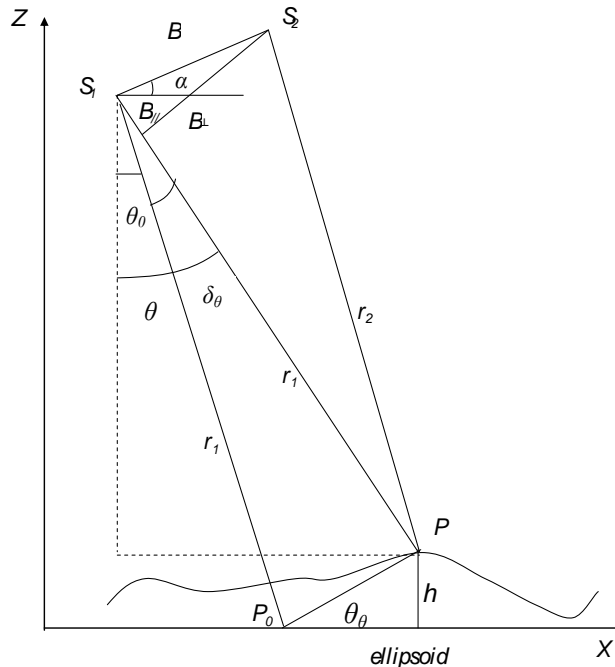
$$R(x) = \frac{\tau \cdot c}{2 \cos \theta_d} \tag{1}$$

Trong đó: $R(x)$ là độ phân giải theo hướng thu phát tín hiệu, τ là thời gian cho 1 độ dài của 1 xung, θ_d là góc hạ. Độ phân giải theo phương vị phụ thuộc vào chiều dài anten. Anten dài hơn, bước sóng ngắn hơn thì độ phân giải sẽ cao. Ví dụ, để đạt được độ phân giải theo phương vĩ 10 m với dải băng C (bước sóng $\lambda = 5.6$ cm) từ vệ tinh có độ cao 800 km thì chiều dài của anten đòi hỏi phải trên 3 km, điều này là không thể. Để khắc phục nhược điểm này hay để nâng cao độ chính xác trong việc

thu nhận ảnh có độ phân giải cao, người ta đã sử dụng hệ thống radar độ mở tổng hợp (SAR - Synthetic Aperture Radar). Trong các hệ thống Radar, SAR thường được sử dụng trong lĩnh vực viễn thám. SAR là hệ thống thu ảnh ghi lại thông tin cả về pha và cường độ của tín hiệu sóng phản xạ của tất cả các đối tượng nằm trong độ phân giải của 1 pixel tương ứng trên mặt đất. Thông tin trong mỗi ảnh SAR bao gồm một ma trận đều thể hiện các giá trị tổng hợp (giá trị phức), chúng gồm 2 thành phần là biên độ A và pha Φ . Biên độ cung cấp thông tin về mức độ gồ ghề bề mặt của các đối tượng phản xạ, trong khi pha bao gồm một phần các xung tán xạ và một phần truyền qua chứa đựng các thông tin hữu ích về bề mặt và hướng đường truyền của xung.

2.2 Cơ sở toán học của kỹ thuật radar giao thoa

Radar giao thoa (InSAR) là kỹ thuật xử lý tín hiệu số từ ít nhất 2 ảnh SAR (hoặc nhiều hơn) chụp cùng một khu vực ở các thời điểm khác nhau. InSAR hoạt động dựa trên nguyên tắc chiết tách độ lệch pha giữa hai ảnh chụp cùng một khu vực ở 2 vị trí khác nhau để xác định sự chênh lệch độ dài đường truyền của các sóng radar. Sự chênh lệch độ dài đường truyền của các sóng radar có liên quan đến các thông số quan trọng như độ cao địa hình, sự biến dạng bề mặt trái đất và nhiễu của khí quyển (Goldstein *et al.*, 1988).



Hình 2: Cơ sở hình học của kỹ thuật InSAR

L.Joughin I.,R. Kwok and M. Fahnestock, 1996

Hình 2 minh họa cấu trúc hình học cơ bản của kỹ thuật InSAR. Hai hệ thống radar S_1 (Master) và S_2 (Slave) chủ động phát sóng xuống cùng một khu vực trên mặt đất. B là khoảng cách giữa 2 anten hay gọi là đường đáy (Baseline), θ là góc tới (góc nhìn), r_1 và r_2 là cự ly nghiêng từ anten tới điểm P trên mặt đất và α là góc tạo bởi đường đáy và đường chân trời. Nếu không có biến dạng bề mặt xảy ra giữa hai hệ thống thu nhận ảnh radar, các giá trị pha ghi nhận được Φ_1 và Φ_2 trong 2 ảnh chụp từ hai hệ thống radar đối với điểm P có thể được xem là tương đương với tổng của các thành phần khác nhau.

$$\Phi_1 = \frac{2r_1}{\lambda} 2\pi + \Phi_{atm1} + \Phi_{scat1} + \Phi_{noise} \quad (2)$$

$$\Phi_2 = \frac{2r_2}{\lambda} 2\pi + \Phi_{atm2} + \Phi_{scat2} + \Phi_{noise} \quad (3)$$

Trong đó: $\frac{2r_1}{\lambda} 2\pi$ và $\frac{2r_2}{\lambda} 2\pi$ là đại lượng gây ra chậm (trễ) pha do khoảng cách đường truyền $2r_1$ và $2r_2$ từ bộ cảm biến S_1 và S_2 đến mục tiêu P trên mặt đất và phản xạ ngược lại.

– Φ_{atm1} và Φ_{atm2} là đại lượng hiệu chỉnh pha do sự thay đổi điều kiện khí quyển giữa hai lần nhận ảnh.

– Φ_{scat1} và Φ_{scat2} là hệ số tán xạ do sự tương tác giữa sóng radar với các thành phần tán xạ phức tạp trên bề mặt.

– Hệ số nhiễu phụ Φ_{noise}

Giả sử hai ảnh được chụp trong điều kiện khí quyển và sóng phản xạ ngược trở lại của các đối tượng trên mặt đất là như nhau, $\Phi_{atm1} = \Phi_{atm2}$ và $\Phi_{scat1} = \Phi_{scat2}$, khi đó giá trị pha giao thoa sẽ được viết như sau:

$$\varphi = \Phi_1 - \Phi_2 = \frac{4\pi}{\lambda} (r_1 - r_2) = \frac{4\pi}{\lambda} \delta r \quad (4)$$

Trong đó δr là độ lệch thay đổi theo phương xiên (Light of sight - LOS) giữa r_1 và r_2 .

Áp dụng định luật cosin cho tam giác S_1S_2P , chúng ta có:

$$r_2^2 = r_1^2 + B^2 - 2r_1B \sin(\theta - \alpha) \quad (5)$$

Từ phương trình (5), ta có:

$$\sin(\theta - \alpha) = \frac{r_1^2 - r_2^2 + B^2}{2r_1B} = \frac{(r_1 - r_2)(r_1 + r_2)}{2r_1B} + \frac{B}{2r_1} \quad (6)$$

Với $r_1 + r_2 \approx 2r_1$ và $r_1 \gg B$, từ phương trình (6) chúng ta có phương trình gần đúng sau:

$$\delta r = r_1 - r_2 \approx B \sin(\theta - \alpha) \quad (7)$$

Khi đó, phương trình (4) trở thành:

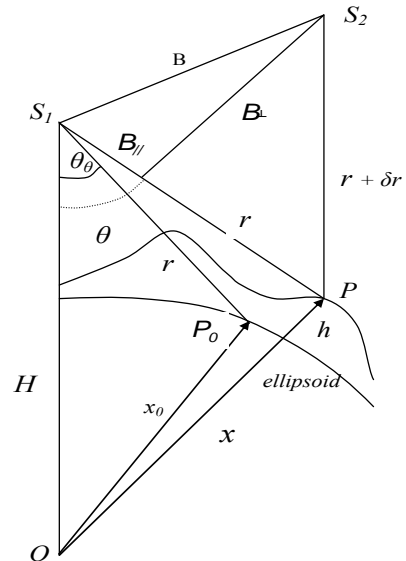
$$\phi = \frac{4\pi}{\lambda} B \sin(\theta - \alpha) \quad (8)$$

Đạo hàm từng phần của pha theo r ta được:

$$\frac{\partial \phi}{\partial r} \approx \frac{4\pi}{\lambda} B \cos(\theta - \alpha) \frac{\partial \theta}{\partial r} \quad (9)$$

Từ công thức (9) ta thấy độ lệch pha phụ thuộc vào 2 yếu tố: thành phần vuông góc của đường đáy $B_{\perp} = B \cos(\theta - \alpha)$ và đạo hàm của góc tới theo r ($\partial \theta / \partial r$), trong đó đường đáy trực giao luôn thay đổi theo độ xiên của góc tới đối với mỗi ảnh SAR khác nhau. Sự thay đổi của góc tới thường tăng lên với độ nghiêng của hướng quét, do vậy $\partial \theta / \partial r > 0$. Tuy nhiên, khi độ dốc của địa hình lớn hơn góc tới, việc tăng góc tới sẽ không tạo ra độ nghiêng hướng quét (Price and Sandwell, 1998). Để thấy được mối quan hệ giữa pha giao thoa với địa hình, chúng ta xem xét điểm P_0 nằm ở vị trí cùng phương với điểm P trên mặt elipxoit tham chiếu (Hình 2c). Áp dụng định luật cosin cho tam giác S_1P_0 trong Hình 2.4, góc tới θ cho điểm P mặt đất được biểu diễn như sau:

$$\cos \theta = \frac{H^2 + r^2 - x^2}{2rH} \quad (10)$$



Hình 3: Cơ sở hình học của viễn thám radar gắn với 2 quỹ đạo bay của vệ tinh

D.E. Alsdorf and L.C. Smith, 1996

Trong Hình 3, r là khoảng cách nghiêng từ bộ cảm biến S₁ đến điểm P, H là khoảng cách từ bộ cảm biến S₁ đến tâm trái đất và x là khoảng cách từ điểm P đến tâm trái đất, x₀ là bán kính trái đất của elipxoit tham chiếu, θ₀ là góc tới. Khi đó, sử dụng định luật cosin chúng ta tìm ra:

$$\cos \theta_0 = \frac{H^2 + r^2 - x_0^2}{2rH} \quad (11)$$

Sử dụng công thức (11) và (8), chúng ta tính pha giao thoa φ₀ theo điểm P₀, gọi là pha phẳng (flat earth phase) như sau:

$$\varphi_0 \approx \frac{4\pi}{\lambda} B \sin(\theta_0 - \alpha) \quad (12)$$

Khoảng cách thực tế x luôn lớn hơn bán kính elipsoid tham chiếu x₀, độ lệch x - x₀ cung cấp giá trị độ cao hình học. Pha do ảnh hưởng của địa hình thực tế φ(x) có thể được triển khai theo dãy số Taylor theo x₀:

$$\begin{aligned} \varphi(x) &= \varphi(x_0) + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)_0 (x - x_0) \\ &+ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}\right)_0 (x - x_0)^2 + \dots \end{aligned} \quad (13)$$

Trong đó, φ(x₀) là pha phẳng; φ₀ cho bởi công thức (12). Vì đạo hàm cấp hai là rất nhỏ, nên φ(x) được xem là xấp xỉ với tổng của 2 số hạng đầu tiên trong dãy số:

$$\varphi(x) \approx \varphi(x_0) + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)_0 (x - x_0) \quad (14)$$

Số hạng thứ nhất là pha phẳng cho bởi phương trình (12), và giá trị số hạng thứ hai có thể nhận được từ phương trình (8) và (10). Từ phương trình (8), chúng ta có:

$$\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)_0 \approx -\frac{4\pi}{\lambda} B \cos(\theta_0 - \alpha) \left(\frac{\partial \theta}{\partial x}\right)_0 \quad (15)$$

Và từ phương trình (10), chúng ta có:

$$\left(\frac{\partial \theta}{\partial x}\right)_0 = \frac{x_0}{rH \sin \theta_0} \quad (16)$$

Thay phương trình (15) và (16) vào phương trình (14), chúng ta có độ cao h từ elipsoid tham chiếu:

$$h = x - x_0 \approx \frac{-\lambda rH \sin \theta_0}{4\pi x_0 B \cos(\theta_0 - \alpha)} (\phi - \phi_0) \quad (17)$$

3 ỨNG DỤNG KỸ THUẬT INSAR TRONG THÀNH LẬP MÔ HÌNH SỐ ĐỘ CAO SỬ DỤNG PHẦN MỀM MÃ NGUỒN MỞ NEST VÀ SNAPHU

3.1 Phần mềm mã nguồn mở NEST và SNAPHU

Phần mềm NEST (Next ESA SAR toolbox) được xây dựng và phát triển bởi nhóm nghiên cứu thuộc cơ quan hàng không vũ trụ Châu Âu ESA. Phần mềm được giới thiệu lần đầu tiên với phiên bản NEST1A được giới thiệu lần đầu tiên và năm 2008. Phiên bản cơ sở này có các chức năng cơ bản phục vụ mở ảnh, hiệu chỉnh ảnh, đăng ký tọa độ cho ảnh và một số chức năng tính toán raster khác. Các phiên bản đầu tiên của phần mềm NEST chưa có các chức năng để xử lý ảnh radar giao thoa, bắt đầu từ phiên bản NEST 4C (phát hành năm 2012) các chức năng phục vụ cho việc xử lý ảnh radar giao thoa đã được xây dựng. Cho đến nay, phiên bản mới nhất của phần mềm NEST là NEST 5.1, phiên bản mới này có thêm các chức năng hỗ trợ xử lý ảnh Sentinel-1. Tuy nhiên, chức năng giải mở pha giao thoa trong quy trình công nghệ thành lập DEM từ cặp ảnh radar giao thoa vẫn chưa được xây dựng trên phiên bản mới nhất của phần mềm NEST, thay vào đó việc giải mở pha giao thoa bắt buộc phải thực hiện trên phần mềm SNAPHU. Đây cũng là một hạn chế của phần mềm NEST. Phần mềm SNAPHU được xây dựng và phát triển bởi nhóm nghiên cứu Radar giao thoa thuộc trường Đại học Stanford, Hoa Kỳ. Phần mềm được xây dựng dựa trên cơ sở thuật toán Statistical-cost, Network-flow (C. W. Chen & H. A. Zebker, 2000) và chỉ chạy trên hệ điều hành Linux. Phần mềm SNAPHU sử dụng dữ liệu đầu vào là pha giao thoa được xây dựng bởi phần mềm NEST, và kết quả xử lý bởi phần mềm SNAPHU là pha giao thoa (đã được giải pha). Pha giao thoa này tiếp tục được xử lý trên phần NEST để tạo DEM và đăng ký tọa độ cho DEM.

3.2 Quy trình công nghệ và trình tự xử lý

Để tiến hành xử lý theo kỹ thuật InSAR, cần phải có hai ảnh SAR có độ tương quan tốt. Căn cứ để lựa chọn các ảnh thích hợp chủ yếu dựa trên chiều dài đường đáy (khoảng cách giữa hai ăng ten khi chụp ảnh và khoảng thời gian giữa hai lần chụp), điều kiện thời tiết. Chiều dài đường đáy được chọn phụ thuộc vào từng ứng dụng và độ phân giải của dữ liệu. Chẳng hạn, đối với ảnh

ERS-1 và ERS-2, chiều dài đường đáy từ 150 m - 300 m thích hợp cho việc xây dựng mô hình số độ cao; từ 30 m - 50 m phù hợp cho các ứng dụng phát hiện biến dạng bề mặt và khoảng 5 m phù hợp cho các nghiên cứu chuyển động bề mặt như biến dạng lớp vá trái đất, chuyển động địa chất, chuyển động băng trôi,... Mặt khác, khoảng thời gian thu nhận giữa hai ảnh không quá lớn nhằm tránh sự mất tương quan. Trong kỹ thuật này, một ảnh sẽ được coi là ảnh chủ (ảnh Master), ảnh còn lại sẽ là ảnh phụ thuộc (ảnh Slave). Quy trình công nghệ thành lập DEM từ cặp ảnh radar giao thoa được thể hiện như trong Hình 4, trình tự các bước thực hiện được tiến hành như sau:

Đăng ký ảnh: Mục đích của việc đăng ký ảnh là tìm những điểm ảnh cùng tên trên 2 tấm ảnh radar (Master và Slave).

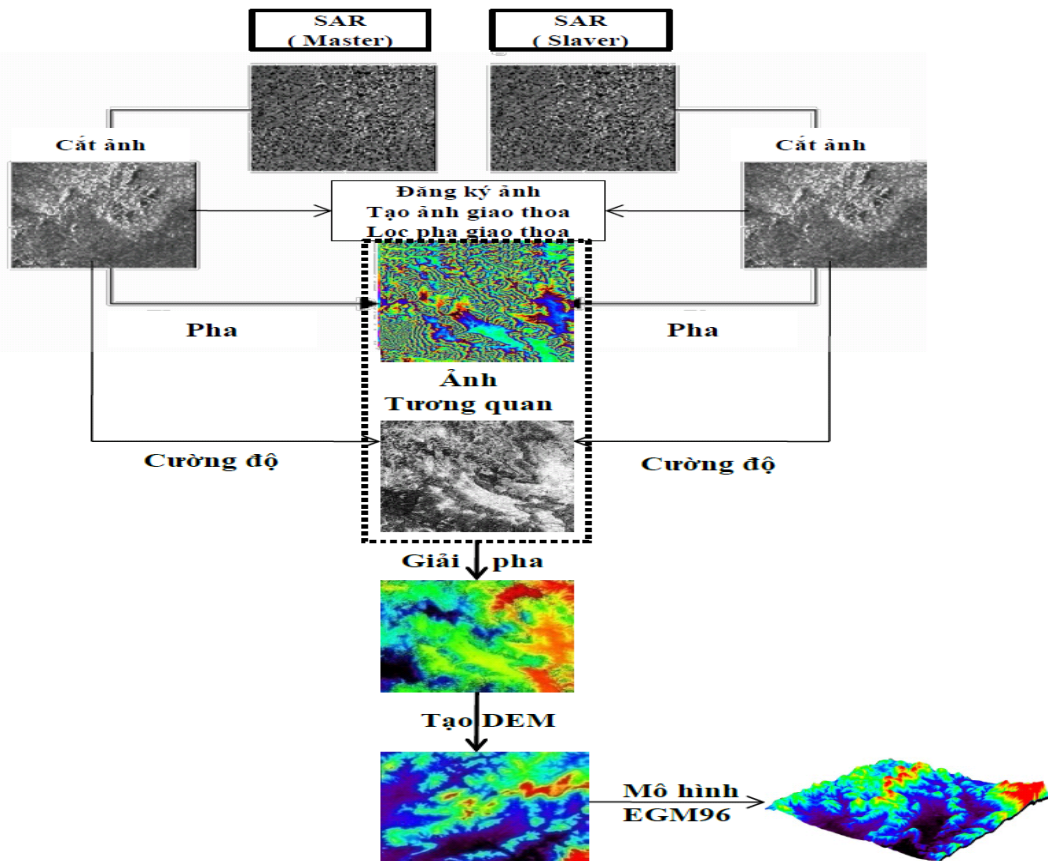
Tạo pha giao thoa, loại bỏ pha phẳng và lọc bỏ nhiễu: Sau khi tiến hành đăng ký ảnh, ta sẽ sử dụng thành phần pha của cặp ảnh Sar để tạo ảnh giao thoa. Pha giao thoa được tạo ra ngoài pha do

chênh cao địa hình còn có pha do ảnh hưởng của nhiễu và pha do độ cong trái đất, bởi vậy cần lọc, loại bỏ những ảnh hưởng này.

Tạo ảnh tương quan: Việc tính toán độ tương quan giữa hai ảnh nhằm xác định các đối tượng trên hai ảnh có bị thay đổi trong khoảng thời gian nhất định nào đó hay không. Từ đó đưa ra giới hạn độ lệch pha giữa 2 ảnh để đảm bảo độ chính xác cho việc giải mở pha sau này.

Giải mở pha: Đây chính là bước then chốt, giúp xác định số chu kỳ đã bị mất đi trong quá trình tạo pha giao thoa.

Tạo mô hình số độ cao DEM: Sau khi xác định được số chu kỳ bị mất đi, kết hợp với giá trị pha giao thoa cũng như các thông số khác như cạnh đáy ảnh B, bước sóng λ và góc tới để tính ra độ cao cho các điểm, từ đó xây dựng được DEM. DEM được thành lập có độ cao so với mặt Elipsoid, vì vậy chúng ta phải sử dụng mô hình dị thường độ cao EGM96 để tính chuyển về độ cao so với mặt Geoid.



Hình 4: Quy trình công nghệ thành lập DEM từ cặp ảnh Radar giao thoa

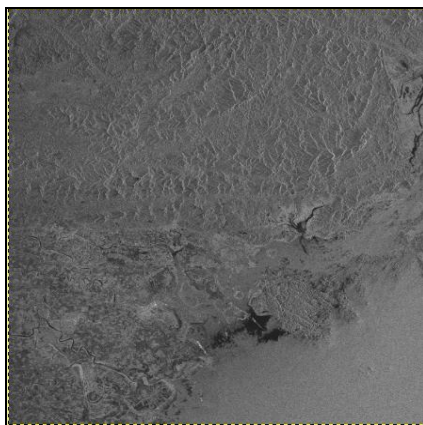
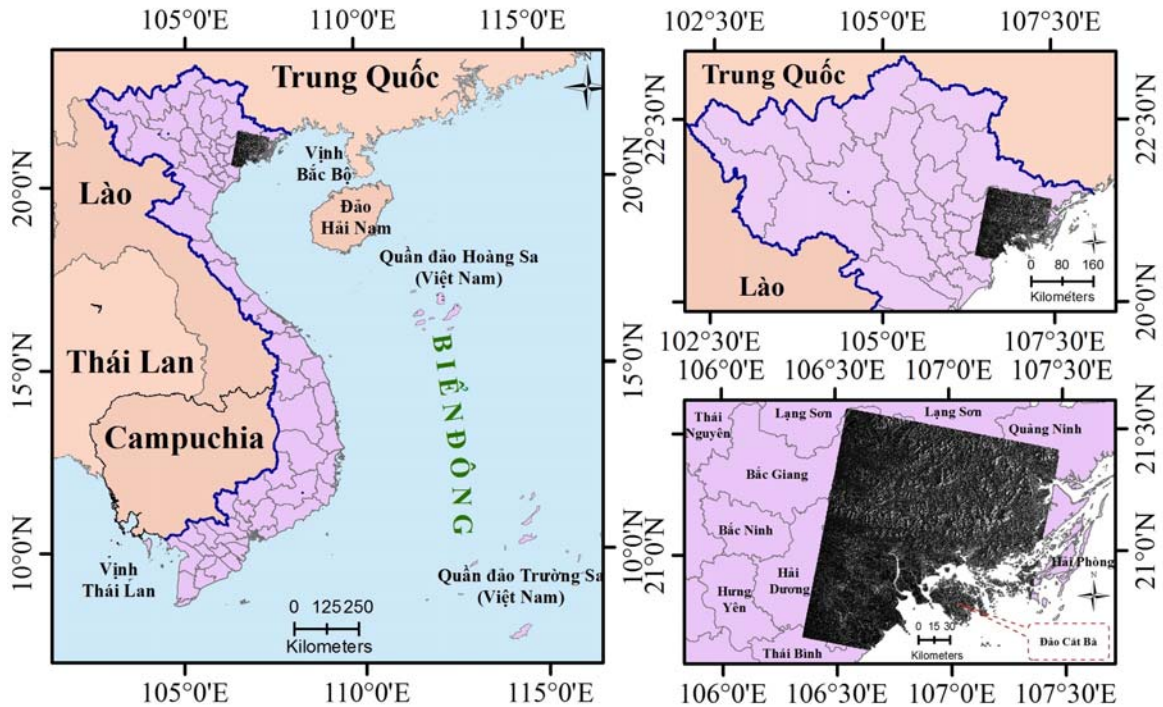
Cắt ảnh và tải file quỹ đạo chính xác: Đây là bước chọn giới hạn vùng mà ta muốn xây dựng DEM trên ảnh radar. Ngoài ra trên phần mềm có các công cụ cho phép tải file quỹ đạo chính xác dựa trên các thông tin của tư liệu sử dụng là cặp ảnh SAR được chụp bởi 2 vệ tinh ERS1/2.

3.3 Thực nghiệm

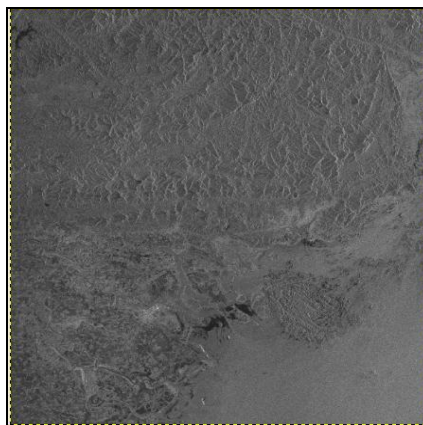
3.3.1 Tư liệu nghiên cứu

Tư liệu ảnh sử dụng trong nghiên cứu này là ảnh thu được từ các vệ tinh ERS-1 (Earth

Resources Satellite-1) và ERS-2 (Earth Resources Satellite-2) của Cơ quan Vũ trụ Châu Âu (ESA). Mỗi scene ảnh phủ một khu vực có diện tích 10.000 km² (100 x 100 km) với độ phân giải 30 m. Hai vệ tinh này thu ảnh tại cùng một khu vực chỉ cách nhau 1 ngày. Đây là một ưu điểm nổi bật so với ảnh nhận từ các hệ thống vệ tinh khác do sự tương quan giữa hai ảnh thu được tại một khu vực rất lớn, tạo điều kiện tốt cho các ứng dụng trong giao thoa SAR. Bảng 1 dưới đây trình bày các thông số chính của cặp ảnh được sử dụng:



ERS-1 (27/02/1996)



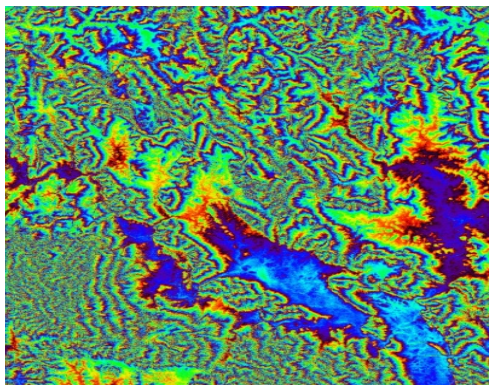
ERS-2 (28/02/1996)

Hình 5: Khu vực nghiên cứu và cặp ảnh radar sử dụng trong nghiên cứu

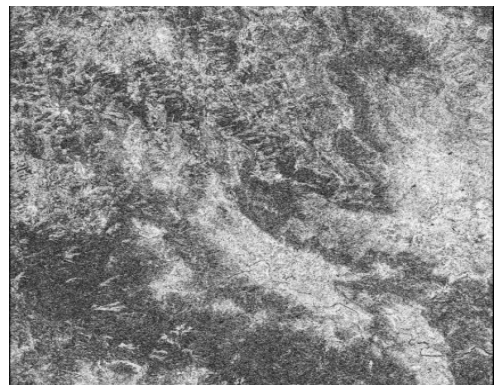
Bảng 1: Thông tin về cặp ảnh Radar giao thoa sử dụng trong nghiên cứu

Thông số	Ảnh ERS-1	Ảnh ERS-2
Ngày chụp	27/02/1996	28/02/1996
Độ cao vệ tinh (km)	785	785
Góc nghiêng quỹ đạo	98,54 ⁰	98,54 ⁰
Chu kỳ chụp (ngày)	35	35
Góc nhìn (look angle)	23,33 ⁰	23,33 ⁰
Chiều rộng đường quét (km)	100	100
Bước sóng (cm)	5.6666 (C band)	5,6666 (C band)
Tần số (Hz)	5300	5300
Phân cực	VV	VV
Phân giải mặt đất (m)	30	30
Kiểu định dạng dữ liệu gốc	CEOS-SAR-CCT	CEOS-SAR-CCT

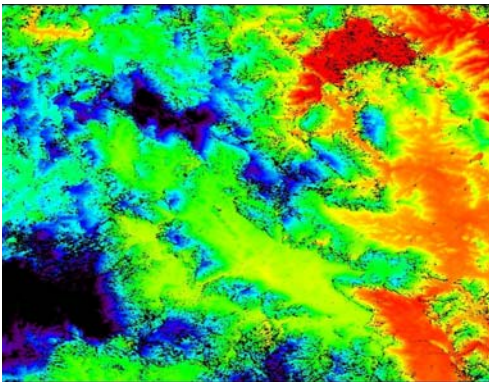
3.3.2 Kết quả thực nghiệm



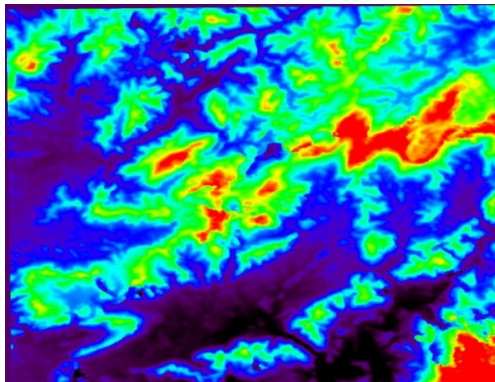
Pha giao thoa



Ảnh tương quan



Giải mở pha



DEM

Hình 6: Kết quả thực nghiệm

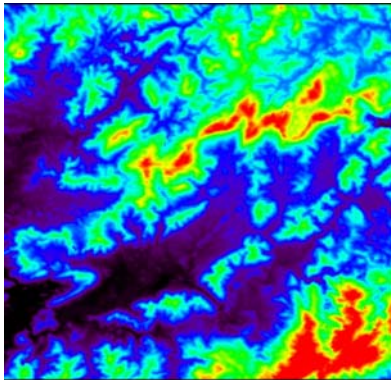
3.3.3 So sánh đánh giá kết quả thực nghiệm

Để đánh giá độ chính xác của DEM được thành lập từ cặp ảnh radar giao thoa, tác giả có sử dụng DEM được thành lập từ cặp ảnh lập thể hàng không (DEM được nội suy tự động và được biên tập trên trạm đo ảnh số Intergraph). Hình ảnh 2D và 3D của các DEM được thể hiện như Hình 7. Hai mặt cắt ở khu vực đồng bằng và khu vực đồi núi được sử dụng để đánh giá chất lượng của DEM

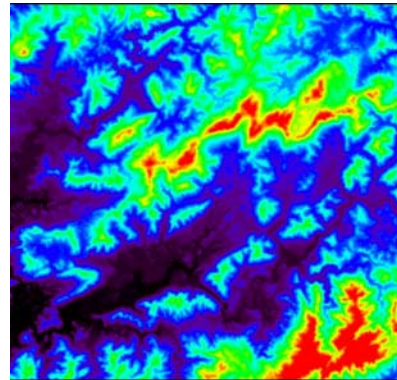
InSAR (Bảng 2). Kết quả cho thấy độ chính xác của DEM InSAR có thể đạt độ chính xác khá cao ở cả khu vực đồi núi và đồng bằng. Tuy nhiên, ở khu vực đồi núi sự khác biệt giữa DEM InSAR và DEM lập thể lớn hơn ở khu vực đồng bằng, điều này có thể được giải thích bởi chất lượng DEM InSAR phụ thuộc vào giá trị tương quan ảnh, khu vực có tương quan tốt sẽ cho DEM có chất lượng tốt hơn so với khu vực có tương quan thấp. Khu

vực đồng bằng có tương quan cao hơn do các yếu tố bề mặt ít thay đổi (nhà cửa, đường xá,...), trong khi đó khu vực đồi núi có tương quan thấp hơn do các yếu tố bề mặt chủ yếu là thực phủ (rừng), do chênh cao địa hình lớn, do khuất núi. Ngoài ra, độ chính xác của kết quả phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như bộ cảm biến thu nhận ảnh, khoảng cách đường đáy, sự tương quan của cặp ảnh, thuật toán cho bài toán giải mở pha. Đặc biệt, bài toán mở pha cần được giải một cách chính xác và đòi hỏi các điểm khống chế được đo đạc trực tiếp trên thực địa.

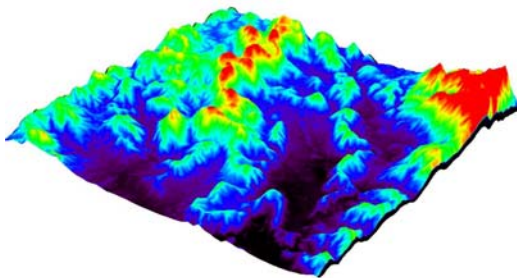
Ngoài ra để đánh giá khả năng sử dụng của phần mềm NEST và SNAPHU trong thành lập DEM sử dụng cặp ảnh SAR giao thoa, tác giả đã sử dụng phần mềm thương mại SARscape xử lý cũng cặp ảnh để từ đó đưa ra các tiêu chí đánh giá bao gồm: Chi phí bản quyền của phần mềm xử lý (Công ty trách nhiệm hữu hạn ANTHI Việt Nam, 2013), các chức năng hỗ trợ trong xử lý của phần mềm, cấu hình máy tính yêu cầu, yêu cầu về phần mềm hỗ trợ và thời gian xử lý (cho cặp ảnh radar giao thoa sử dụng trong nghiên cứu) (Bảng 3).



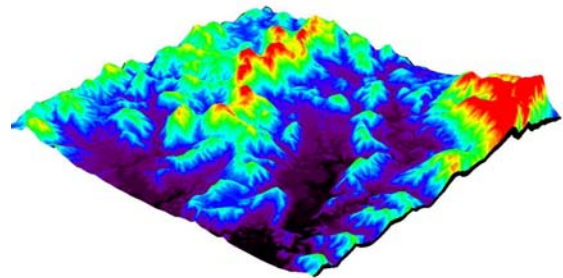
DEM InSAR (2D)



DEM lập thể hàng không (2D)



DEM InSAR (3D)



DEM lập thể hàng không (3D)

Hình 7: Hình ảnh DEM InSAR và DEM lập thể hàng không

Bảng 2: So sánh DEM InSAR và DEM lập thể

Vùng đồng bằng			
	DEM InSAR	DEM lập thể	So sánh
Độ cao lớn nhất	83.6 m	76.0 m	7.6 m
Độ cao nhỏ nhất	40.3 m	40.0 m	0.3 m
Độ cao trung bình	56.2 m	54.2 m	2.0 m
Vùng đồi núi			
	DEM InSAR	DEM lập thể	So sánh
Độ cao lớn nhất	785.8 m	764.4 m	21.4 m
Độ cao nhỏ nhất	460.5 m	463.1 m	-2.6 m
Độ cao trung bình	600.5 m	596.5 m	4.0 m

Bảng 3: So sánh SARscape với NEST và SNAPHU

Phần mềm	SARscape	NEST và SNAPHU
Danh mục so sánh		
Chi phí bản quyền	503,360,00 VND	0 VND
Chức năng hỗ trợ:		
- Chức năng xử lý ảnh SAR level 0 (ERS-SAR, ENVISAT ASAR, ALOS-PALSAR)	Có	Không
- Chức năng xử lý ảnh SAR level 1	Có	Có
- Chức năng xuất kết quả xử lý sang các phần mềm khác (KML file cho Google Earth, Shape file cho ArcGIS,...)	Có	Có
- Chức năng cắt ảnh, lọc ảnh, lọc pha giao thoa và các chức năng phục vụ việc phân tích ảnh (Raster calculator)	Có	Có
- Chức năng hiển thị giao diện người dùng	Có	Snaphu (Không)
Cấu hình máy tính	Tối thiểu 1GB ổ cứng, 512MB RAM	Tối thiểu 1GB ổ cứng, 512MB RAM
Hệ điều hành	Linux & Window	Snaphu (Linux)
Phần mềm hỗ trợ	ENVI	Không
Thời gian xử lý	2h	2h30'

4 KẾT LUẬN

Kỹ thuật InSAR là một kỹ thuật đột phá trong lĩnh vực công nghệ viễn thám và đã mở ra một kỹ thuật hiện đại cho việc xây dựng DEM. Tuy nhiên, đây là một kỹ thuật khó nên trong quá trình xử lý đòi hỏi độ chính xác cao, ngay từ bước đăng ký ảnh (đòi hỏi độ chính xác đến 1/10 pixel). Chất lượng của DEM xây dựng từ cặp ảnh SAR giao thoa phụ thuộc vào tính tương quan giữa 2 ảnh. Trong cùng một cặp ảnh, khu vực nào có tương quan tốt sẽ cho DEM có chất lượng tốt hơn so với khu vực có tương quan thấp.

Kết quả đạt được cho thấy độ chính xác của DEM tạo từ cặp ảnh SAR có thể đạt độ chính xác khá cao ở khu vực miền núi và ở khu vực đồng bằng. Tuy nhiên, mức độ chính xác của kết quả phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như bộ cảm biến SAR thu nhận, khoảng cách đường đáy, sự tương quan của cặp ảnh, thuật toán cho bài toán giải mở pha,... Đặc biệt, bài toán mở pha cần được giải một cách chính xác và đòi hỏi các điểm không chế được đo đạc trực tiếp trên thực địa.

Việc nghiên cứu sử dụng phần mềm mã nguồn mở NEST và SNAPHU đem lại hiệu quả kinh tế và kỹ thuật cao. Về mặt kinh tế, phần mềm NEST và SNAPHU nhỏ gọn, không đòi hỏi máy tính có cấu hình cao, hoàn toàn miễn phí so với các phần mềm

bản quyền rất đắt tiền khác như GAMMA, SARSCAPE, ERDAS, EarthView,... về mặt kỹ thuật, phần mềm rất dễ sử dụng và hoàn toàn là mã nguồn mở nên người xử lý hoàn toàn có thể can thiệp ở một mức độ cho phép để phục vụ công việc xử lý ảnh.

Những kết quả bước đầu đạt được trong Đề tài này hy vọng góp phần đáng kể trong ứng dụng kỹ thuật mới và những vấn đề cần lưu ý khi xây dựng DEM từ cặp ảnh radar giao thoa thì bước khớp ảnh và giải pha mang tính quyết định.

Xây dựng mô hình số độ cao DEM cũng chỉ là một trong những ứng dụng của cặp ảnh radar giao thoa, quan trọng hơn là những ứng dụng của chúng trong việc quan trắc và phát hiện biến dạng bề mặt địa hình như lún đất, hoạt động của núi lửa, chuyển động băng trôi,... bằng kỹ thuật DInSAR (kỹ thuật giao thoa vi phân), kỹ thuật PSInSAR (giao thoa tán xạ cố định), kỹ thuật Sar Tomography...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. David F., Ph.D. Maune, 2007. Digital Elevation Model Technologies and Applications: The Dem Users Manual. *Asprs Pubns; 2 Har/Dvdr* edition.
2. http://www.esa.int/About_Us/ESA_Publications/InSAR_Principles_Guidelines_for_SAR_Interferometry_Processing_and_Interpret

- ation_br_ESA_TM-19, truy cập 05/11/2014.
3. Askne, J. I. H., Dammert, P. B. G., Ulander, L. M. H., & Smith, G. (1997). C-band repeat-pass interferometric SAR observations of the forest. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 35(1), 25–35. doi:10.1109/36.551931
 4. Eineder, M. (2003). Efficient simulation of SAR interferograms of large areas and of rugged terrain. *Geoscience and Remote Sensing*, *IEEE Transactions on*. doi:10.1109/TGRS.2003.811692
 5. Ferraiuolo, G., Meglio, F., Pascasio, V., & Schirinzi, G. (2009). DEM Reconstruction Accuracy in Multichannel SAR Interferometry. *Geoscience and Remote Sensing*, *IEEE Transactions on*. doi:10.1109/TGRS.2008.2002644
 6. Rabus, B., Eineder, M., Roth, A., & Bamler, R. (2003). The shuttle radar topography mission—a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 57(4), 241–262. doi:10.1016/S0924-2716(02)00124-7
 7. <http://www.gamma-rs.ch/>, truy cập 05/11/2014.
 8. <http://www.sarmap.ch/page.php?page=sarscape>, truy cập 05/11/2014.
 9. <https://winsar.unavco.org/winsar.html>, truy cập 05/11/2014.
 10. <http://doris.tudelft.nl/>, truy cập 05/11/2014.
 11. <http://aws.roipac.org/cgi-bin/moin.cgi>, truy cập 05/11/2014.
 12. <http://nest.array.ca/web/nest/release-4C-1.1>, truy cập 05/11/2014.
 13. <http://web.stanford.edu/group/radar/softwareandlinks/sw/snaphu/>, truy cập ngày 05/11/2014.
 14. Goldstein, R., Zebker, H., and Werner, C.: Satellite radar interferometry- Two-dimensional phase unwrapping, *Radio Sci.*,23, 713–720, 1988.
 15. Joughin, I., Kwok, R., and Fahnestock.: Estimation of ice-sheet motion using satellite radar interferometry: method and error analysis with application to the Humboldt Glacier, Greenland, *Journal of Glaciology.*,42, 564-575, 1996.
 16. Alsdorf, D. E., & Smith, L. C. (1999). Interferometric SAR observations of ice topography and velocity changes related to the 1996, Gjalp subglacial eruption, Iceland. *International Journal of Remote Sensing*, 20(15-16), 3031–3050. doi:10.1080/014311699211606.
 17. Price, E.J. and Sandwell, D.T. (1998). Small-scale deformations associated with the 1992 Landers, California, earthquake mapped by synthetic aperture radar interferometry phase gradients. *Journal of Geophysical Research* 103: doi: 10.1029/98JB01821. issn: 0148-0227.
 18. C. W. Chen and H. A. Zebker (2000). Network approaches to two-dimensional phase unwrapping: intractability and two new algorithms. *Journal of the Optical Society of America A*, vol. 17, pp. 401-414.
 19. <http://anthi.com.vn/> , truy cập ngày 23/4/2013