

## **SO SÁNH VIỆC THÀNH LẬP MÔ HÌNH SỐ ĐỊA HÌNH TỪ ẢNH RADAR KÊNH L VÀ KÊNH X**

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

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày lý thuyết và thực nghiệm để đánh giá sự ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh đến kết quả tạo giao thoa của cặp ảnh trong việc xây dựng mô hình số địa hình. Trong đó tác giả đã phân tích về ảnh hưởng của khí quyển và đặc tính ghi nhận ảnh của vệ tinh Radar trong tạo giao thoa. Với phần thực nghiệm tác giả sử dụng ảnh JERS1 kênh L và ảnh TerraSAR kênh X trong việc thành lập mô hình số địa hình khu vực Hà Nội. Kết quả được so sánh với điểm độ cao trên bản đồ địa hình để thấy được ảnh hưởng của sự tán xạ tới giá trị độ cao nội suy từ 2 cặp ảnh này.

### **1. Mở đầu**

Radar (Radio Detection And Ranging) là hệ thống tìm kiếm và đo khoảng cách bằng sóng radio, nó là một dạng viễn thám chủ động mà, có thể được đặt trên các máy bay hay vệ tinh, sử dụng chính nguồn sóng mà nó phát ra không phụ thuộc vào năng lượng mặt trời. Một lượng lớn các thông tin hiện nay về môi trường và tài nguyên được thu nhận bởi bộ cảm hoạt động trên dải phổ của sóng Radar này.

Viễn thám sóng Radar không những chỉ sử dụng trong lĩnh vực quân sự như trước đây mà ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu môi trường của Trái đất, phục vụ cho khoa học và mục đích hoà bình. Công nghệ Radar sử dụng nguồn sóng dài siêu cao tần, được phát ra từ một anten và thu nhận sóng phản hồi, chúng có khả năng xuyên mây và thậm chí xuyên vào một lớp mỏng của lớp phủ mặt đất góp phần tích cực vào nghiên cứu các đối tượng dưới lớp phủ thực vật.

Tuy nhiên do đặc tính của radar là ghi nhận hình ảnh theo hướng xiên chứ không phải là vuông góc xuống mặt đất và bên cạnh đó nó còn sử dụng bước sóng dài do đó sóng có thể sẽ bị ảnh hưởng một số yếu tố như khi đi qua khí quyển với môi trường không đồng nhất sẽ bị làm cong tia sáng và tạo ra thời gian trễ. Sự ảnh hưởng này sẽ tạo nên sai lệch về pha khi tạo giao thoa cặp ảnh. Ngoài ra khi sóng radar đi đến được bề mặt địa hình nó còn bị ảnh hưởng bởi các yếu tố địa hình như các đối tượng cao (núi, nhà cao tầng), yếu tố thực vật, mặt nước...

Những nghiên cứu đầu tiên về việc ảnh hưởng của địa vật cao như các công trình xây

dựng đến dữ liệu ảnh vệ tinh radar độ phân giải cao đã được nhà khoa học Stilla bàn đến trong [7], [8]. Bài báo đã bàn về những biến dạng hình học do đặc tính của radar tạo nên như sự co ngắn, sự chùng đẽ hay bóng đến việc xác định độ cao của các khối nhà trên ảnh Terra SAR X, ngoài ra bài báo còn phân tích về những sai lệch của những đối tượng của sự dịch chuyển trên trái đất tại thời điểm chụp ảnh sẽ làm cho hình ảnh sai lệch bởi hiệu ứng của tần số Doppler. Tuy nhiên sự sai lệch do những ảnh hưởng này cũng đã không được khảo sát bằng số liệu thực tế mà chỉ đưa ra kết luận rằng khi độ phân giải của ảnh radar càng cao thì sự ảnh hưởng đến địa hình càng lớn. Bên cạnh đó đối tượng địa vật càng có độ phức tạp cao thì sự sai lệch cũng lớn hơn.

Cũng tương tự như nghiên cứu ở trên nghiên cứu của Balmer [1], [2] đã làm với ảnh Terra SAR X và đưa ra kết luận rằng, khi độ phân giải không gian tăng lên thì đồng thời với bước sóng radar sẽ ngắn hơn thì ảnh hưởng của khí quyển cũng như ảnh hưởng của các công trình xây dựng đến việc thu nhận ảnh SAR và tạo giao thoa cũng tăng theo. Nguyên nhân chính được đề cập đến chính là sự hấp thụ của khí quyển và tán xạ góc là loại tán xạ gây nên sai số khi sử dụng ảnh đơn và cặp ảnh để tạo giao thoa.

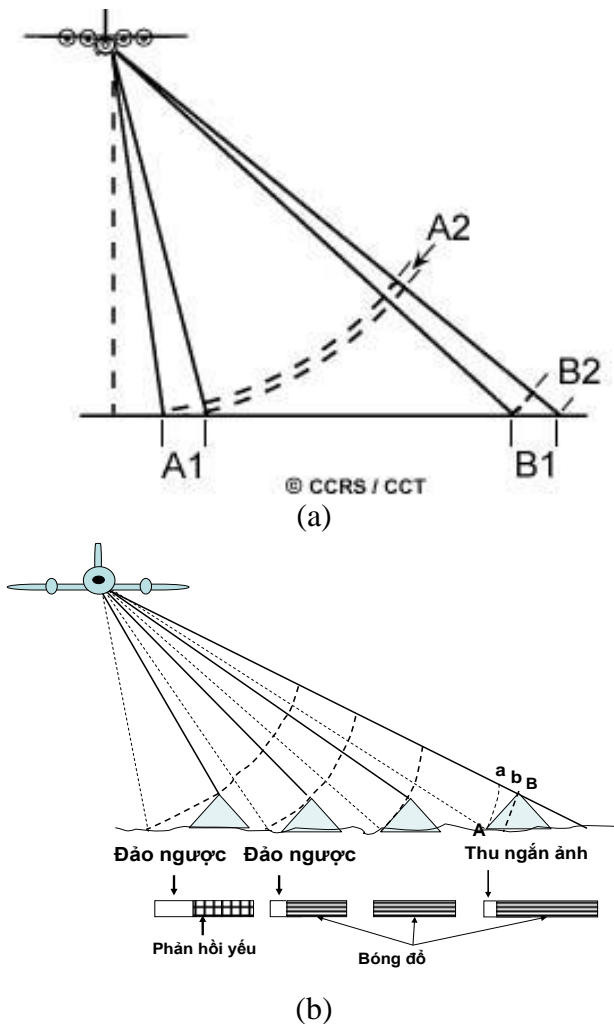
### **2. Đặc tính của ảnh Radar và nguyên lý tạo DEM từ InSAR**

#### **2.1. Biến dạng hình học theo đặc tính độ cao đối tượng**

Cũng như đối với các hệ thống quang học khác, đặc tính hình học của quá trình ghi nhận

ảnh Radar nói chung gây nên một số biến dạng hình học trên ảnh. Tuy nhiên, điểm khác biệt chính của ảnh Radar đó là việc chụp ảnh nghiêng từ một phía và bản chất của Radar là hệ thống thiết bị đo khoảng cách. Sự biến dạng hình ảnh xuất hiện bởi vì hệ thống Radar đo khoảng cách đến đối tượng trên mặt nghiêng chứ không phải khoảng cách thực nằm ngang trên bề mặt đất. Điều này thể hiện trên hình 1, mặc dù hai đối tượng A1 và B1 có cùng kích thước trên mặt đất, nhưng trên mặt nghiêng chúng có kích thước khác nhau (A2 và B2).

Các đối tượng ở cạnh gần thường bị co lại so với đối tượng ở cạnh xa [3].



Hình 1. Hiện tượng co ngắn, chông đẽ, bóng trên ảnh Radar

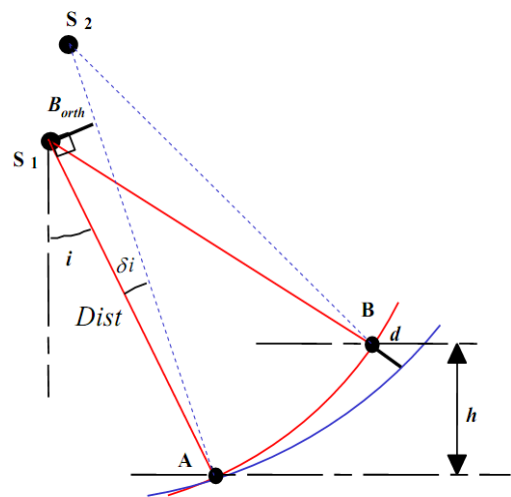
Hình 1 cho thấy sự khác biệt về hình ảnh Radar khi được chiếu lên mặt nghiêng trên các đối tượng khác nhau có độ cao, và ảnh Radar

được chuyển đổi về mặt nằm ngang, khi đó kích thước các đối tượng được thể hiện một cách chính xác.

Sự biến dạng hình học chính của ảnh Radar là do ảnh hưởng của địa hình. Những biến dạng đó là các hiện tượng: co ngắn phía trước, chông đẽ và bóng [6].

## 2.2. Nguyên lý tạo DEM từ cặp ảnh giao thoa

Kỹ thuật InSAR giao thoa là một kỹ thuật sử dụng một cặp ảnh Radar được thu nhận đồng thời hoặc ở những thời điểm khác nhau, hai ảnh được ghi nhận có cùng biên độ, cùng tần số nhưng lệch pha. Mỗi ảnh Radar bao gồm hai thành phần: biên độ (A) và pha ( $\varphi$ ). Thành phần  $\varphi$  sẽ được sử dụng để tính độ cao cho các điểm. Qua các biến đổi toán học [5], [9] thì mối liên hệ giữa giá trị pha giao thoa ( $\Delta\varphi$ ) với độ cao h của một điểm bất kỳ (công thức bên dưới). Từ đó tính được độ cao cho tất cả các điểm, và thành lập được mô hình số độ cao DEM.



Hình 2. Các yếu tố hình học của cặp ảnh Radar giao thoa

$$\Delta\varphi = \frac{4\pi d}{\lambda} = \frac{4\pi \cdot h \cdot \delta i}{\lambda \cdot \sin(i)} \rightarrow h = \frac{\lambda \cdot \sin(i)}{4\pi \cdot \delta i} \cdot \Delta\varphi$$

trong đó:

$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$  : giá trị pha giao thoa;

i: góc nhìn;

$\delta i = \frac{B}{Dist}$ , B là cạnh đáy ảnh;

h: độ cao của 1 điểm B bất kỳ;

Dist là khoảng cách nghiêng từ vệ tinh xuống mặt đất.

### **3. So sánh việc xây dựng mô hình số địa hình khu vực Hà Nội bằng ảnh Radar kênh L và kênh X và đánh giá sự ảnh hưởng của công trình xây dựng đến việc tạo giao thoa**

#### **3.1 Đặc điểm địa hình và tình hình xây dựng ở thủ đô Hà Nội**

##### **\* Địa hình**

Phần lớn diện tích lãnh thổ Hà Nội được cấu trúc bởi phù sa hệ thống sông Hồng - sông Thái Bình, thuộc một phần của vùng châu thổ Bắc Bộ. Châu thổ Bắc Bộ hay châu thổ sông Hồng - sông Thái Bình kéo dài từ Việt Trì tới biển, có hình dạng một tam giác, nên còn gọi là tam giác châu (delta) sông Hồng với diện tích khoảng 15.000km<sup>2</sup>.

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, rất bất lợi cho tiêu thoát nước mưa khi bị ngập úng. Trong quá trình phát triển, khu vực Hà Nội nói riêng và châu thổ sông Hồng nói chung đã hình thành lên mạng lưới đê điều dày đặc để ngăn nước lũ; nhưng chính các tuyến đê và hệ thống giao thông đã chia cắt bề mặt ra các vùng ô trũng khác nhau, như các ô trũng phía tả ngạn và phía hữu ngạn sông Hồng, ô trũng hữu ngạn sông Đuống, v.v...

##### **\* Tình hình xây dựng**

Lịch sử lâu đời cùng nền văn hóa phong phú đã giúp Hà Nội có được kiến trúc đa dạng và mang dấu ấn riêng. Nhưng sau một thời gian phát triển thiếu quy hoạch, thành phố hiện nay tràn ngập những ngôi nhà ống trên các con phố

lắt léo, những công trình tôn giáo nằm sâu trong các khu dân cư, những cao ốc bên các khu phố cũ, những cột điện chằng kín dây... nhưng thiếu vắng không gian công cộng. Về mặt kiến trúc, có thể chia Hà Nội ngày nay thành bốn khu vực: khu phố cổ, khu thành cổ, khu phố Pháp và các khu mới quy hoạch. Hình ảnh Hà Nội ngày nay được biểu diễn trên hình 3.

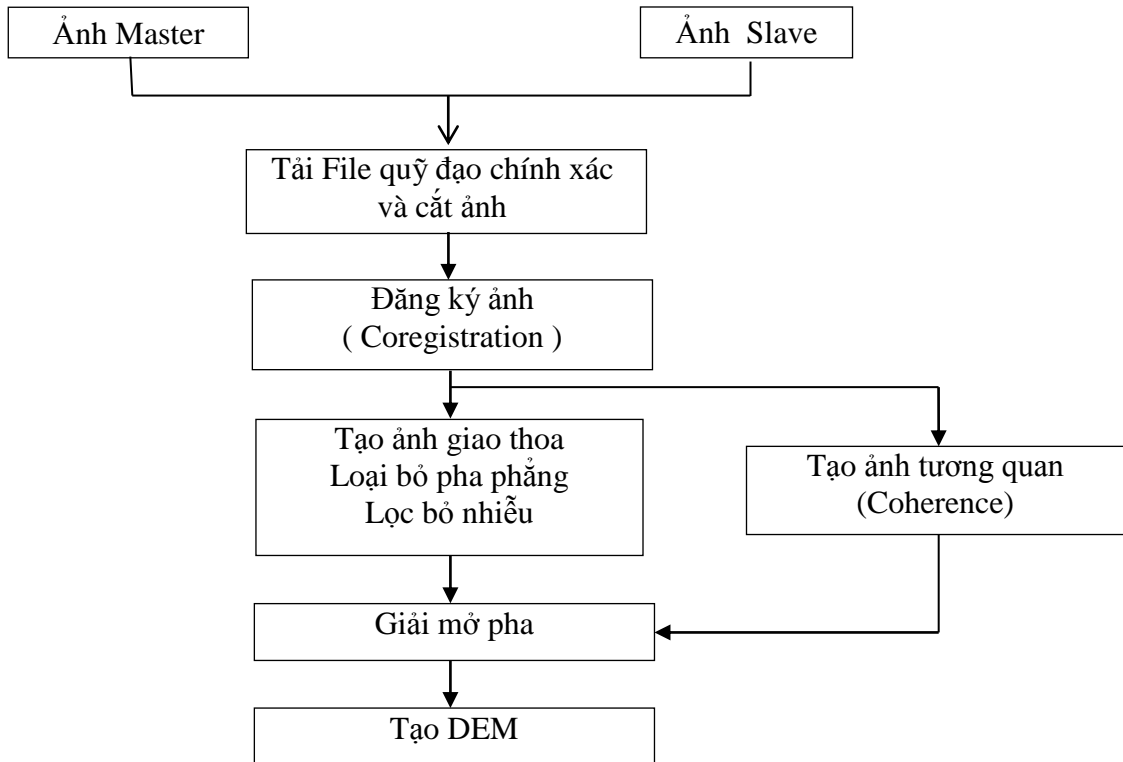
#### **3.2. Sự ảnh hưởng của các công trình xây dựng đến việc xây dựng mô hình số địa hình từ InSAR**

Với những phân tích ở trên về tình hình xây dựng khu vực Hà Nội, chúng ta dễ dàng nhận thấy rằng khu vực Hà Nội là khu vực khá phức tạp với các công trình lộn xộn. Do thủ đô cũng đang trong quá trình xây dựng và phát triển nên nhiều công trình đang xây dựng dở dang trở thành những đối tượng ảnh hưởng rất lớn đến tín hiệu radar. Những tòa nhà như Trung tâm thương mại Lotte trên đường Liễu Giai hay một số khu vực đô thị mới như Mỹ Đình, Mễ Trì hoặc nhà dân xây dựng một cách tự phát thì chiều cao và các chi tiết của tòa nhà có thể thay đổi hàng ngày. Những yếu tố này gây ra sự sai lệch của giá trị tán xạ và làm cho khả năng tạo giao thoa bị ảnh hưởng hay làm thay đổi chiều cao của đối tượng khảo sát. Dưới đây chúng tôi muốn khảo sát sự ảnh hưởng của tín hiệu radar tới việc tạo cặp ảnh giao thoa để tạo mô hình số địa hình của khu vực Hà Nội với hai loại kênh ảnh là kênh L và kênh X. Ảnh kênh L với bước sóng dài ít bị ảnh hưởng bởi khí quyển tới giao thoa hơn là kênh sóng ngắn hơn như kênh X nhưng mức độ chi tiết của địa hình sẽ bị giảm đi đáng kể bởi độ phân giải không gian ảnh sẽ kém hơn.



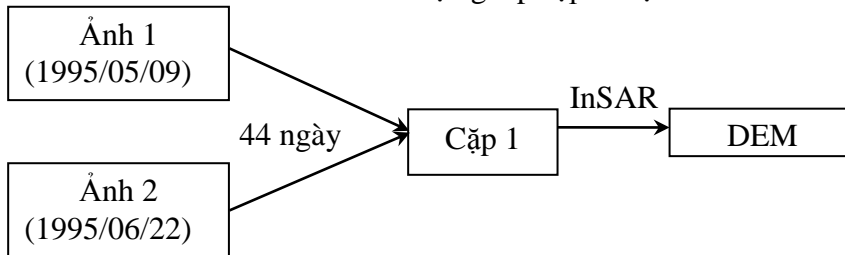
Hình 3. Ảnh Hà Nội ngày nay [nguồn Wikipedia]

**3.3. Ứng dụng kỹ thuật InSAR giao thoa trong thành lập mô hình số độ cao Sơ đồ quy trình công nghệ [4]**



Hình 4. Sơ đồ quy trình công nghệ thành lập DEM từ cặp ảnh Radar giao thoa

3.3.1 Ảnh hưởng của việc sử dụng ảnh kênh L đến việc tạo mô hình số địa hình bằng ảnh giao thoa. Với kênh L, chúng tôi đã sử dụng ảnh JERS-1 của Nhật, bước sóng là 23,5cm. Tập hợp dữ liệu ảnh bao gồm 2 ảnh. Hình 5 mô tả các ảnh được ghép cặp để tạo mô hình số địa hình.



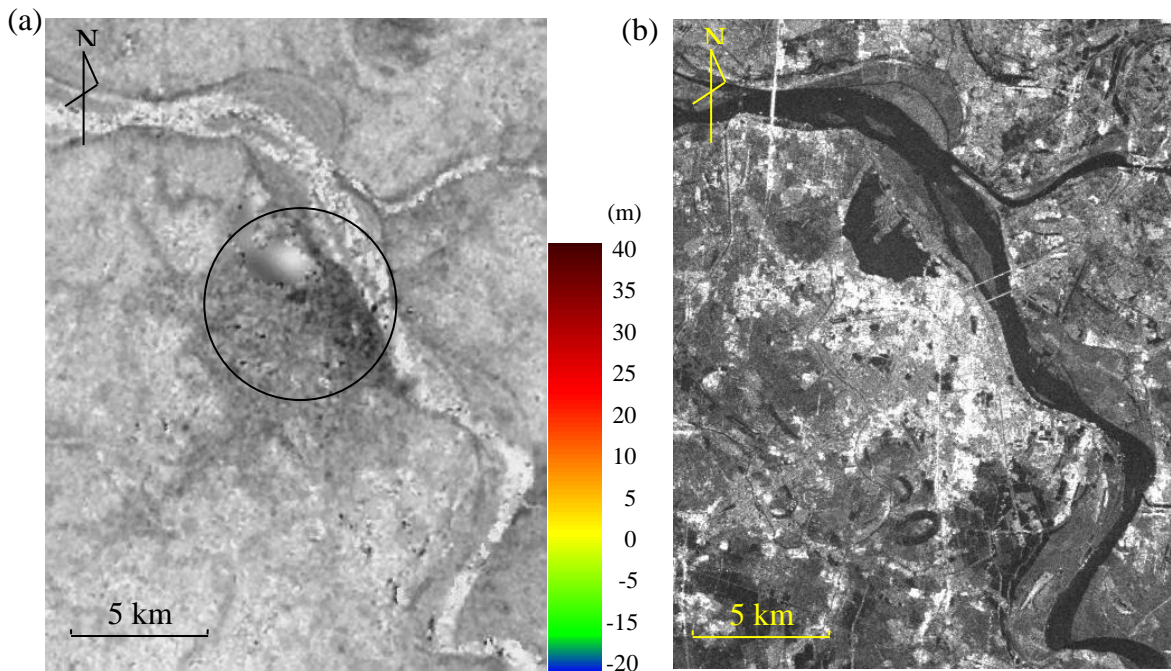
Hình 5. Cặp ảnh JERS1 sử dụng cho thành lập DEM khu vực Hà Nội [9]

Kết quả của mô hình số địa hình từ cặp ảnh này có một đặc điểm đó là độ cao của các mô hình số địa hình làm từ InSAR đều bị cao hơn mô hình số địa hình làm từ bản đồ địa hình tại những khu vực có nhiều nhà cao tầng, hãy khảo sát hình vẽ 6.

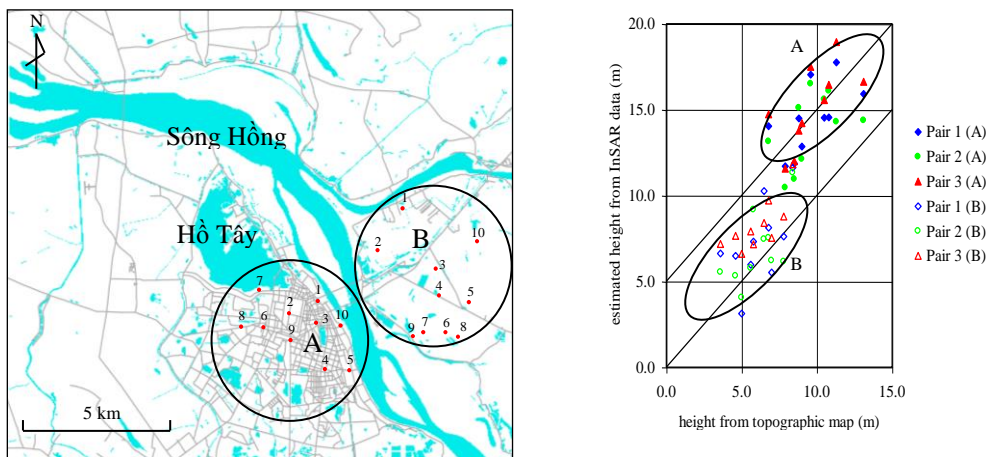
Tại nơi có vòng tròn (hình 6 a) chúng ta thấy nếu chiếu theo thang độ cao thì độ cao vào khoảng 25m đến 35 m. Với thời điểm năm 1995 khu vực này nhà cao tầng cũng chưa nhiều lắm mà khi tạo giao thoa và thành lập mô hình số

địa hình của khu vực Hà Nội đã thấy được những sai số mà chúng ta có thể khó loại trừ.

Vấn đề là nếu mô hình số địa hình chúng ta tạo ra có mối tương quan cao với các điểm độ cao đo được nhưng nó có thể bị cộng thêm phần độ cao của các công trình xây dựng thì nghiên cứu đó cũng coi là có thể chấp nhận được. Ngoài ra chúng tôi đã khảo sát các điểm khống chế độ cao được lấy trên bản đồ địa hình tại hai vị trí A và B (hình 7). Vị trí A là khu vực trung tâm thành phố với các công trình xây dựng, vị trí B ở phía ngoại thành Hà Nội.



Hình 6. (a) Mô hình số địa hình làm từ InSAR, (b) Ảnh cường độ JERS1 khu vực Hà Nội



Hình 7. Kiểm tra các điểm độ cao lấy từ mô hình số địa hình làm từ InSAR và bản đồ địa hình

Nhìn vào biểu đồ được vẽ ở hình 7 ta thấy sự phân bố của hai tập hợp điểm độ cao trong vùng A và B có sự khác biệt, khu vực A (thành phố với các công trình xây dựng) và B (khu vực ngoại thành), mỗi khu vực lấy 10 điểm độ cao. Khu vực B không có sự khác biệt nhiều giữa độ cao làm từ InSAR và bản đồ địa hình, còn khu vực A có sự khác biệt theo chiều hướng tăng một cách đồng đều, khoảng tăng mà chúng ta nhìn thấy vào khoảng 5 m.

*Nhận xét:* Năm 1995 là thời điểm đất nước ta bắt đầu mở rộng các dự án xây dựng nhưng chưa nhiều nên sự thay đổi tại các công trình

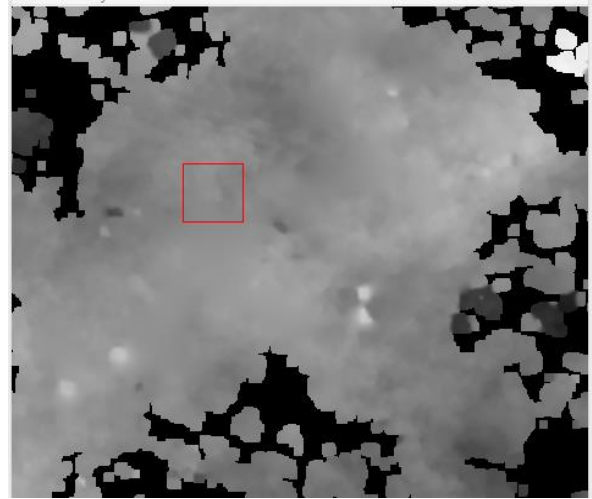
xây dựng không lớn lắm, vì vậy sự tương quan giữa các cặp giao thoa vẫn khá cao. Mô hình số địa hình được làm từ InSAR của các cặp ảnh JERS1 có sự tương quan cao với độ cao của các điểm được đo ở trên bản đồ địa hình tuy nhiên vẫn tồn tại sai số hệ thống do ảnh hưởng của các công trình xây dựng. Do ảnh JERS-1 có độ phân giải không gian là 18m nên loại ảnh này chỉ có khả năng xây dựng mô hình số địa hình cho bản đồ tỷ lệ 1:50.000, tuy nhiên do ảnh hưởng của tán xạ góc nên mô hình số này vẫn còn cần phải cân nhắc cho việc sử dụng trong thành lập bản đồ ở tỷ lệ này.

3.3.2. Ảnh hưởng của việc sử dụng ảnh kênh X đến việc tạo mô hình số địa hình bằng ảnh giao thoa.

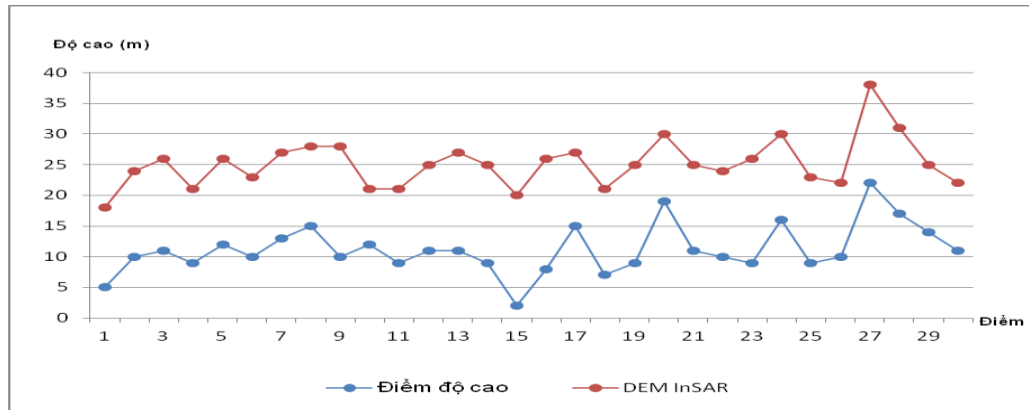
Đối với ảnh kênh X chúng tôi sử dụng ảnh TerraSAR X của Đức với bước sóng là 3,1cm.

Cặp ảnh được chọn của khu vực Hà Nội chụp ngày 10/04/2012 và 26/06/2012, có thời gian giãn cách là 56 ngày, độ phân giải không gian là 10m. Kết quả được thể hiện ở hình 8.

Với mô hình số địa hình được thành lập từ cặp ảnh TerraSAR X, chúng ta dễ dàng nhận thấy rất nhiều lỗ hổng do sự mất tương quan của cặp ảnh và tạo thành những lỗ hổng màu đen. So sánh mô hình số địa hình này với một số điểm khống chế độ cao trên mặt đất (những điểm này được lấy từ bản đồ địa hình tỷ lệ 1:50.000 chúng ta được biểu đồ như hình 9.



Hình 8. Mô hình số địa hình làm từ cặp ảnh TerraSAR X



Hình 9. So sánh một số điểm độ cao của mô hình số làm từ TerraSAR X với điểm khống chế mặt đất

Kết quả trên hình 9 cho thấy độ lệch trung bình khoảng 13m (so với độ cao trung bình của các điểm khống chế mặt đất là 25m). Điều này có thể giải thích là do thời điểm 2012 đã có rất nhiều công trình xây dựng mọc lên, những chùm tia chiếu của vệ tinh đến bề mặt đất bị ảnh hưởng của tán xạ góc gây nên khoảng chênh độ cao và đồng thời do nhà cửa ở Hà Nội san sát nên khi tia tán xạ bị bề gậy cũng không đi đến được mặt địa hình.

**Nhận xét:** So với ảnh JERS-1 kênh L ảnh TerraSAR kênh X có đặc điểm làm mức độ chi tiết của địa hình được thể hiện rõ hơn nhưng khi sử dụng khả năng giao thoa thì loại ảnh này rất dễ bị mất tương quan cặp ảnh do điều kiện khí quyển không đồng nhất. Vì vậy khi nhìn vào mô hình số địa hình làm từ TerraSAR X sẽ có

rất nhiều chỗ bị tối là kết quả của giải mở pha đã không thực hiện được ở vị trí đó.

### Kết luận

Với những lí thuyết đã nêu ở trên về sự ảnh hưởng của các công trình xây dựng tới giá trị của năng lượng tán xạ phản hồi và việc tạo giao thoa cho cặp ảnh chúng tôi muốn khẳng định rằng những ảnh hưởng của của các công trình xây dựng là không thể bỏ qua. Sự ảnh hưởng của các công trình xây dựng chủ yếu gây ra các hiện tượng như bóng, sự chồng đè hay co ngắn, ngoài ra còn có hiện tượng tán xạ góc mà nó là nguyên nhân chính dẫn đến sự sai lệch giá trị năng lượng tán xạ phản hồi.

Do đặc điểm của các công trình xây dựng là có mức độ tán xạ cao nên đôi khi làm việc với khu vực có nhiều công trình xây dựng chúng ta

vẫn thu được các cặp ảnh có độ tương quan tốt, tuy nhiên độ tương quan này không phản ánh đúng thực chất của các yếu tố trên mặt đất, do vậy nếu chúng ta chỉ sử dụng một cặp ảnh để xác định mô hình số địa hình thì mô hình số này có thể sẽ bị cộng thêm các giá trị do yếu tố địa vật. Đó chính là kết quả khảo sát với cặp ảnh JERS-1 kênh L, đặc điểm này thể hiện rất rõ ở những nơi là khu vực thành phố với độ chênh trung bình khoảng 5 m

Đối với ảnh TerraSAR kênh X, độ phân giải không gian của ảnh sẽ tăng lên đáng kể và mức độ chi tiết của địa hình vì vậy cũng được tăng lên, tuy nhiên do kênh X có bước sóng ngắn 3,1 cm rất dễ ảnh hưởng bởi điều kiện khí quyển nên thường bị mất tương quan ảnh, kết quả DEM tạo ra thường bị lỗi ở những nơi bị mất tương quan. Ngược lại kênh L bước sóng dài, độ phân giải không gian thấp hơn nhưng ít bị mất tương quan hơn, mô hình số địa hình vì vậy cũng được tạo ra trơn tru hơn và ảnh hưởng của tán xạ góc cũng ít hơn so với ảnh có bước sóng ngắn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bamler, R. and Just, D., 1993 Phase statistics and decorrelation in SAR interferometry, Proceedings of IGARSS'93, Japan, pp. 980-984.  
 [2]. Balmer. R., Eineder. M., 2008. The Pyramids of Gizeh Seen by TerraSAR-X—A Prime Example for Unexpected Scattering Mechanisms

in SAR, IEEE Geoscience and Remote sensing letters, Vol. 5, No.3, pp468-470.

[3]. Franceschetti, G, A canonical problem in electromagnetic backscattering from buildings, Geoscience and Remotesensing, IEEE Transaction, Vol.40, pp1787-1801, 2002.

[4]. Ghiglia, D. C. and Pritt, M. D., 1998. Two-Dimensional Phase Unwrapping, Theory, Algorithms, and Software, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA, 493p.

[5]. 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.

[6]. Lillesand Thomas M, Kiefer Ralph W., 2000. Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley and Sons, Inc. New York. Chichester. Brisbane. Toronto. Singapore.

[7]. Stilla. U., Soergel, U., Thoemnessen, U., 2003. Potential and limits of InSAR data for building reconstruction in built – up areas, Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 58, pp113-123.

[8]. Stilla. U., 2007. High Resolution Radar Imaging of Urban Areas, Journal of Munchen University, pp149-158.

[9]. Tran. V. A., Masumoto.S., Raghavan. V., Shiono.K., 2007. Accuracy of low relief topographical map derived from JERS-1 SAR Interferometry in Hanoi, Journal of Geosciences – OCU, Vol.50, pp93-106.

## SUMMARY

### Research of the construction impact to the digital terrain model generation from radar images

**Tran Van Anh**, *Hanoi University of Mining and Geology*

This paper presents theory and experiment of Interferometry Radar pair creation to evaluate the impact of some factors to create digital terrain model. In which the author analyzed the influence of scattering angles and characteristics of satellite images in creating Radar interferometry. In the experiment, the JERS-1 L band and TerraSAR X band were used in the digital terrain model generation of Hanoi city. The results were compared with the ground control points collected from topographic map that showed the influence of the scattering to the interpolated high values from 2 pairs these images.