

# HAVA FOTOĞRAFI VE OPTİK UYDU GÖRÜNTÜLERİ YARDIMIYLA YATAY YER DEĞİŞTİRMELERİN BELİRLENMESİ

**Tarık TÜRK**

Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü  
tturk@cumhuriyet.edu.tr

*Geliş Tarihi:* 25 Ekim 2012, *Kabul Tarihi:* 01 Ocak 2013

## **ÖZET**

*Deprem ve heyelan gibi doğal afetler sonucunda meydana gelen yer değiştirmelerin belirlenmesinde GPS ve uydu görüntülerinden faydalanılmaktadır. Bu tür alanlarda yüzey deformasyonlarının ve kütle hareketlerinin belirlenmesinde hızlı, etkin ve ekonomik olan uydu görüntüleri yaygın olarak kullanılmaktadır.*

*Deprem ve heyelandan kaynaklanan yatay yer değiştirme ve kütle hareketlerinin belirlenebilmesi amacıyla California Teknoloji Enstitüsü tarafından bir yöntem geliştirilmiştir. Co-Registration of Optically Sensed Images and Correlation (COSI-Corr) olarak isimlendirilen bu yöntem, optik görüntülerden başta deprem olmak üzere heyelan ve buzul bölgelerinde meydana gelen yatay yöndeki yer değiştirmelerin ölçülebilmesine olanak tanımaktadır. Özellikle, yazılımın piksel altı işlem yapma yeteneği sayesinde yüzey yırtılmalarının 1/20 piksel civarında doğru olarak haritalanması ve kosmik sapmaların hassas bir şekilde ölçülmesi mümkün olabilmektedir. Bu yöntemin, günümüzde deprem ve buzul bölgelerinde yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmekte ancak heyelan bölgelerinde kullanımına yeterince rastlanmamaktadır.*

*Dünya’da ve ülkemizde sık olarak meydana gelen, can ve mal kaybına neden olan heyelanlara ait yer değiştirmelerin belirlenmesi ve kütle hareketlerinin ortaya konulması önem taşımaktadır. Bu çalışmada, COSI-Corr yöntemi kullanılarak Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde seçilen pilot alanda heyelana yönelik gerçekleştirilen çalışmalardan ve elde edilen sonuçlardan bahsedilmektedir.*

**Anahtar Kelimeler:** COSI Corr, Hava Fotoğrafı, Optik Uydu Görüntüsü, Yatay Yer Değiştirme.

## **DETERMINING HORIZONTAL DISPLACEMENTS BY AERIAL PHOTOS AND OPTICAL SATELLITE IMAGES**

### **ABSTRACT**

*GPS and satellite images are used for determining displacements resulting from natural disasters such as earthquake and landslide. Satellite images, which are fast, effective and economic tools for revealing surface deformations and mass movements in such regions have commonly been used.*

*A method was developed for determining horizontal displacements and mass movements resulting from large earthquakes, glacier flow, landslides, and sand dune migrations. This method, which is named as Co-Registration of Optically Sensed Images and Correlation (COSI-Corr), makes it possible to measure horizontal ground deformation from optical images in earthquake, glacier, landslide, and sand dune regions. In particular, its sub-pixel capabilities allow for accurate mapping of surface ruptures and measurement of co-seismic offsets. Although it has been commonly applied to earthquake, sand dune and glacier regions today, it has not been used sufficiently in landslide regions.*

*Landslides, which have frequently been encountered in the world, cause loss of live and asset. It is highly important to reveal displacements and mass movements resulting from landslides. This study focuses on studies performed for landslide by COSI-Corr method and obtained results in the study area selected on the North Anatolian Fault Zone.*

**Keywords:** COSI-Corr, Aerial Photograph, Optical Satellite Image, Horizontal Displacement.

## 1. GİRİŞ

Deprem ve heyelan gibi doğal afet bakımından riskli olan bölgelerde meydana gelen yatay yer değiştirmelerin belirlenmesinde GPS ve jeodezik yöntemlerin yanısıra uzaktan algılama yöntemlerinden de faydalanılmaktadır [1-5]. Bu yöntemler, yüzey deformasyonlarının ve kütle hareketlerinin belirlenmesinde hızlı, ekonomik ve etkindir.

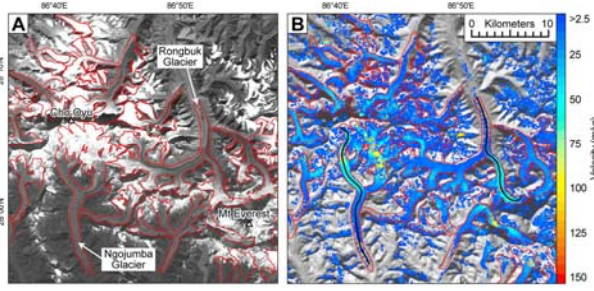
Uzaktan algılama yöntemlerinden biri olan PS-InSAR yöntemi; depremden kaynaklanan deformasyon [6-7], heyelan [7, 8], volkanik alanlardaki yer değişimleri [9] ile birlikte hidrolojik [10], jeolojik [11], madencilik [12] ve kentsel alanlarda [13] meydana gelen düşey yöndeki hareketlerin belirlenmesinde son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. PS-InSAR yönteminde  $n$  adet görüntü ( $n > 20$  olmak üzere) kullanılarak [7]  $n-1$  adet interferogram oluşturulmakta ve mm/yıl doğrulukta sonuçlar elde edilebilmektedir.

Co-Registration of Optically Sensed Images and Correlation (COSI-Corr) olarak isimlendirilen bir diğer uzaktan algılama yöntemi ise, deformasyon ve kütle hareketlerinin belirlenebilmesi amacıyla California Teknoloji Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem ile gerçekleştirilen çalışmalarda, piksel altı işlem ile korelasyon (sub-pixel correlation) sağlandığından 1/20 piksel civarında bir doğruluk elde edilebilmektedir [14]. Ayrıca yöntem, yer kontrol noktalarının arazide GPS ile ölçümü gibi fazladan bir bilgiye gereksinim duymadan hava fotoğraflarının ya da optik uydu görüntülerinin otomatik ve hassas bir şekilde ortorektifikasyonunu ve birlikte doğrultulmasını (co-registration) gerektirir. Yöntem, hava fotoğrafları için kalibrasyon raporlarına, optik uydu görüntüleri için ise uydu yükseklik açısı, azimut açısı, uydu izleri vb. gibi bu uydu görüntülerinin meta verileriyle birlikte, çalışma alanının yüksek doğruluklu sayısal yükseklik modeline (SYM) ihtiyaç duymaktadır. Farklı periyottaki uydu görüntülerinin yukarıda belirtilen özelliklerinin (uydu yükseklik açısı, azimut açısı, uydu izleri vb.) birbirine yakın olması gerekmektedir [14, 15].

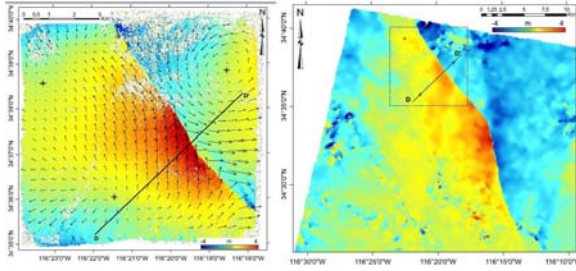
Bu yöntemin kullanıldığı yazılım paketi, bilimsel amaçlı çalışmalarda kullanılmak üzere araştırmacılara ücretsiz olarak sunulmaktadır [16, 17]. Başta deprem olmak üzere buzul, kumul ve heyelan bölgelerinde meydana gelen yatay yöndeki yer değiştirmeler, GPS ile periyodik ölçme yaklaşımına benzer bir şekilde farklı zamanlara ait hava fotoğrafı veya uydu görüntüsü çiftlerinden faydalanarak ölçülebilmekte, yüzey yırtılmaları doğru bir şekilde haritalanabilmekte, aynı bölgeye ait farklı zamanlardaki görüntüler arasında korelasyon kurulmakta ve korelasyon belirlendikten sonra bu zaman dilimi içerisinde meydana gelen yatay yöndeki yer değiştirmeler vektör olarak da

gösterilebilmektedir. Bu yöntem ile gerçekleştirilen çalışmalarda, uygun sayısal görüntü işleme teknikleri kullanılması durumunda piksel altı işlem ile korelasyon sağlandığından 1/20 piksel civarında bir doğruluk elde edilebilmektedir [14]. Bu durum optik bir uydu görüntüsü çözünürlüğünün yirmide biri kadar çözünürlükte işlem gerçekleştirilebileceği anlamına gelmektedir. Örneğin, ASTER uydu görüntüsünün çözünürlüğü 15 metredir. Bu durumda, Cosi Corr yöntemiyle bir alanın farklı tarihlerdeki ASTER uydu görüntülerini kullanarak o alanda meydana gelen 15 metre/20= 0.75 metreden büyük olan yer değiştirmeler tespit edilebilecektir. Bu yöntemle elde edilen sonuçların doğruluğu, yüksek doğruluklu sayısal yükseklik modelinin kullanılmasının yanısıra birlikte doğrultma ve ortorektifikasyon işlemlerinin hassas bir şekilde gerçekleştirilmesine bağlı olarak değişebilmektedir. Burada doğruluk; SPOT 5, Quickbird veya Worldview gibi daha yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin kullanımına göre farklılık gösterecektir.

Birçok araştırmacı tarafından bu yöntem kullanılarak kumul, buzul, heyelan ve deprem bölgelerinde farklı ölçekte çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır. Herman vb. [18], Yeni Zelanda, Alplerin güneyinde ASTER uydu görüntülerini kullanarak buz kütlelerinin hareketini incelemiş ve çıkan sonuçları GPS ölçümlerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırmıştır. Bazı yerlerde çok yakın, bazı yerlerde ise farklı sonuçlar elde etmişlerdir. Avouac vb. [19], 8 Ekim 2005 tarihinde meydana gelen Kashmir/Pakistan depremi sonucunda meydana gelen yüzey deformasyonunu ASTER uydu görüntülerini kullanarak incelemiş ve bununla birlikte sismik analiz gerçekleştirmiştir. Bu çalışma sonucunda, sub-pixel correlation yönteminin daha sonraki büyük depremlerde kullanılabileceği belirtilmiştir. Taylor vb. [20], Kasım 2002 tarihinde Denali'de 7.9 şiddetinde meydana gelen depremdeki ko-sismik yer değiştirmeleri SPOT uydu görüntüleri yardımıyla incelemiş ve bunun sonucunda ko-sismik sapmaları ortaya koymuşlardır. Elde edilen bu değerlerin daha önceki jeodezik çalışmalarla uyumlu olduğunu vurgulamışlardır. Necsoio vb. [21], Kobuk Nehri vadisinde (Alaska) kum birikintili alandaki değişimleri ASTER ve SPOT uydu görüntüleriyle incelemiştir. Bunun sonucunda, her iki uydu görüntüsünden tutarlı bir sonuç ortaya çıktığını ve bu tür alanlarda hızlı, ekonomik ve geçerli bir yöntem olduğunu vurgulamışlardır. Scherler vb. [22], Nepal'deki Khumbu (Everest Dağı bölgesi) ve Hindistan'daki Garhwal Himalayaları'nda bulunan buzullar bölgesindeki değişimi SPOT uydu görüntüleriyle incelemiştir (Şekil 1). Ayoub vb. [17], 7.1 şiddetindeki California Hector Mine ve 7.3 şiddetindeki California Landers depremlerini hava fotoğraflarından faydalanarak inceleyerek fay yırtılmalarını ve yer değiştirmeleri ortaya koymuşlardır (Şekil 2).

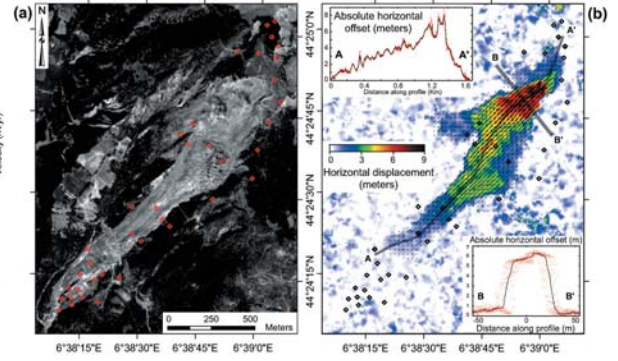


**Şekil 1.** Nepal (Everest Dağı) ve Hindistan Garhval Himalayaları'ndaki buzullarda meydana gelen yer değişiklikleri.



**Şekil 2.** Hector Mine depreminde meydana gelen yer değişikliklerine ait harita.

Konca vb. [23], 1999'da Düzce'de 7.1 şiddetinde meydana gelen fay kırılma sürecini SPOT 5 uydu görüntüleri, GPS ve INSAR'dan faydalanarak incelemiştir. Bu inceleme sonucunda, deprem öncesi ve sonrası SPOT 5 uydu görüntülerinin korelasyonu yüzey deformasyonunu başarılı bir şekilde ortaya koymuşlardır. Wei vb. [15], tarafından yapılan çalışmada, Mexico'da 2010 yılında meydana gelen El Mayor-Cucapah depremi GPS, INSAR ve COSI-Corr yöntemleriyle ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve üç farklı yöntem kullanılarak faya ilişkin birtakım modeller yapılmıştır. Bu çalışma, bilim dünyası açısından son derece önemli bir kaynak olarak kabul edilen dergilerden birisi olan Nature Geoscience'da yayınlanmıştır. Leprince vd. [16], bu yöntemi Fransa Alpler'deki Ubaye vadisindeki La Valetta heyelanında SPOT 5 uydu görüntülerinden faydalanarak uygulamışlardır (Şekil 3).



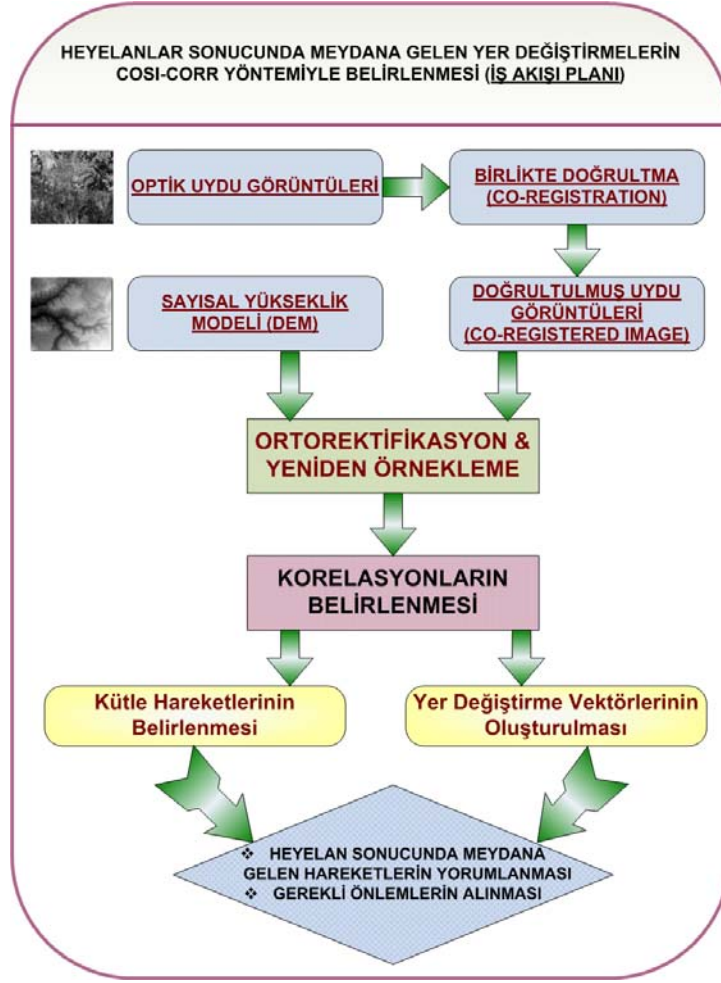
**Şekil 3.** La Valetta heyelanı sonrasında COSI-Corr yöntemiyle elde edilen yer değiştirme haritası

Bu çalışma sonucunda, yılda maksimum 9 metreye yakın bir yer değiştirme tespit etmişlerdir. Ayrıca, bu çalışmanın sonuçları ile InSAR'dan elde edilen sonuçların tutarlı olduğunu ortaya koymuşlardır. Hermas vd. [24], SPOT uydu görüntülerini kullanarak Mısır'daki kum tepelerinin olduğu (kumul) bölgede meydana gelen yer değişiklikleri incelemiş, sonuçları daha önce bu bölgede diğer yöntemlerle yapılan çalışmalarla karşılaştırmış ve COSI-Corr yönteminin diğer sonuçlarla tutarlı olduğunu vurgulamıştır.

Bu çalışmada, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde heyelan bakımından riskli olan Sivas ili Koyulhisar ilçesi civarında meydana gelen heyelanlardan kaynaklanan yer değişikliklerinin optik uydu görüntüleri yardımıyla ortaya konması amaçlanmıştır.

## 2. YÖNTEM

Heyelan bakımından riskli alanlarda meydana gelen yer değişiklikleri ve kütle hareketlerini ortaya koymak son derece önemlidir. Çünkü bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, hem heyelan bölgesinin mevcut durumunu ortaya koyacak hem de heyelan bakımından tehdit edilen yerleşim alanlarında gerekli önlemlerin alınmasını sağlayacaktır. Bu araştırma kapsamında izlenecek yöntem ve gerçekleştirilecek çalışmalar Şekil 4'de sunulmuştur.



Şekil 4. Heyelanlar sonucunda meydana gelen yatay yer değişikliklerinin COSI-Corr yöntemiyle ortaya konması.

Bu yöntemde, öncelikle her iki periyota ait optik uydu görüntülerinin daha yüksek çözünürlüklü bir uydu görüntüsü yardımıyla birlikte doğrultulması (Co-Registration) işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra doğrultulan bu görüntülere, yüksek doğruluğa sahip SYM ile ortorektifikasyon işlemi uygulanır. Bu işlem adımından sonra, birtakım sayısal görüntü işleme teknikleri kullanılarak (farklı pencere boyutları belirleme, görüntü eşleştirme, eşik değeri (threshold) atama, yeniden örnekleme parametreleri vb.) her iki görüntü arasında Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönündeki korelasyonlar tespit edilir. Belirlenen bu korelasyonlar yardımıyla yatay yer değiştirme vektörleri ortaya konur. Böylece, heyelan bölgelerinde meydana gelen kütle hareketleri belirlenebilir.

Bu çalışmada, pilot alanın farklı tarihlerdeki optik uydu görüntüleri, bu görüntülerin değerlendirilmesi ve görselleştirilmesi için ENVI uzaktan algılama-sayısal görüntü işleme yazılımı ile birlikte Arc GIS yazılımı kullanılmıştır.

### 3. UYGULAMA

#### 3.1 Çalışma Alanı

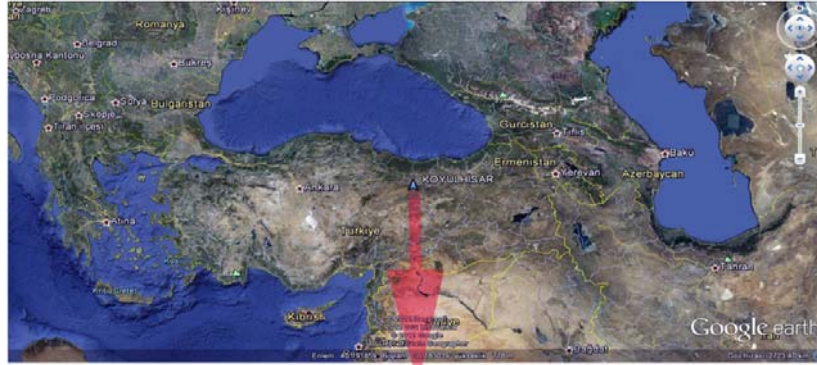
Bu çalışmada, Sivas ili Koyulhisar ilçesi ve civarı pilot çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Koyulhisar; KAFZ üzerinde yer alan, ortalama eğimi 20°'nin üzerinde olan yüksek dağlık bir bölgedir. Bu bölgede ortalama olarak yılda iki heyelan gerçekleşmektedir [25]. Bu bölgenin çalışma alanı olarak seçilme gerekçesi, bölgede birçok heyelanın meydana gelmesidir.

Koyulhisar ilçesi, Sivas'a 180 km uzaklıkta olup, batıda Tokat'ın Reşadiye, kuzeyde Ordu ilinin Mesudiye, doğuda Suşehri, güneyde Zara ve Hafik ilçeleri ile komşudur. Yüksek eğimli bir röllyefe sahip olması nedeniyle bölgede birçok heyelan meydana gelmektedir. Bu heyelanların hareket yönü genel olarak Kelkit Vadisi yamaçlarında yer alan yerleşim bölgelerini tehdit etmektedir. Kütle hareketleri, genellikle ağır geçen kış mevsiminden sonra Koyulhisar'ın daha çok kuzeyinde moloz akmaları şeklinde gözlenmektedir. 19 Ağustos 1998 ve 20 Haziran 2000 tarihlerinde meydana gelen heyelanların sonucunda 14 kişi hayatını kaybetmiş, Koyulhisar

kent merkezi başta olmak üzere, ormanlar ve tarım alanları büyük zarara uğramıştır [26].

Diğer taraftan, 17 Mart 2005 tarihinde Sivas ili, Koyulhisar ilçesi, Sugözü köyünün batısındaki Kuzulu mahallesinin doğu yamacının üst kotlarında meydana gelen Kuzulu heyelanı sonucunda yer değiştiren kotlar daki kuzey-güney doğrultulu Agnus Deresi malzeme, doğu-batı doğrultulu dar ve dik bir vadi içerisinde yer değiştirmeye devam etmiş ve daha düşük kotlar

boyunca yaklaşık 1 km daha ilerledikten sonra hareket sonlanmıştır. Agnus Deresi çevresinde kurulmuş olan Kuzulu mahallesinde 15 kişi hareket eden malzemenin altında kalarak yaşamını yitirmiştir. Ayrıca, Kuzulu köyü camisinin yanı sıra, 21 ev ve 375 adet hayvan da hareket eden malzeme tarafından tamamen örtülmüştür [27].



Şekil 5. Pilot çalışma alanı (Sivas ili Koyulhisar ilçesi ve civarı) ve bölgede meydana gelen heyelanların konumu.

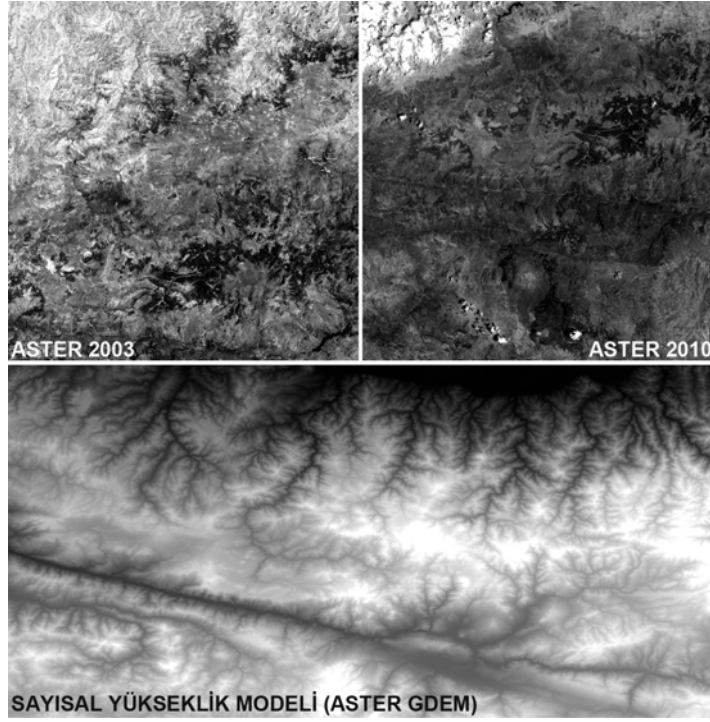
### 3.2 Kullanılan Veriler

Bu çalışmada, Sivas ili Koyulhisar ilçesi ve etrafını içine alan 15 Haziran 2003 ve 11 Temmuz 2010 tarihli 15 metre çözünürlüklü ASTER uydu görüntüleri, çalışma alanına ait 30 metre çözünürlüğündeki ASTER GDEM sayısal yükseklik modeli verileri ile birlikte, MTA tarafından hazırlanan bölgede meydana gelen önceki heyelanları gösteren heyelan envanter haritası kullanılmıştır (Şekil 6). Ayrıca, ASTER uydu

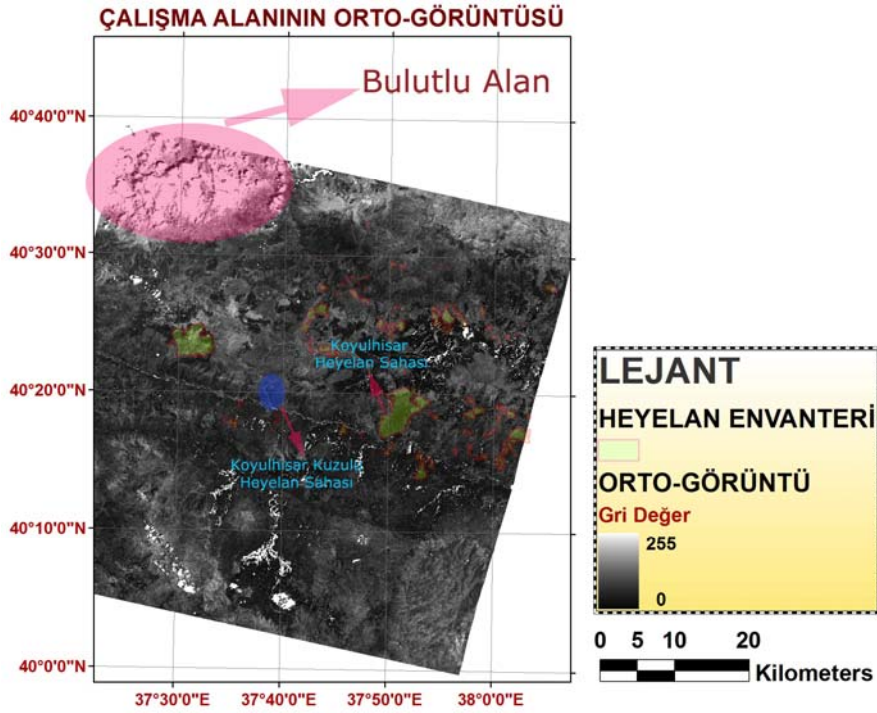
görüntülerinin birlikte doğrultulması için çalışma alanına ait Quickbird uydu görüntüsü kullanılmıştır.

### 3.3 Elde Edilen Bulgular

2003 ve 2010 yıllarına ait ASTER uydu görüntülerinin değerlendirilmesi sonucunda, çalışma alanının orto-görüntüsü üretilmiş ve mevcut heyelan envanterleri bu orto-görüntü ile bütünleştirilmiştir (Şekil 7).



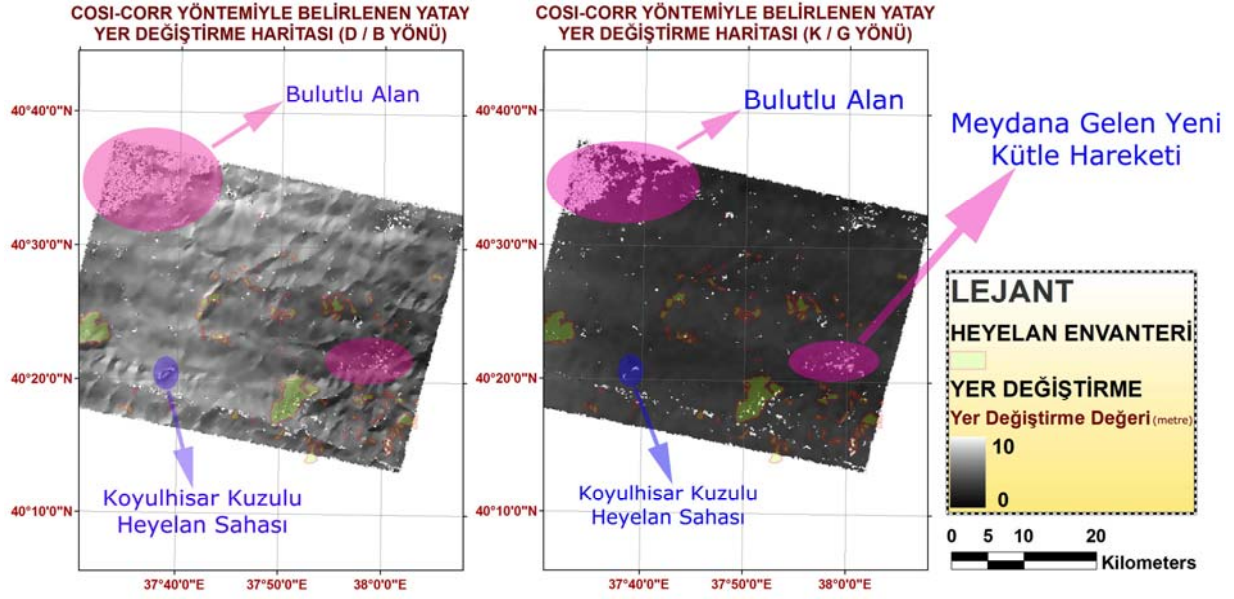
Şekil 6. Çalışma kapsamında kullanılan veriler.



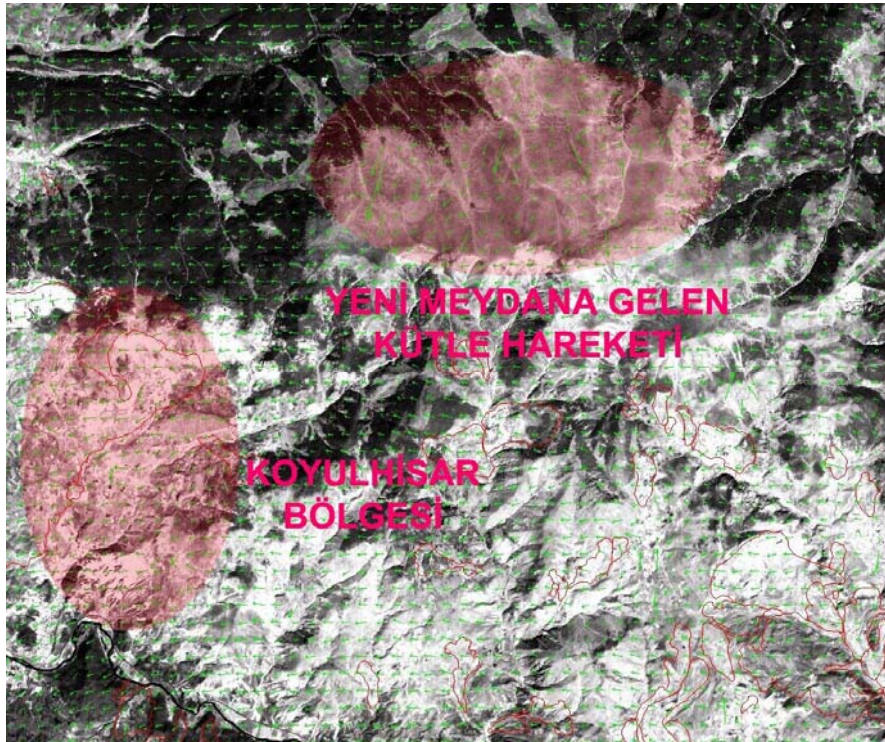
Şekil 7. Çalışma alanının orto-görüntüsü ve heyelan envanter haritası.

COSI-Corr yöntemiyle her iki periyoda ait ASTER uydu görüntüleri hesaba katılarak bu süreç içerisinde meydana gelen yatay yer değişiklikleri belirlenmiştir (Şekil 8). Ayrıca, hareketin dikkat çekici seviyede ol-

duğu yerlerde yatay yer değiştirme vektörleri üretilerek meydana gelen yeni kütle hareketleri ortaya konmuştur (Şekil 9). Bu bölgede, yılda 1 ile 8.6 metre arasında değişen yer değişiklikleri tespit edilmiştir.



Şekil 8. Çalışma alanında D/B ve K/G yönlerinde belirlenen yer değiştirme haritaları.



Şekil 9. Meydana gelen yeni kütle hareketleri ve yer değiştirme vektörleri.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, heyelan bölgelerinde meydana gelen kütle hareketlerinin optik uydu görüntüleri yardımıyla ortaya konması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, ASTER uydu görüntüleri yardımıyla KAFZ üzerinde seçilen Koyulhisar ilçesi ve civarında meydana gelen yer değişiklikleri ve kütle hareketleri tespit edilmiştir.

Bir önceki bölümdeki şekillerde vurgulandığı gibi, heyelan envanterinde bulunmayan bu çalışmada tespit edilen kütle hareketleri net bir şekilde görülmektedir. COSI-Corr yöntemi, heyelan envanter haritasında bulunmayan ve daha önce bilinen Kuzulu heyelanı ile birlikte Koyulhisar ilçe merkezinin kuzey doğusunda bulunan bir bölgede meydana gelen kütle hareketini net bir şekilde

ortaya çıkarmıştır. Çalışma alanında yeni meydana gelen bu kütle hareketinin bulunduğu yerde yılda 1 ile 8.6 metre arasında değişen yer değiştirmeler tespit edilmiştir. Böylece, bu yöntemin hem heyelan envanter çalışmalarına yardımcı bir yöntem olarak kullanılabilmesi, hem de meydana gelen bu kütle hareketlerinin boyutları hakkında bilgi edinilebileceği bu çalışma ile gösterilmektedir. Ayrıca, daha önce meydana gelen heyelanlardaki kütle hareketinin devam edip etmediğini de belirlemek mümkündür.

Bu çalışma ile heyelan bölgelerinde meydana gelen kütle hareketlerinin optik uydu görüntüleri yardımıyla nasıl ortaya konulabileceği, KAFZ üzerindeki bir uygulama örneğiyle gösterilmektedir. Böylece, literatürde heyelan bölgelerinde COSI-Corr yönteminin kullanımına ilişkin eksik olan bu boşluk bu çalışma ile doldurulmaya çalışılmıştır. Bu çalışmadan üretilen sonuçlar, yöntemin heyelan bölgelerinde de başarılı bir şekilde uygulanabileceğini ortaya koymuştur.

Diğer taraftan, ASTER uydu görüntüsü yerine SPOT, Worldview ve Quickbird gibi daha yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile birlikte yüksek doğruluklu SYM kullanılarak, daha hassas çalışmalar da yapılabilir. Bununla birlikte bu çalışmaların doğruluğu, GNSS yöntemleri ile karşılaştırılabilir. Böylece, heyelan bölgelerinde yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda bu yöntemlerin karşılaştırılmasıyla daha farklı sonuçlar elde edilebilir.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] Corsini, A., Pasuto, A., Soldati, M. and Zannoni, A. (2005) "Field Monitoring of the Corvara Landslide Gökçeoğlu vd. 27 (Dolomites, Italy) and its Relevance for Hazard Assessment", *Geomorphology*, Vol. 66, pp. 149-165.
- [2] Dercourt, J., (2000) "Apport du GPS au Suivi en Continu des Mouvements de Terrain: Application au Glissement-Coulee de Super-Sauze (Alpes-de-Haute-Provence, France)" *Earth and Planetary Sciences*, Vol. 331, pp. 175-182.
- [3] Gili, JA, Corominas, J and Rius, J (2000) "Using Global Positioning System Techniques in Landslide Monitoring" *Engineering Geology*, Vol. 55, pp. 167-192.
- [4] Malet, JP, Maquaire, O and Calais, E (2002) "The Use of Global Positioning System Techniques for The Continuous Monitoring of Landslides: Application to the Super-Sauze Earthflow (Alpes-de-Haute-Provence, France)" *Geomorphology*, Vol.43, pp. 33-54.
- [5] Squarzoni, C., Delacourt, C., Allemand, P., (2005) "Differential Single-Frequency GPS Monitoring of the La Valette landslide (French Alps)" *Engineering Geology*, Vol. 79, pp. 215-229.
- [6] Burgmann, R, Hilley, G, Ferretti, A and Novali, F (2006) "Resolving Vertical Tectonics in the San Francisco Bay area from Permanent Scatterer InSAR and GPS Analysis" *Geological Society of America*, Vol. 34, No.3, 221-224.
- [7] Colesanti, C., Ferretti, A., Prati, C. and Rocca, F., (2001) "Seismic Faults Analysis in California by Means of the Permanent Scatterers Technique, Third International Symposium on Retrieval of Bio- and Geophysical Parameters from SAR Data for Land Applications, 11-14 September, in Sheffield, UK., 125 - 131.
- [8] Wasowski, J and Gostelow, P (1999) "Engineering Geology Landslide Investigations and SAR Interferometry" *Proceedings of FRINGE '99*, Liège, Belgium.
- [9] Hooper, A., Zebker, H., Segall, P., and Kampes, B., (2004) "A New Method for Measuring Deformation on Volcanoes and Other Natural Terrains Using InSAR Persistent Scatterers" *Geophysical Research Letters*, Vol. 31, L23611.
- [10] Gao, L. and Zeng, Q., (2007) "Terrain Deformation Monitoring in Three Gorges Area Using Permanent Scatterers SAR Interferometry" *ScanGIS'2007 - Proceedings of the 11th Geographical Information Sciences*, 5th-7th September 2007.
- [11] Meisina, C., Zucca, F., Fosatti, D., Ceriani, M., and Allievi, J., (2006) "Ground Deformation Monitoring by Using the Permanent Scatterers Technique: The Example of the Oltrepo Pavese (Lombardia, Italy)" *Engineering Geology*, Vol. 88(2006), pp. 240-25.
- [12] Jung, H.C. and Min, K.D., (2005) "Observing Coal Mining Subsidence from JERS-1 Permanent Scatterer Analysis" *Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS*, Proceedings, 25-29 July 2005 pp:4578- 4581.
- [13] Kim, JS, Kim, DJ., Kim, SW, Won, JS and Moon, WM (2007) "Monitoring of Urban Land Surface Subsidence Using PSInSAR" *Geosciences Journal*, Vol. 11, No.1, pp. 59-73.
- [14] Leprince, S., Barbot, S., Ayoub, F. and Avouac, J.P. (2007) "Automatic and Precise Orthorectification, Coregistration and Subpixel Correlation of Satellite Images, Application to Ground Deformation Measurements" *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, Vol.45, No.6, pp. 1529-1558.
- [15] Wei, S., Eric, F., Leprince, F., Sladen, A., Avouac, J.P., Helmberger, D., Hauksson, E., Chu, R., Simons, M., Hudnut, K., Herring, T. and Briggs, R., (2011) "Superficial Simplicity of the 2010 El Mayor-Cucapah Earthquake of Baja California in Mexico" *Nature Geoscience*, Vol. 4, pp. 615-618.



- [16] Leprince, S., Berthier, E., Ayoub, F., Delacourt, C. and Avouac, J.P., (2008) "Monitoring Earth Surface Dynamics with Optical Imagery" *EOS, Trans. Amer. Geophys. Union*, Vol. 89, No.1, pp.1-12.
- [17] Ayoub, F., Leprince, S. and Avouac, J.P., (2009) "Co-Registration And Correlation Of Aerial Photographs For Ground Deformation Measurements" *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 64, pp. 551-560.
- [18] Herman, F, Anderson, B, Leprince, S (2011) "Mountain Glacier Velocity Variation During a Retreat/Advance Cycle Quantified Using Sub-Pixel Analysis of ASTER images" *Journal of Glaciology*, Vol. 57, No. 202, pp. 197-207.
- [19] Avouac, JP, Ayoub, F, Leprince, S, Konca, O and Helmberger, DV (2006) "The 2005, Mw 7.6 Kashmir Earthquake: Sub-Pixel Correlation of ASTER Images and Seismic Waveforms Analysis" *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 249, pp. 514-528.
- [20] Taylor, M., Leprince, S., Avouac, J.P. and Sieh, K., (2008) "Detecting Coseismic Displacements in Glaciated Regions: an Example from the Great November 2002 Denali Earthquake Using Spot Horizontal Offsets" *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 270, pp. 209-220.
- [21] Necsoiu, M, Leprince, S, Hooper, MD, Dinwiddie, CL, McGinnis, NR and Walter, GR. (2009) "Monitoring Migration Rates of an Active Subarctic Dune Field Using Optical Imagery" *Remote Sensing of Environment*, Vol. 113, pp. 2441-2447.
- [22] Scherler, D, Leprince, S and Strecker, MR (2008) "Glacier-surface Velocities in Alpine Terrain From Optical Satellite Imagery-Accuracy Improvement and Quality Assessment" *Remote Sensing of Environment*, Vol. 112, pp. 3806-3819.
- [23] Konca, O, Leprince, S, Avouac, JP and Helmberger, DV (2010) "Rupture Process of the 1999 Mw 7.1 Duzce Earthquake from Joint Analysis of SPOT, GPS, InSAR, Strong-Motion, and Telesismic Data: A Supershear Rupture with Variable Rupture Velocity" *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 100(1), pp. 267-288.
- [24] Hermas, E., Leprince, S. and El-Magd, I.A., (2012) "Retrieving Sand Dune Movements Using Sub-Pixel Correlation Of Multi-Temporal Optical Remote Sensing Imagery, Northwest Sinai Peninsula, Egypt" *Remote Sensing of Environment*, Vol. 121, 51-60.
- [25] Gökçe, O., Özden, Ş., Demir, A., (2008) "Türkiye'de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri" *T.C Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı*, Ankara.
- [26] Sendir, H. and Yılmaz, I., (2002) "Structural, Geomorphological And Geomechanical Aspects of the Koyulhisar Landslides in the North Anatolian Fault Zone (Sivas, Turkey)" *Env Geol*, Vol. 42, pp. 52-60.
- [27] Gökçeoğlu, C., Sönmez, H., Nefeslioğlu, A.H., Duman, T.Y. and Can, T., (2005) "The 17 March 2005 Kuzulu landslide (Sivas, Turkey) and landslide-susceptibility map of its near vicinity" *Engineering Geology*, Vol. 81, pp. 65-83.
- [28] Hastaoğlu, K.Ö., (2009) "GPS Hızlı Statik Yöntem ile Heyelanların İzlenebilirliğinin Araştırılması: Sivas Koyulhisar Örneği" *Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.

## ÖZGEÇMİŞ

### Yrd. Doç. Dr. Tarık TÜRK

1979 yılında Sivas'ta doğmuştur. 2001 yılı Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü mezunudur. Yüksek lisansını 2004 ve doktorasını 2009 yılında aynı üniversitenin "Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri" programında tamamlamıştır. 2010 yılında Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü'ne Yrd. Doç. olarak atanmış ve halen bu görevini sürdürmektedir. 2011 yılında (Eylül-Aralık) üç ay süreyle Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), University of Twente'de (Hollanda) araştırmacı olarak çalışmıştır. 4 adet ulusal projede (DPT, CÜBAP vb.) araştırmacı olarak görev almış ve halen görev aldığı TÜBİTAK projesi ve uluslararası araştırma projesi mevcuttur. Fotogrametri, coğrafi bilgi sistemleri ve afet bilgi sistemleri ilgi alanlarındandır. Birçok ulusal, uluslararası makale ve bildirileri ulusal ve SCI tarafından taranan dergilerde, sempozyumlarda yayınlanmıştır.