

OPTİK UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE HEYELAN ALANLARINDAKİ KÜTLE HAREKETLERİNİN İNCELENMESİ: KUZEY ANADOLU FAY ZONU ÖRNEĞİ

T. Türk^a, T. Görüm^b, A.C. Birdal^a, O. Selçuk^c

^a Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas - tarikturk@gmail.com, anilcanbirdal@hotmail.com

^b İstanbul Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, 34459, Laleli - İstanbul - tgorum@gmail.com

^c GeoGIS Şirketi Ankara - oselcuk03@gmail.com

ANAHTAR KELİMELE: Heyelan, Fotogrametri, Uzaktan Algılama, Yatay Yer Değiştirme, Cosi-Corr

ÖZET:

Co-Registration of Optically Sensed Images and Correlation (CosiCorr) olarak isimlendirilen uzaktan algılama yöntemi, deformasyon ve kütle hareketlerinin belirlenebilmesi amacıyla California Teknoloji Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem ile gerçekleştirilen çalışmalarda, piksel altı korelasyon sağlandığından 1/10 piksel civarında bir doğruluk elde edilebilmektedir. Birçok araştırmacı tarafından bu yöntem kullanılarak kumul, buzul, heyelan ve deprem bölgelerinde farklı ölçekte çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada, heyelanlar sonucunda meydana gelen yer değiştirmelerin ve kütle hareketlerinin optik uydu görüntüleri yardımıyla belirlenmesine yönelik araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, heyelanların sıklıkla olduğu Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde bulunan Suşehri ilçesi ve civarında meydana gelen heyelanlar, 11 Ağustos 2006 ve 21 Eylül 2011 tarihli SPOT 5 2.5 metre çözünürlüklü uydu görüntüleri ve CosiCorr yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, çalışma alanında meydana gelen heyelanlarda Kuzey-Güney yönünde 4.9 m ile -7.7 m, Doğu-Batı yönünde ise 8.2 m ile -5 m arasında kütle hareketleri tespit edilmiştir. Bu sonuç, bölgede bulunan heyelan alanlarındaki aktivitenin sürdüğünü göstermektedir.

KEY WORDS: Land slide, Photogrammetry, Remote Sensing, Horizontal displacement, Cosi-Corr

ABSTRACT:

The Co-Registration of Optically Sensed Images and Correlation (CosiCorr) remote sensing method has been developed by California Technology Institute in order to determine deformations and mass movements. This method provides sub-pixel correlation, thus giving 1/10 near-pixel accuracy. In addition, it has been used at different scales by many researchers in sand dune, glacier, landslide and earthquake regions.

In this study, optical satellite images are used to determine horizontal displacements and mass movements caused by landslides. In this context, landslides occurred near Suşehri town and its surrounding which is located on top of North Anatolian Fault Zone (NAFZ), where landslides happen frequently, were examined with CossiCorr method and SPOT 5 optical satellite images (11 August 2006, 21 September 2011) which have 2.5 meters resolution. As a result, at the study area horizontal displacements in North-South direction between 4.8 m and -7.7 m, at East-West direction between 8.2 m and -5 m horizontal displacements were detected due to landslides occurred in the region. This result indicates there is still activity in the landslide region.

1. GİRİŞ

Heyelan bölgelerindeki hareketlerin izlenmesi için GPS, PS-INSAR, Total Station, nivo gibi çok çeşitli ölçme teknikleri kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda, GPS ile heyelanların izlenmesi çalışmalarına oldukça yaygın olarak rastlanmaktadır (Gili vd., 2000; Malet vd., 2002; Coe vd., 2003; Mora vd., 2003; Sato vd., 2003; Squarzoni vd., 2005; Bruckl vd., 2006; Tagliavini vd., 2007; Psimoulis vd., 2007; Peyret vd., 2008; Hastaoğlu, 2009). Böylece, heyelan bölgelerindeki yüzey deformasyonları hassas ve net bir şekilde ortaya konulmaktadır. GPS tekniğinin yanı sıra, yüzey deformasyonlarının ve kütle hareketlerinin belirlenmesinde hızlı, etkin ve ekonomik olan en önemli yöntemlerden biri de uzaktan algılama yöntemleridir.

Uzaktan algılama yöntemlerinden biri olan PS-INSAR yöntemi; depremden kaynaklanan deformasyon (Colesanti vd., 2001b, Bürgmann vd. 2006), heyelan (Colesanti ve Wasowski, 1999),

volkanik alanlardaki yer değişimleri (Hooper vd. 2004) ile birlikte hidrolojik (Gao ve Zeng, 2007), jeolojik (Meisina vd., 2006), madencilik (Jung vd., 2007) ve kentsel alanlarda (Ng ve Ge, 2007, Kim vd., 2007) meydana gelen hareketlerin belirlenmesinde son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer taraftan literatür incelendiğinde, PS-INSAR yöntemi ile genel olarak milimetre seviyesinde uydu bakış yönüne göre düşey yöndeki deformasyonlar tespit edilebilirken CosiCorr yöntemi ile yatay yöndeki deformasyonlar belirlenebilmektedir.

CosiCorr yöntemi ile gerçekleştirilen çalışmalarda, piksel altı işlem ile korelasyon (Sub-pixel correlation) sağlandığından 1/10 piksel civarında bir doğruluk elde edilebilmektedir. 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 gerektirir. Yöntem, hava fotoğrafları için kalibrasyon raporlarına, optik

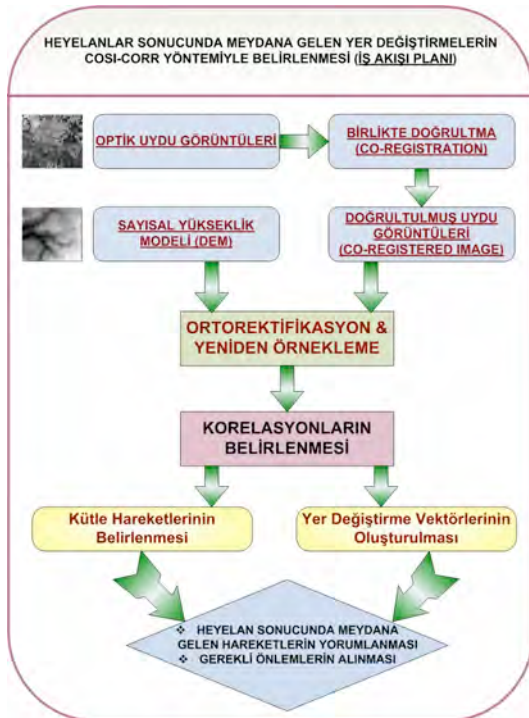
uydu görüntüleri için ise uydu yükseklik açısı, azimut açısı, uydu izleri vb. gibi bu uydu görüntülerinin meta verileriyle birlikte çalışma alanının yüksek doğruluklu sayısal yükseklik modeline (SYM) ihtiyaç duymaktadır. Uydu görüntülerine ait parametrelerin birbirine yakın olması gerekmektedir (Leprince vd., 2007; Leprince vd., 2008; Wei vd., 2011). Bu yöntem GPS ile deformasyon belirleme yaklaşımıyla karşılaştırıldığında, GPS yöntemiyle noktasal deformasyon belirlenirken CosisCorr yöntemiyle alansal deformasyonun yanı sıra bu deformasyona ait desenin ortaya konulabildiği söylenebilir.

Bu çalışmada, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde heyelan bakımından aktif olan Sivas ili Suşehri ilçesi civarında meydana gelen heyelanlar optik uydu görüntüleriyle incelenmiş ve ortaya çıkan yatay yer değiştirmeler tespit edilmiştir. Tespit edilen bu yer değiştirmeler, arazi çalışmalarıyla doğrulanmıştır.

2. YÖNTEM

Heyelan bölgelerinde yatay yer değiştirmelerin ortaya konulabilmesi gerek o bölgedeki mevcut riskin belirlenmesi gerekse alınması gereken önlemlerin belirlenmesi açısından son derece önem taşımaktadır (Türk, 2013). Bu çalışma kapsamında izlenecek yöntem Şekil 1 de gösterilmektedir.

Bu çalışmada, çalışma alanına ait farklı tarihlerdeki optik uydu görüntülerinin değerlendirilmesi ve görselleştirilmesi için ENVI uzaktan algılama-sayısal görüntü işleme yazılımı ile birlikte Arc GIS 10.1 Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 1. Heyelan alanlarındaki yatay yer değiştirmelerin COSI-Corr yöntemiyle ortaya konması (Türk, 2013)

3. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

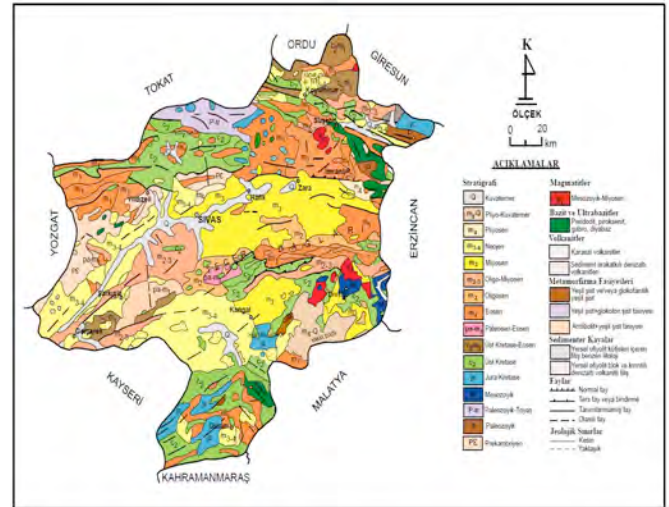
Bu çalışmada Sivas ili Suşehri ilçesi ve civarı çalışma alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Bu bölgenin çalışma alanı olarak seçilmesinin nedeni, bölgede tektonik, jeolojik ve jeomorfolojik

koşullar nedeniyle çok büyük çaplı heyelanların meydana gelmesidir.



Şekil 2. Çalışma alanının coğrafi konumu (Sivas – Suşehri)

Çalışma alanı jeomorfolojik bakımdan yoğun toprak akmalarının gözlemlendiği bir alandır. Genel olarak Miyosen yaşlı çakıltaşı ve kumtaşı birimleri üzerinde gözlenen bu akmalara yer yer Kretase yaşlı volkanit-çökel kayalar içerisinde de rastlanmaktadır (Şekil 3). Bölge jeomorfolojisi genel olarak bu derin akmalar tarafından denetlenmektedir. Geçmiş dönemlere ait hava fotoğrafları ve güncel uydu görüntülerinin karşılaştırılması sonucunda yapılan değerlendirmelerde, bölgedeki birçok toprak akmasının yeniden aktivite geçirerek ya da yanlara doğru alanlarını genişleterek ilerlediği belirlenmiştir.



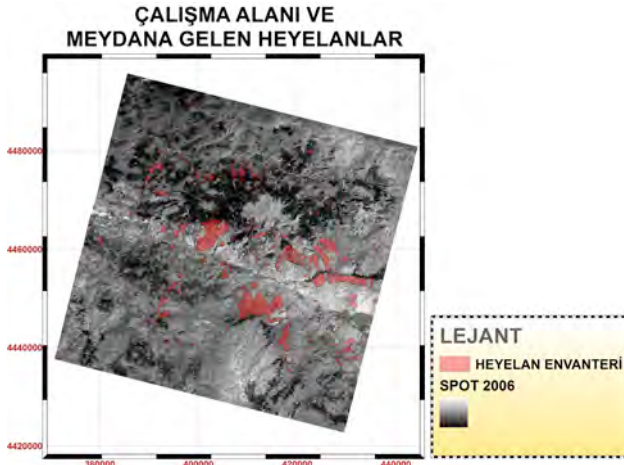
Şekil 3. Çalışma alanının genel jeoloji haritası (Bingöl vd., 1989)

Bu çalışmada, Sivas ili Suşehri ilçesi ve civarını içine alan 11 Ağustos 2006 ve 21 Eylül 2011 tarihlerine ait SPOT 5 2.5 metre çözünürlüğe sahip optik uydu görüntüleri, bu uydu görüntülerinin birlikte doğrultulması (Co-Registration) için 1/5.000 ölçekli orto-görüntüler, ortorektifikasyon için Sayısal Arazi Modeli (SAM), MTA tarafından üretilen bölgedeki heyelanları gösteren heyelan envanter verileri ve çalışma alanının geçmiş dönemlere ait hava fotoğrafları kullanılmıştır.

4. ELDE EDİLEN BULGULAR

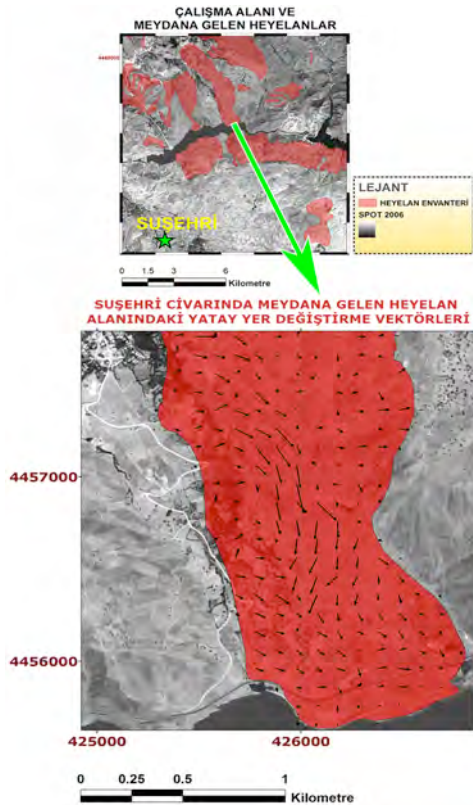
11 Ağustos 2006 ve 21 Eylül 2011 tarihlerine ait SPOT 5 2.5 metre çözünürlüğe sahip optik uydu görüntüleri değerlendirilerek çalışma alanının orto-görüntüleri üretilmiş ve

MTA tarafından üretilen bölgedeki mevcut heyelan envanteri ile bütünleştirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma kapsamında üretilen heyelan envanteri

Cosicorr yöntemiyle her iki periyoda ait SPOT 5 uydu görüntüleri hesaba katılarak bu süreç içerisinde meydana gelen yatay yer değiştirmeler belirlenmiş ve heyelan bakımından yoğun aktivitenin gözlemlendiği yerlerde yatay yer değiştirme vektörleri üretilerek meydana gelen kütle hareketleri ortaya konmuştur (Şekil 5). Bu bölgede, 2006 ile 2011 yılları arasında Kuzey-Güney yönünde 4.9 m ile -7.7 m, Doğu-Batı yönünde ise 8.2 m ile -5 m arasında kütle hareketleri tespit edilmiştir.



Şekil 5. Çalışma alanında meydana gelen kütle hareketleri

Diğer taraftan bu çalışma kapsamında tespit edilen yatay yer değiştirmeler ve heyelanın aktivitesi, araziye çıkılarak yerinde doğrulanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Heyelan bölgesindeki yer değiştirmelerin arazide doğrulanması

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, optik uydu görüntüleri yardımıyla heyelan bölgelerinde meydana gelen kütle hareketlerinin tespit edilmesi ve bu hareketlerin şiddetlerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, heyelana ilişkin deformasyonun, kapsadığı dönem aralığı için, hızı ve hareket yönü konusunda bilgiler üretilmiştir. Böylece, daha önceki çalışmada belirtildiği gibi (Türk, 2013) bu yöntemin hem heyelan envanter çalışmalarına yardımcı bir yöntem olarak kullanılabileceği hem de meydana gelen bu deformasyonların zamana bağlı izlenmesi çalışma alanında ortaya konmuştur. Ayrıca, daha önce meydana gelen heyelanlardaki yer değiştirmelerin aktivitelerini sürdürüp sürdürmediğini belirlemek mümkündür.

Sonuç olarak, literatürde heyelan bölgelerinde COSI-Corr yönteminin kullanımına yeterince değinilmemesiyle bulunan boşluk bu çalışma ile doldurulmaya çalışılmıştır. Bu çalışmadan üretilen sonuçlar, yöntemin heyelan bölgelerinde de başarılı bir şekilde uygulanabileceğini doğrularak ortaya koymuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, finansal olarak TÜBİTAK 113Y188 Numaralı proje ile desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

Bingöl, E., Bal, İ. ve Can, N., 1989, 1/2 000 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, MTA, Ankara.

Colesanti, C., Ferretti, A., Prati, C., 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.

Gao, L., 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.

Gili, JA., Corominas, J., Rius, J., 2000. "Using Global Positioning System Techniques in Landslide Monitoring" Engineering Geology, Vol. 55, pp. 167-192.

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.

Jung, HC., Min, KD., 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.

Kim, JS., Kim, DJ., Kim, SW., Won, JS., Moon, WM., 2007. "Monitoring of urban land surface subsidence using PSInSAR" *Geosciences Journal*, Vol. 11, No.1, pp. 59-73.

Leprince, S., Barbot, S., Ayoub, F., Avouac, JP., 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.

Leprince, S., Berthier, E., Ayoub, F., Delacourt, C., Avouac, JP., 2008. "Monitoring earth surface dynamics with optical imagery" *EOS, Trans. Amer. Geophys. Union*, Vol. 89, No.1, pp.1-12.

Malet, JP., Maquaire, O., Calais, E., 2002. "The Use of Global Positioning System Techniques for The Continuous Monitoring of Landslides: Application to Yhe Super-Sauze Earthflow (Alpes-de-Haute-Provence,France)" *Geomorphology*, Vol.43, pp. 33-54.

Meisina, C., Zucca, F., Fosatti, D., Cernani, M., 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.

Ng, A., H. ve Ge, L., 2007. "Application of persistent scatterer InSAR and GIS for urban subsidence monitoring" *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2007.

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.

Türk, T., 2013. Hava Fotoğrafı Ve Optik Uydu Görüntüleri Yardımıyla Yatay Yer Değiştirmelerin Belirlenmesi. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*. Vol 6, pp. 71-79.

Wasowski, J., Gostelow, P., 1999. "Engineering geology landslide investigations and SAR interferometry" *Proceedings of FRINGE '99, Liège, Belgium*.

Wei, S., Eric, F., Leprince, F., Sladen, A., Avouac, JP., Helmberger, D., Hauksson, E., Chu, R., Simons, M., Hudnut, K., Herring, T., Briggs, R., 2011. "Superficial simplicity of the 2010 El Mayor-Cucapah earthquake of Baja California in Mexico" *Nature Geoscience*, Vol. 4, pp. 615-618.