

# MEGAKENT İSTANBUL'DA MEYDANA GELEN YÜZEY DEFORMASYONLARININ DINSAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

Saygın ABDİKAN,<sup>1,2</sup>, Fabiana CALÒ<sup>3</sup>, Füsün BALIK ŞANLI<sup>4</sup>, Antonio PEPE<sup>3</sup>, Tolga GÖRÜM<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, [sabdikan@beun.edu.tr](mailto:sabdikan@beun.edu.tr)

<sup>2</sup> BeeSense, Consultancy and Engineering on Geo-information Technologies, 2628 VG, Delft, Netherlands - [s.abdikan@beesense.nl](mailto:s.abdikan@beesense.nl)

<sup>3</sup> National Research Council (CNR) of Italy – Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell' Ambiente (IREA), Diocleziano 328, 80124 Napoli, Italy - [calo.f@irea.cnr.it](mailto:calo.f@irea.cnr.it), [pepe.a@irea.cnr.it](mailto:pepe.a@irea.cnr.it)

<sup>4</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler, İstanbul, [fbalik@yildiz.edu.tr](mailto:fbalik@yildiz.edu.tr)

<sup>5</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler, İstanbul, [gorum@yildiz.edu.tr](mailto:gorum@yildiz.edu.tr)

## ÖZET

*Istanbul jeolojik afetler bakımından yüksek risk altında olan bir metropoldür. Bununla birlikte nüfusun artması, arazi kullanımlarının hızla değişmesine, doğanın tahrip edilmesine ve şehirleşmenin hızla kontrolsüz bir şekilde büyümesine sebep olmaktadır. Sonuç olarak şehir, doğal ve insan kaynaklı afetlere karşı ciddi oranda savunmasız kalmaktadır. Bu afetlerden yüzey çökmeleri gibi yerleşim yerlerini ve altyapıları tehdit eden kütle hareketi, depreme kıyasla gözardı edilmektedir. Bu nedenle bu tür deformasyonların belirlenmesi ve gözlenmesi ileriye yönelik risk analizinin yapılması açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı İstanbul megakentini etkileyen deformasyonların mekansal dağılımının analiz edilmesidir. Gelişmiş bir Diferansiyel SAR İnterferometri (Differential SAR Interferometry-DInSAR) yöntemi olan Kısa Baz (Small Baseline Subset-SBAS) yöntemi ile Kasım 2010 ve Haziran 2012 tarihleri arasında alınmış 43 TerraSAR-X görüntüsü kullanılmıştır. Özellikle şehir alanlarında ve kıyı bölgelerde meydana gelen yüzey çökmeleri analiz edilmiştir.*

**Anahtar Sözcükler:** Diferansiyel SAR İnterferometri, Kısa baz yöntemi, TerraSAR-X, Deformasyon analizi.

## ABSTRACT

### ANALYSIS OF SURFACE DEFORMATION IN ISTANBUL MEGACITY THROUGH DinSAR TECHNIQUE

*As a metropolis Istanbul is under high risk in the frame of geological hazards. In addition to this increase of population causes frequently change of land cover, demolition of nature and uncontrolled fast urbanization. Consequently, urban has become very vulnerable against natural and human-made hazards. Subsidence related surface deformation which is ignored in comparison with earthquakes, threatens infrastructures and residential areas. Because of that determining and monitoring of these kind of deformation is vital for further risk analysis. The aim of this study is to analyse spatial distribution of deformation pattern in Istanbul megacity. As an Advanced Differential SAR Interferometry (DInSAR) technique Small Baseline Subset (SBAS) approach was applied to TerraSAR-X dataset of 43 images which are acquired between November 2010 and June 2012.*

**Keywords:** Differential SAR Interferometry, Small Baseline Subset, TerraSAR-X, Deformation Analysis

## 1. GİRİŞ

Türkiye'de nüfus yoğunluğunun en yüksek olduğu İstanbul megakenti pekçok kez doğal afetlere maruz kalmıştır. Bunlardan en yakın zamanda meydana gelen ve yıkıcı olanı 1999 yılında meydana gelen Gölcük depremidir (Akarvardar vd. 2009; Walter vd. 2010).

Bölgede meydana gelen deformasyonların belirlenmesi amacıyla literatürde farklı gruplar InSAR tekniğini kullanmış ve incelemiştir. Önceki çalışmalarda sadece C-banta ve düşük mekansal ve zamansal çözünürlüğe sahip ERS ve ENVISAT uydu görüntüleri kullanılmıştır (Akarvardar vd. 2009; Walter vd. 2010). Bunlardan Walter vd, (2010) 1992 ve 2010 yılları arasında alınmış ERS ve ENVISAT görüntülerini kullanarak ortalama 1 cm/yıllık bir deformasyon hızı elde etmiştir. İstanbul bölgesinin ayrıca heyelan ve sel gibi diğer doğal afetlere de maruz kaldığı görülmektedir (Akar vd. 2008, Akarvardar vd. 2009, Einfalt ve Keskin 2010).

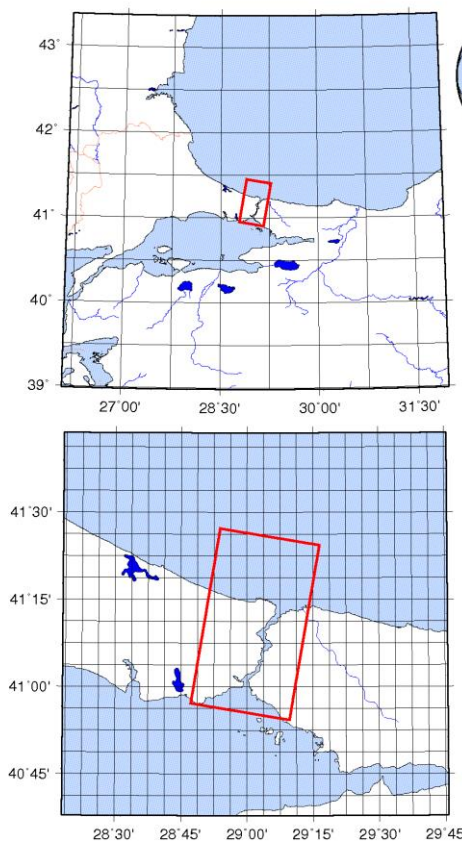
Yüksek çözünürlüklü SAR görüntülerinin kullanılması deformasyon analizinde yeni bir çağ açmıştır. Daha yüksek mekansal ve zamansal çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri sonuçlar üzerinde yüksek hassasiyet sağlamaktadır. Yüksek çözünürlüğe sahip X-banta C-banta göre daha avantajlı olduğu farklı çalışmalarda ele alınmıştır. Ciampalini vd. (2014) heyelan bölgesinde binalarda meydana gelen deformasyonların analizinde X-banta sahip TerraSAR-X ve COSMO-SkyMed sonuçlarının C-banta sahip ERS, ENVISAT ve RADARSAT-2 sonuçlarına göre

hada fazla PS nokta yoğunluğuna sahip olduğunu göstermiştir. Calò vd. (2014) heyelan çalışmasında X-bant COSMO-SkyMed ile C-bant ERS-ENVISAT sonuçlarını incelemiştir. Çalışmada X-bant sonuçlarının deformasyona ait mekansal alanın daha geniş bir alan kapladığı gösterilmiştir. Wegmuller vd. (2010) de çalışmalarında yüksek çözünürlüğe sahip TerraSAR-X sonuçlarının ERS yada ENVISAT sonuçlarına göre önemli ölçüde daha fazla PS noktası sağladığı vurgulanmıştır.

Bu çalışmada Berardino vd. (2002) tarafından geliştirilen SBAS, gelişmiş DInSAR yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşım, zamansal ve mekansal analizi sağlaması açısından yer yüzünde meydana gelen afetlerin analizinde önemli ve güçlü bir araç olmaktadır. Uzun zaman aralığında meydana gelen ve yavaş gelişen deformasyonun mekansal gelişimi bu yöntem ile görülebilmektedir. Bu araştırmada, şehir alanlarında meydana gelen yüzey deformasyonu nedeniyle risk altında olan alanlar ele alınmıştır. Çalışmanın amacı özellikle deformasyondan etkilenmiş alanların belirlenmesi ve kısa tekrarlı geçiş özelliğine sahip TerraSAR-X veri setinin sağladığı katkının gösterilmesidir.

## 2. ÇALIŞMA ALANI

İstanbul ili Türkiye'nin kuzeybatısında, kuzeyinde Karadeniz ve güneyinde Marmaraz denizi ile sınırlanmıştır (Şekil 1). Denizler birbirine İstanbul Boğazı ile birbirine bağlıdır. Bu boğaz, hem Avrupa kıtasında da hem de Asya kıtasında yerleşime sahip İstanbul sehrini de iki bölgeye ayırmaktadır. Eski yerleşim yerlerinin de bulunduğu eski yarımada ve Haliç de Avrupa bölgesinde yer almaktadır. Yaklaşık 5300 km<sup>2</sup> lik bir alanı kaplayan İstanbul şehri, yaklaşık 15 milyonluk nüfusu ile Avrupa da ki ikinci büyük metropolitandır.



Şekil 1. Çalışma alanı.

## 3. INSAR ANALİZİ

Bu çalışmada 43 adet yüksek çözünürlüklü TerraSAR-X görüntüsü kullanılmıştır. Strip map alım modunda elde edilen görüntüler Kasım 2010 ve Haziran 2012 tarihleri arasında alınmıştır. Radar veri seti, LAN1708 numaralı proje kapsamında Alman Uzay Merkezi (German Aerospace Centre - DLR) tarafından sağlanmıştır. Görüntü işleme sırasında topografik faz bileşeninin kestirimi ve çıkarılması için 1/5000 lik haritalardan üretilen 5m çözünürlüğe sahip bir sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır. Kullanılan TerraSAR-X verisine ait detaylı bilgi Tablo 1. de verilmiştir.

**Çizelge 1.** TerraSAR-X verisine ait özellikler.

Veriye ait Parametreler	Özellikler
Geliş açısı	39.8 (min) 42.2 (max)
Görüntü alım modu	StripMap
Işın modu	Strip_012
Polarizasyon	HH
Mekansal çözünürlük	3x3 m
Ürün türü	SSC

Çalışmada SBAS-DINSAR tekniği kullanılarak İstanbul bölgesini kapsayan TerraSAR-X verisine ait ilk sonuçlar sunulmaktadır. Bu çalışmada çözünürlük düşürülerek (30 m.) bölgesel ölçekte elde edilen sonuçlar sunulmuştur (Berardino vd. 2002). 1,5 yıllık zaman dilimine ait ortalama deformasyon hız değerleri de Şekil 2. de gösterilmiştir.

Bu uygulamada öncelikle şehir alanlarında meydana gelen, boğazın merkez olduğu ve Haliç bölgesini de içine alan Avrupa bölgesi ile Asya bölgesinde de kıyı ve yerleşim yerleri ele alınmıştır. Deformasyon haritası yüzeyde meydana gelen yerdeğiştirmelerin (kırmızı renk ile gösterilen noktalar) daha çok kuzeybatıda Avrupa bölgesinde Haliç kıyılarında meydana geldiğini göstermektedir. Bu bölgede maksimum deformasyon değeri yaklaşık olarak  $\sim -5$  cm/yıl olarak ölçülmüştür. Çalışma bölgesinin güneydoğu bölgesinde de gözlenen deformasyon değerleri yalasıklık olarak  $\sim -3.4$  cm/yıl değerine kadar çıkmaktadır. Deformasyon haritasında yeşil renkli bölgeler sabit olan ve deformasyona maruz kalmayan yerleri göstermektedir.

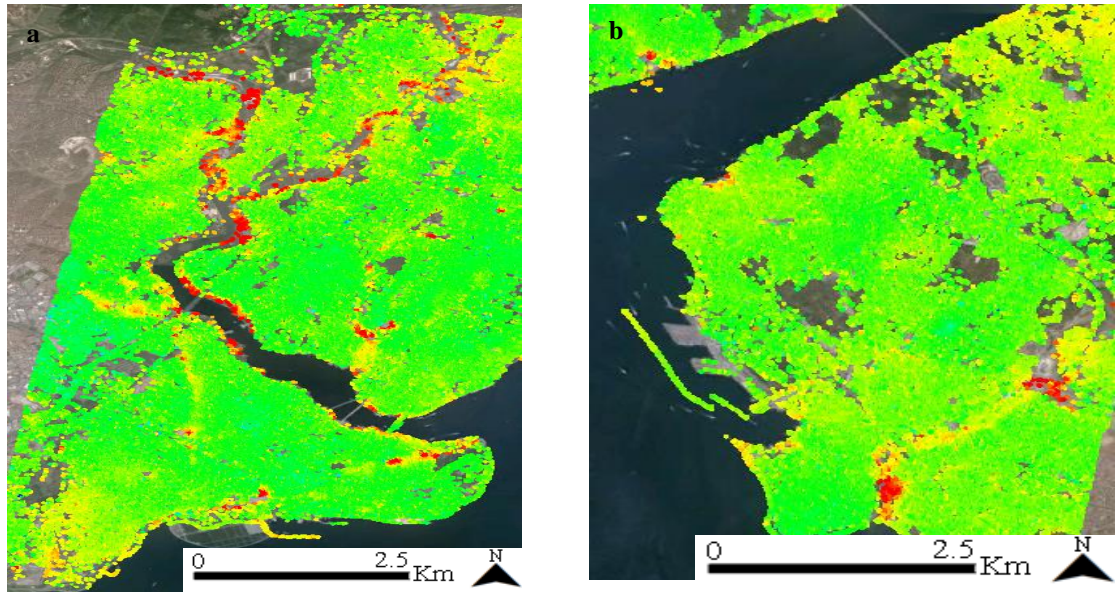


Figure 2. Ortalama deformasyon hız vektör haritası; a) Avrupa yakası, b) Asya yakası.

#### 4. SONUÇLAR

Mega şehir İstanbul'da meydana gelen yüzey deformasyonlarının mekansal dağılımının araştırılması amacıyla gelişmiş bir DInSAR tekniği olan SBAS tekniği kullanılmıştır. Araştırmaya ait ilk sonuçların gösterildiği bu çalışmada İstanbul metropolitan şehri içinde farklı bölgelerde deformasyonların meydana geldiği SBAS yaklaşımı ile gösterilmiştir. Bu tekniğin sonraki çalışmalarda risklerin azaltılmasına yardımcı olabileceği ve sürdürülebilir şehir planlama için önemli katkılar sağlayabileceği vurgulanarak, yöntemin ileriki çalışmalarda da yürütülmesinin gerekliliği öngörülmüştür. Bir sonraki aşamada bölgeye ait GPS yer ölçümleri de kullanılarak mevcut SBAS sonuçları ile karşılaştırılacaktır.

## SONSÖZ

Bu çalışma TÜBİTAK 2221 nolu program tarafından desteklenmiştir. TerraSAR-X uydu görüntüleri DLR tarafından LAN1708 nolu proje kapsamında sağlanmıştır.

## KAYNAKLAR

**Akar, I., Uysal, C., Maktav, D.,** 2008, Determination of Natural Disaster by Integration of Remote Sensing and GIS: The Yeniçiftlik Stream Basin Model in Istanbul, Turkey, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Beijing, China, Vol. XXXVII. Part B8, pp. 249-254.

**Akarvardar, S., Feigl, K. L. and Ergintav, S.,** 2009, Ground deformation in an area later damaged by an earthquake: Monitoring the Avcılar district of Istanbul, Turkey, by satellite radar interferometry 1992–1999. *Geophys. J. Int.*, 17 8(2), pp. 976–988.

**Berardino, P., Fornaro, G., Lanari, R. and Sansosti, E.,** 2002, A new Algorithm for Surface Deformation Monitoring based on Small Baseline Differential SAR Interferograms. *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, 40 (11), pp. 2375-2383.

**Calò, F., Ardizzone, F., Castaldo, R., Piernicola Lollino P., Tizzani, P., Guzzetti, F., Lanari, R., Angeli, M.G., Pontoni, F., Manunt M.,** 2014, Enhanced landslide investigations through advanced DInSAR techniques: The Ivancich case study, Assisi, Italy, *Remote Sensing of Environment*, 142, pp. 69–82.

**Ciampalini, A., Bardi, F., Bianchini, S., Frodella, W., Del Ventisette, C., Moretti, S., Casagli, N.,** 2014, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 33, 166–180.

**Einfalt, T., Keskin F.,** 2010, Analysis of the Istanbul Flood 2009. *BALWOIS Conference 2010 - Ohrid, Republic of Macedonia - 25, 29 May 2010.*

**Walter, T.R., Manzo, M., Manconi, A., Solaro, G., Lanari, R., Motagh, M., Woith, H., Parolai, S., Shirzaei, M., Zschau, J., Baris, S., Ansal, A.,** 2010, Satellite Monitoring of Hazards: A focus on Istanbul, Turkey. *Eos, Transactions, American Geophysical Union*, 91, 36, 313-314.

**Wegmuller, U., Walter, D., Spreckels., V., Werner, L.C.,** 2010, Nonuniform Ground Motion Monitoring With TerraSAR-X Persistent Scatterer Interferometry, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48 (2), pp. 895 – 904.