

Đánh giá khả năng ứng dụng ảnh Sentinel-1 trong giám sát lún mặt đất tại Thành phố Hồ Chí Minh

Lê Văn Trung, Nguyễn Tăng Có

Tóm tắt—Kỹ thuật PSInSAR (Permanent Scatterer InSAR) được sử dụng khá phổ biến trên thế giới trong việc xác định biến dạng bề mặt địa hình [1] và dự án thử nghiệm tại TP. Hồ Chí Minh đã thể hiện khả năng của kỹ thuật này trong việc thành lập bản đồ lún mặt đất giai đoạn 2006-2010. Những kết quả đạt được cho thấy PSInSAR có thể được áp dụng trong nghiên cứu các hiện tượng lún mặt đất hiệu quả hơn so với các phương pháp truyền thống. Tuy nhiên, dữ liệu SAR được áp dụng cho tất cả các dự án trước đây đều là ảnh Radar thương mại như ERS, ALOS, COMO SkyMed, ... cần có kinh phí lớn để thu thập đủ số lượng ảnh cần thiết nhằm đảm bảo độ chính xác tốt nhất. Bài báo giới thiệu kết quả so sánh vận tốc lún mặt đất trung bình diễn ra ở TP. Hồ Chí Minh khi áp dụng kỹ thuật PSInSAR để xử lý dữ liệu Sentinel-1 và COSMO SkyMed. Đánh giá kết quả ban đầu cho thấy tính khả thi cao khi áp dụng ảnh Sentinel-1 miễn phí trong việc xác định biến dạng bề mặt địa hình.

Từ khóa—lún mặt đất, xử lý PSInSAR, ảnh Sentinel-1

1 GIỚI THIỆU

Hiện tượng lún bề mặt đất do tác động của tự nhiên và con người khi khai thác tài nguyên dưới lòng đất ngày càng phổ biến trong những thập niên qua. Nhiều thành phố lớn trên thế giới như Thượng Hải (Trung Quốc), Bangkok (Thái Lan), Las Vegas (Mỹ) đã áp dụng kỹ thuật PSInSAR trong giám sát lún bề mặt đất theo thời gian [2]. Dự án thử nghiệm tại Thành phố Hồ Chí Minh trong giai đoạn 2006-2010 cũng đã ghi nhận hiện tượng lún bề mặt với vận tốc lún trung bình - 8 mm/năm [3].

Ngày nhận bản thảo: 27-02-2018; Ngày chấp nhận đăng: 06-8-2018; Ngày đăng: 31-12-2018.

Lê Văn Trung, Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM (email: lvtrungbk@gmail.com)

Nguyễn Tăng Có, Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM (email: nguyentangco@gmail.com)

Tuy nhiên để thực hiện kỹ thuật PSInSAR, cần rất nhiều ảnh SAR (Radar khẩu độ mở tổng hợp) thu nhận tại một khu vực, nhưng khác nhau về vị trí vệ tinh và thời gian thu thập ảnh, nhằm xử lý tín hiệu lệch pha của ảnh trong xác định thay đổi bề mặt địa hình.

Các ảnh SAR thương mại thường được mua với kinh phí cao để áp dụng kỹ thuật PSInSAR như: ALOS PALSAR-2, COSMO SkyMed, Terra-X, ... nhưng cũng đã minh chứng mang lại hiệu quả cao hơn so với các phương pháp truyền thống. Hiện nay, dữ liệu SAR thu từ vệ tinh Sentinel-1 bắt đầu cung cấp miễn phí bởi chương trình Copernicus của Trung tâm Vũ trụ Châu Âu (ESA).

Bài báo nhằm giới thiệu kết quả giám sát lún bề mặt đất khu vực TP. Hồ Chí Minh (giai đoạn 2014-2016) khi so sánh kết quả được xử lý bằng kỹ thuật PSInSAR đối với Sentinel-1 và dữ liệu thương mại COSMO SkyMed. Kết quả ban đầu cho thấy xu thế lún bề mặt đất và vận tốc lún trung bình là tương đồng. Do đó, ảnh miễn phí Sentinel-1 sẽ góp phần cho việc nghiên cứu khoa học và đào tạo sử dụng kỹ thuật PSInSAR trong giám sát biến dạng bề mặt địa hình.

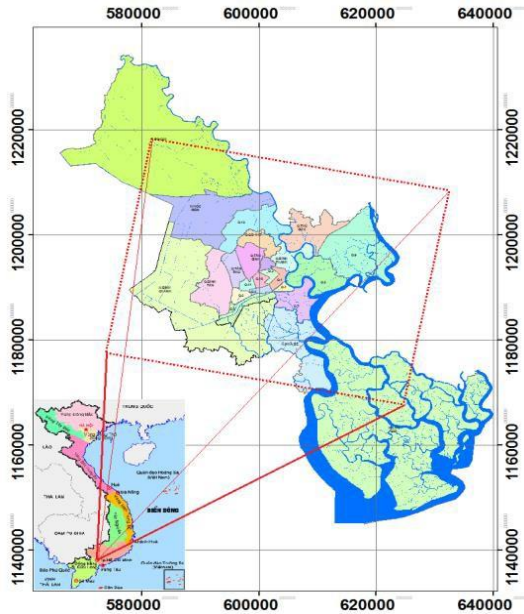
2 KHU VỰC NGHIÊN CỨU VÀ DỮ LIỆU

2.1 Khu vực nghiên cứu

Thành phố Hồ Chí Minh giữ vai trò trung tâm kinh tế lớn nhất cả nước với diện tích 2.129 km². Biến dạng lún mặt đất đã góp phần ảnh hưởng đến vấn đề ngập triều tại một số khu vực có địa hình thấp, do tác động kép của độ cao mặt đất hạ thấp và sự tăng cao mực nước biển theo thời gian.

Do đó từ năm 2008, TP.HCM đã triển khai dự án giám sát biến dạng bề mặt đất bằng mặt đất kỹ

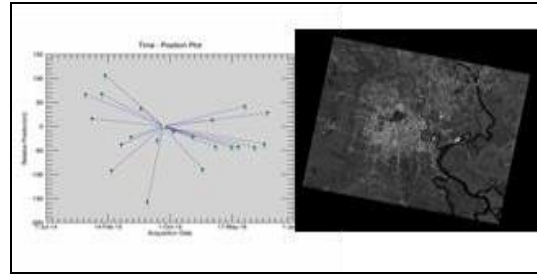
thuật PSInSAR, để giám sát ảnh hưởng lún mặt đất đến quá trình phát triển bền vững đô thị.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu

2.2 Dữ liệu nghiên cứu

Để đánh giá khả năng ứng dụng ảnh Sentinel-1 trong giám sát lún tại khu vực (hình 1) so với dữ liệu SAR thương mại COSMO SkyMed. Thực nghiệm tiến hành với bộ dữ liệu SAR SLC bao gồm 24 ảnh Sentinel-1A và 1 ảnh Sentinel-1B từ ngày 23/11/2014 đến ngày 07/10/2016. Hình 2 thể hiện đường đáy thu nhận ảnh từ 4 m đến 135 m.



Hình 2. Đường đáy thu nhận ảnh Ảnh Sentinel-1

Dữ liệu SAR thứ hai được thu nhận từ vệ tinh COSMO SkyMed thuộc chương trình Quan sát Trái Đất của Cơ quan không gian Ý (ASI) thử nghiệm sử dụng 49 ảnh COSMO SkyMed.

3 PHƯƠNG PHÁP PSINSAR

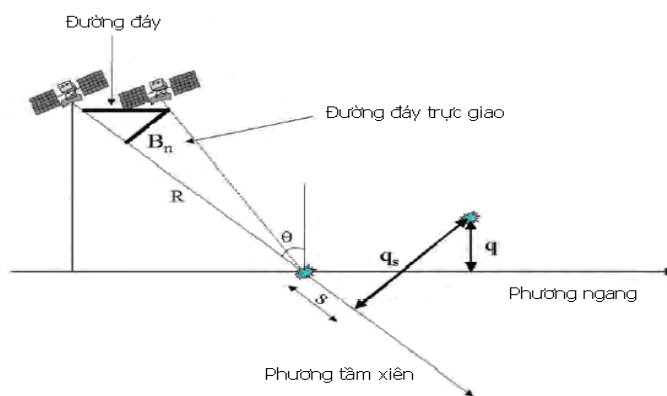
Kỹ thuật PSINSAR sử dụng thông tin pha của ảnh SAR để xác định sự dịch chuyển bề mặt địa hình theo thời gian (pixel mang giá trị biến dạng bề mặt địa hình gọi là những điểm PS). Độ chính xác của kỹ thuật này đạt mức 4,3 mm/năm khi so sánh với phương pháp thủy chuẩn [4] và thường bị tác động mạnh bởi yếu tố đường đáy, tương quan địa hình và ảnh hưởng của khí quyển [2]. Do đó, để phương pháp PS INSAR cho kết quả giám sát lún mặt đất đạt độ chính xác cao, đòi hỏi các đơn vị phải mua một số lượng ảnh đủ lớn (>20 ảnh) để phân tích đồng thời các ảnh đa thời gian.

Bảng 1. So sánh thông số hai vệ tinh

	SENTINEL-1	COSMO SkyMed
Cơ quan chủ quản	Cơ quan vũ trụ Châu Âu (ESA- European Space Agency)	Cơ quan không gian Ý (ASI-Agenzia Spaziale Italiana)
Loại vệ tinh	Radar khẩu độ tổng hợp	Radar khẩu độ tổng hợp
Cơ quan vận hành	ESA	ASI
Số lượng vệ tinh	2 vệ tinh (Sentinel-1A, Sentinel-1B)	4 vệ tinh (COSMO SkyMed 1,2,3,4)
Chu kỳ lặp	12 ngày/ 1 vệ tinh 6 ngày /tổ hợp 2 vệ tinh	16 ngày/ 1 vệ tinh 4 ngày/tổ hợp 4 vệ tinh
Độ phân giải không gian	20 m	5 m
Chiều rộng dải quét	250 km	40 km
Giá thành	Miễn phí	Có phí
Quỹ đạo	693 km	619 km

Trong kỹ thuật PSINSAR [5] giá trị lún mặt đất được xác định theo giá trị pha giao thoa và bằng cách xử lý trên nhiều ảnh SAR khác thời điểm thu nhận

$$\Delta\phi = -\frac{4\pi}{\lambda} \frac{B_n q}{R \sin \theta} + \frac{4\pi}{\lambda} d$$



Hình 3. Các tham số hệ thống InSAR [5]

Trong hình 3 cho thấy:

B_n : Đường đáy trực giao

R : Khoảng cách từ bộ cảm biến SAR đến vật thể

q : Độ lệch giữa các đối tượng liền kề theo phương đứng

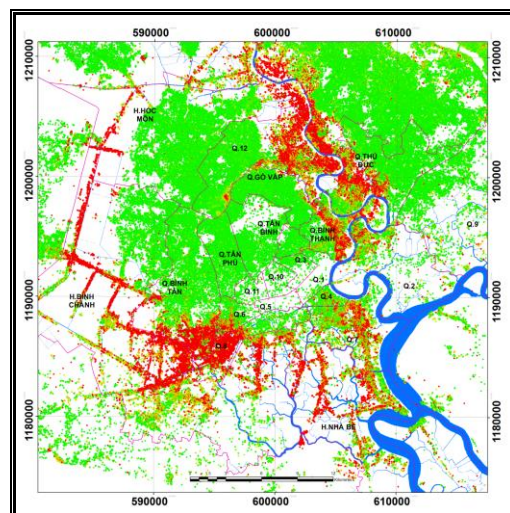
θ : Góc tới

Thuật toán chuyển đổi giá trị pha thành giá trị biến dạng nhằm xác định các điểm PS biến dạng theo thời gian. Thực nghiệm nhằm so sánh kết quả vận tốc lún trung bình năm giai đoạn 2014-2016 khi sử dụng ảnh Sentinel-1 so với kết quả cho bởi ảnh thương mại COSMO SkyMed. Bảng 1 cho thấy mỗi scene ảnh Sentinel-1 bao phủ một khu vực có bề rộng 250 km² với độ phân giải không gian 20 m. Do đó sử dụng ảnh Sentinel-1 là một ưu điểm nổi bật 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. Ngoài ra, khi xử lý PSInSAR cần tối thiểu 21 ảnh SAR, nên cần phải mua tối thiểu 42 ảnh Cosmoskymed. Chi phí mua ảnh Cosmoskymed hiện nay là 39.900 Euro (950 Euro/1 scene ảnh) nên đây là rào cản cho công tác đào tạo và nghiên cứu khoa học trong việc áp dụng kỹ thuật PSInSAR.

4 KẾT QUẢ

4.1 Giám sát lún bề mặt đất từ dữ liệu Sentinel-1

Sử dụng 24 ảnh Sentinel tạo ra điểm PS như hình 4 được xác định trong phạm vi 2.165 km². Theo [4] vùng ổn định khi vận tốc lún ít hơn 5 mm/năm, còn mức độ lún được chia theo 03 cấp độ dựa trên vận tốc lún trung bình như sau:

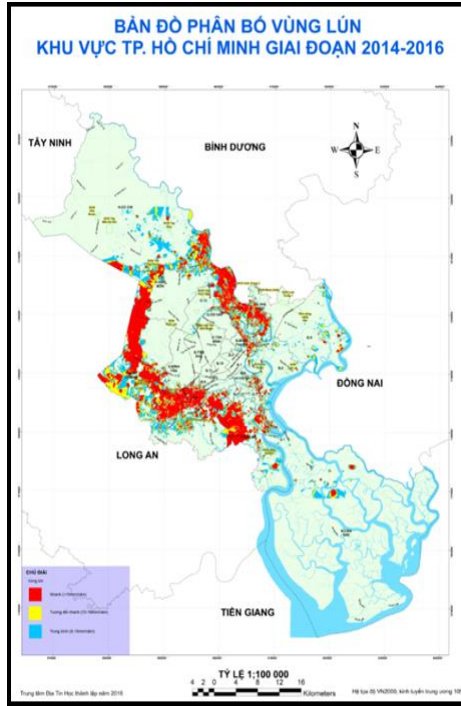


Hình 4. Kết quả phân tích biến dạng mặt đất theo điểm PS

Bảng 2. Phân chia cấp độ theo vận tốc lún mặt đất

Cấp độ	Vận tốc lún trung bình (mm/năm)	Màu sắc
Lún trung bình	5 – 10	■
Lún tương đối nhanh	10 – 15	■
Lún nhanh	>15	■

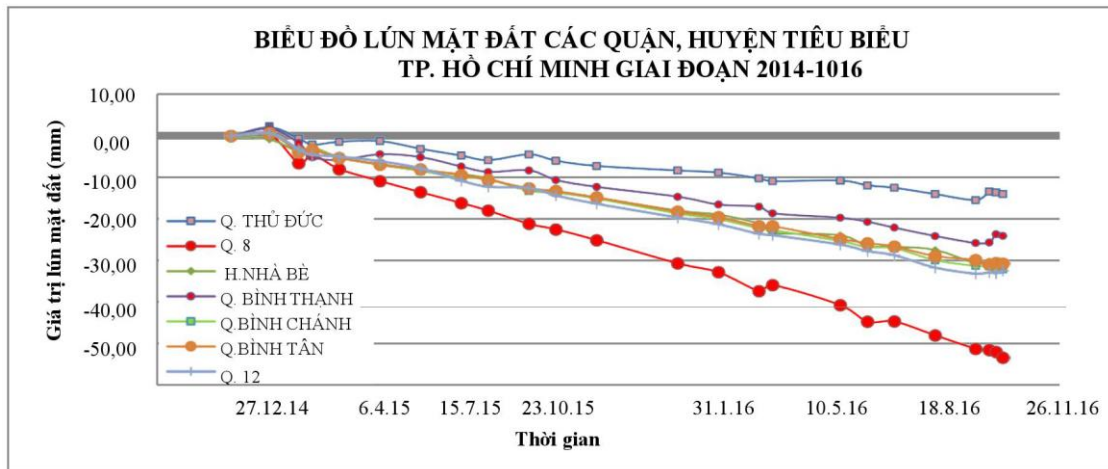
Các khu vực xuất hiện nhiều điểm PS với giá trị lún mạnh chủ yếu tập trung tại các khu vực quận 7, 8, Bình Chánh và quận 12. Phân chia thành 3 cấp độ theo bảng 2.



Hình 5. Thành lập bản đồ phân bố vùng lún mặt đất TP. HCM

Từ giá trị của các điểm PS, tiến hành nội suy thành lập bản đồ phân bố vùng lún cho khu vực TP.HCM giai đoạn 2014 - 2016 được thể

hiện tại hình 5. Kết quả phân tích giá trị lún của quận/huyện theo thời gian cho bởi hình 6.



Hình 6. Giá trị lún mặt đất theo thời gian

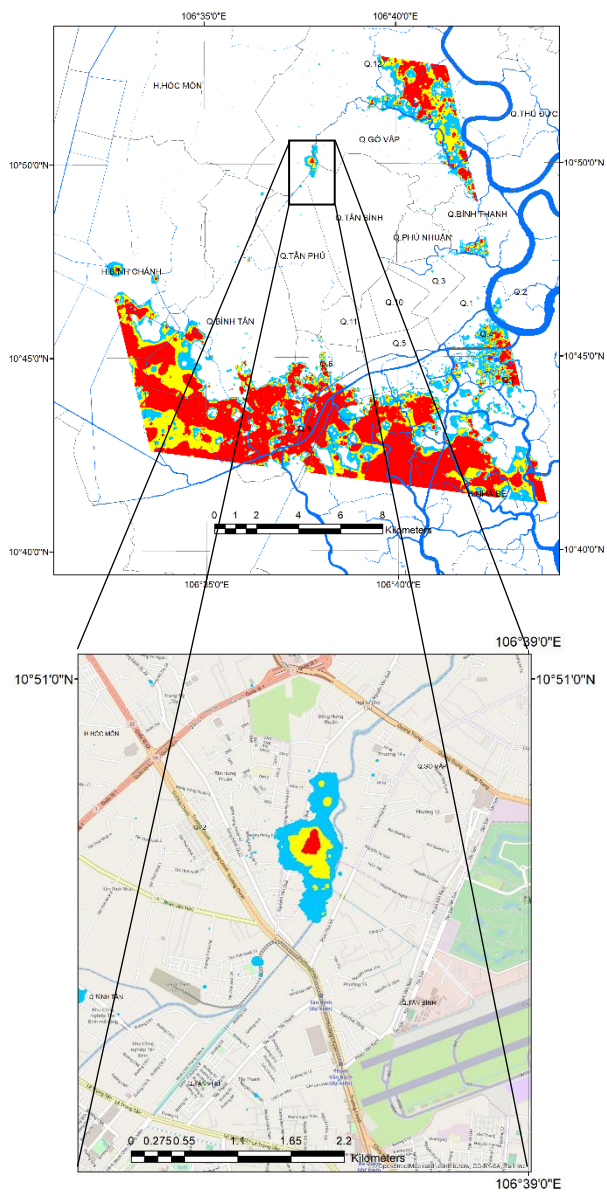
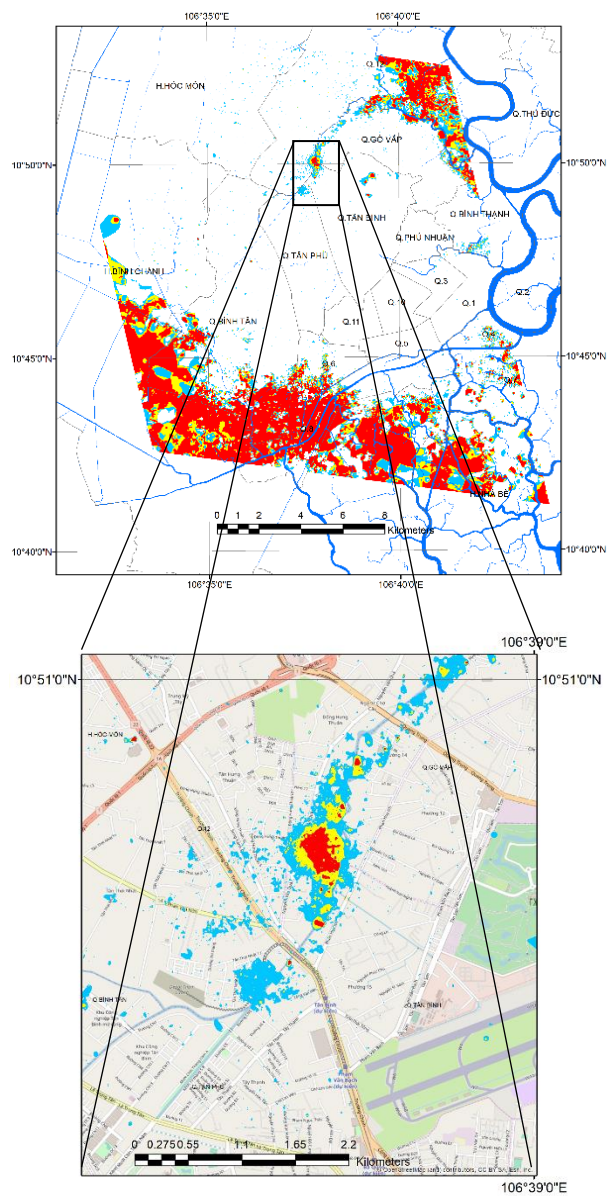
4.2 So sánh kết quả với COSMO SkyMed

Để đánh giá khả năng ứng dụng ảnh Sentinel-1, kết quả xác định lún mặt đất được so sánh với kết quả sử dụng kỹ thuật PSInSAR đối với ảnh thương mại COSMO SkyMed. Trong

đó, quy trình phân tích, xử lý và nội suy điểm PS được áp dụng cùng thuật toán Ordinary Krigging để kiểm nghiệm kết quả khi thay thế ảnh SENTINEL-1 (miễn phí) bởi ảnh COSMO SkyMed (có phí). Hình 7 cho thấy kết quả thu được khá tương đồng trên cùng khu vực.

Kết quả PSInSAR từ dữ liệu Sentinel-1

Kết quả PSInSAR từ COSMO SkyMed



Trong đó:

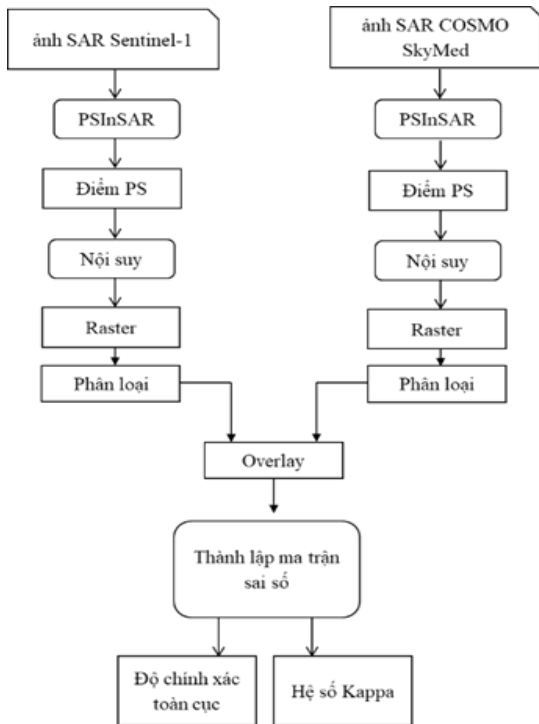
Vùng lún nhanh: ■ (> 15 mm/năm)

Vùng lún tương đối nhanh: ■ (10 – 15 mm/năm)

Vùng lún trung bình: ■ (5 – 10 mm/năm)

Hình 7. So sánh kết quả và xử lý lún bề mặt đất giữa 2 loại dữ liệu SAR

Quy trình đánh giá độ chính xác khi thay thế ảnh SENTINEL-1 (miễn phí) bởi ảnh COSMO SkyMed (có phí) được thể hiện bởi hình 8:



Hình 8. Quy trình so sánh kết quả xử lý

Bảng 3. Ma trận sai số giữa hai kết quả

		Sentinel 1			
		>15mm	10-15 mm	5-10mm	Tổng cộng
COSMO SkyMed	>15mm	3.543,97	601,49	487,67	4.633,13
	10-15 mm	899,91	454,92	408,66	1.763,49
	5-10mm	476,85	309,18	435,74	1.221,76
	Tổng cộng	4.920,73	1.365,59	1.332,07	7.618,39

Kết quả xử lý ảnh thương mại COSMO SkyMed giai đoạn 2014-2016 khu vực TP.HCM được chọn làm chuẩn để so sánh kết quả đạt được khi thay thế bởi ảnh Sentinel-1 (miễn phí). Ma trận sai số cho thấy độ chính xác toàn cục đạt 82% nên kết quả nhận được từ 2 loại dữ liệu khá tương đồng.

5 KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho thấy sau khi xử lý PSInSAR cho dữ liệu miễn phí Sentinel-1 và dữ liệu thương mại COSMO SkyMed đều có các điểm PS chứa thông tin giá trị lún và vận tốc lún trung bình/ năm đều tương đương nhau cho vùng ổn định và lún tương đối nhanh của khu vực TP. Hồ Chí Minh. Từ các điểm PS, tiến hành nội suy để thành lập bản đồ phân bố vùng lún mặt đất giai đoạn 2014 - 2016 cho thấy khả năng ứng dụng ảnh Sentinel-1 cho kết quả bản đồ phân bố vùng biến dạng mặt đất khá tương đồng (độ chính xác toàn cục đạt 82% khi so với kết quả sử dụng ảnh COSMO SkyMed) Kết quả thử nghiệm ban đầu cho thấy khả năng ứng dụng ảnh Sentinel-1 trong giám sát xu thế lún bề mặt đất và mở ra hướng tiết kiệm chi phí mua ảnh, cho công tác đào tạo và nghiên cứu khoa học khi áp dụng kỹ thuật PSInSAR.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Chương trình: TÂY NAM BỘ trong đề tài “Xây dựng hệ thống thông tin địa lý Đồng bằng Sông Cửu Long” mã số KHCN-TNB.ĐT/14-19/C03

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Ferretti, C. Prati, and F. Rocca, "Nonlinear subsidence rate estimation using permanent scatterers in differential SAR interferometry," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 38, pp. 2202-2212, 2000.
- [2] A. Ferretti, C. Prati, and F. Rocca, "Permanent scatterers in SAR interferometry," *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, vol. 39, pp. 8-20, 2001
- [3] N. Phien-Wej, P. Giao, and P. Nutalaya, "Land subsidence in Bangkok, Thailand," *Engineering geology*, vol. 82, pp. 187-201, 2006.
- [4] H. T. M. Dinh, L. V. Trung, and L. T. Thuy, "Mapping ground subsidence phenomena in Ho Chi Minh City through the radar interferometry technique using ALOS PALSAR data," *Remote Sensing*, vol. 7, pp. 8543-8562, 2015.
- [5] Lê Văn Trung, Hồ Tổng Minh Định, "Ứng dụng kỹ thuật insar vi phân trong quan trắc biến dạng mặt đất khu vực TP. HCM" *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ*, tập 11, số 12, 2008.

Assessment of capacity of using sentinel-1 images in monitoring land subsidence in Ho Chi Minh City

Le Van Trung*, Nguyen Tang Co

Ho Chi Minh City University of Technology, VNU-HCM

*Corresponding email: lvtrungbk@gmail.com

Received: 27-02-2018; Accepted: 06-8-2018; Published: 31-12-2018

Abstract—Permanent Scatterer InSAR (PSInSAR) technique is used commonly to evaluate land subsidence for some cities in the world and the pilot project in Ho Chi Minh City has shown the capability of this technique for mapping land subsidence in the period from 2006 to 2010. The result shows that PSInSAR can be applied to study the land subsidence phenomenon more efficiently than any traditional methods. However, SAR data often are commercial images such as ERS, ALOS,

COSMO SkyMed... that a large number of SAR scenes must be collected to ensure the best results. This paper introduces results of the average subsidence velocities in Ho Chi Minh City that PSInSAR technique is applied to process SAR data from Sentinel-1 and COSMO SkyMed satellite. Evaluating the preliminary result showed that the capacity of using free Sentinel-1 images to replace commercial images for monitoring land subsidence.

Index Terms—land subsidence, Sentinel-1 image, PSInSAR technique