

## **Yamaç dinamik süreçlerinin anlaşılması için İnsansız Hava Araçları (İHA) tabanlı uzaktan algılama: Akdağ heyelanına ait örnek bir çalışma, Batı Toroslar (GB Türkiye)**

*Unmanned aerial vehicle (UAV) based remote sensing for understanding hillslope dynamic processes: A case study of The Mount Akdağ landslide, Western Taurus Range (SW Turkey)*

**Tolga Görüm<sup>1\*</sup>, Cihan Bayrakdar<sup>1</sup>, Uğur Avdan<sup>2</sup>, Resul Çömert<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul

<sup>2</sup> Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir

### **Özet**

Bu çalışma buzullaşmaya uğramış Akdağ kütlelerinin güney yamaçlarında (GB Türkiye), karbonatlı kaya ve filiş birimleri içerisinde gelişmiş son derece aktif bir kompleks heyelan olan Akdağ heyelanına ilişkin jeomorfolojik incelemelerin sonuçlarını içerir. 9,8 km<sup>2</sup>'lik bir alan kaplayan ve 3×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>'lük bir hacme sahip heyelan Akdağ kütlelerinin güneyinde 5 km'lik bir segmentinin çökmesine neden olmuştur. Bu çalışmada arazi çalışmaları ve insansız hava aracı (İHA) tabanlı sayısal yükselti modelleri ve ayrıca görüntü yorumları ile yer şekillerinin jeomorfometrik analizlerinin kombinasyonu sonucu 1:15,000 ölçekli detay jeomorfoloji haritası oluşturulmuştur. Heyelan boyunca elde edilen dijital hava fotoğrafları 6-12 Ağustos 2015 tarihinde otonom bir İHA sistemi kullanılarak elde edilmiştir. Alana ait görüntüler İHA ile yapılan 21 uçuştan sağlanmıştır. Toplamda 4666 adet fotoğraf çekilmiştir. Yapılan her uçuş için, uçuş planlaması aşamasında standart bir görüntü çözünürlüğü (~10 cm), sırasıyla enine 80% ve boyuna (75%) bindirme oranı kullanılmıştır. Jeomorfolojik haritanın sayısallaştırılmasında ArcGIS programı kullanılmıştır. Üretilen harita heyelan kompleksine ilişkin geçmiş ve günümüze ait yamaç süreçleri ve yer şekillerini içerir. İHA'dan üretilen yüksek çözünürlüklü SYM ve orto-foto görüntüleri tabanlı jeomorfolojik değerlendirmeler Akdağ heyelanının çoklu aktivite ile gelişmiş ve birden fazla heyelan türü içeren kompleks bir anakaya heyelanı olduğunu göstermektedir. Heyelanın ana gövdesinde ve yan yamaçlarında gelişmiş son derece aktif 43 adet kütle hareketi ile sediment üretimine büyük katkı koyduğu belirlenmiştir. Bu ikincil heyelanların tiplerinin genel olarak kayma, kaya düşmesi, toprak ve moloz akmaları olduğu ortaya koyulmuştur. Akdağ heyelanının ana gövdesindeki heyelanlar, ana gövde içerisindeki ter eğimli bir yüzeyin hemen önünde yer alırlar ve hareket yönleri güneyli yamaçlara doğrudur. Heyelanın ana gövdesi içerisinde yer alan bu ikincil heyelanlarda uzunlukları 10-290 m arasında değişen enine ve boyuna çatlak yapıları gelişmiştir. Bu ana ve daha kılcal çatlak sistemlerinin yoğunlukları heyelanın batı kesimindeki ana heyelan gövdesi içerisinde yüksektir. Heyelanın yarasının girintili-çıkıntılı morfolojisi ve iç bükey kesimlerinin kaya düşmeleri ve ikincil heyelanlara karşılık gelmesi heyelanın gerileyen bir karakterde olduğunu gösterir. Dahası, güneydeki yan yamaçlarında gelişen bağımsız heyelanlar ile heyelan kanatlara doğru genişleyen bir özelliğe sahiptir. Bu karakteristiklerinden dolayı moloz üretiminin yüksek olduğu dağlık bir havza özelliğinde olan alan havza alt kesiminde turistik bir alan olan Saklıkent Kanyonu'nu etkileyen frekansı yüksek seyelanların şiddetini büyütmektedir. Temmuz 2014 yılında iki turistin öldüğü ve dokuz kişinin ağır yaralandığı ani yağışla tetiklenen seyelan ve moloz akması bu riskin varlığına verilecek önemli bir örnektir. Bu bakımdan, heyelanın aktivitesi ve ürettiği sediment miktarının ve transferinin uzun dönemde izlenmesi gereklidir. Bu

\*İletişim yazarı: T. Görüm, e-posta: tolga.gorum@istanbul.edu.tr

bakımdan çalışmada ürettiğimiz detaylı jeomorfoloji haritası gelecekte heyelan üzerinde gelişen güncel kütle hareketi süreçlerinin izlenmesi ve bu bakımdan heyelanın ve ilişkili sediman dinamiklerinin anlaşılması ve yerel – ulusal otoritelerin alacakları heyelan tehlike ve risk önlemleri açısından büyük öneme sahiptir.

**Anahtar kelimeler:** Heyelan, Yamaç süreçleri, İnsansız hava araçları, Sayısal Yükseklik Modeli, Jeomorfoloji haritası, Akdağ, Batı Toroslar.

### **Abstract**

This study presents the results of geomorphological investigations carried out in Akdag landslide complex which is very large active slope failure in carbonate rocks and flysch deposits located in the southern slopes of paleo-glaciated Mount Akdag, SW Turkey. The landslide resulted in the collapse of a 5 km segment of the Mount Akdag, and covers an area of 9,8 km<sup>2</sup> and has a volume of about 3×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>. The 1:15,000 scale geomorphology map of the Akdag landslide results from the combination of field studies and unmanned aerial vehicle (UAV) based DSM, including aerial-photo interpretation and geomorphometric analysis of landforms. Airborne digital photographs over the landslide were acquired on dates between, 6-12 August 2015, using an autonomous UAV system. The images of the study area were obtained from 21 flights with UAV. Totally 4666 photos were taken. For each flight, a standardized image resolution (~10 cm) and, 80% (lateral) and 75% (longitudinal) overlap ratios were considered. ArcGIS software was used in the production of the geomorphological map. The map presents the contemporary and past geomorphological hillslope processes and landforms associated with the landslide complex. The geomorphological assessment based on the UAV derived very high-resolution DSM and ortho-photo mosaics suggests that Akdag landslide is a complex rockslide which includes multiple landslide types and has developed through multiple activities. We found that highly developed and active 43 mass movements in the main body and the side slopes of the landslide made major contributions to the sediment production. The types of these secondary landslides were identified as slides, rockfalls, earth and debrisflows. The landslides on the main body of the Akdag landslide are located just in front of the counter slope and their movement direction is towards southern slopes. Transverse and radial cracks structures with distances of 10-290 m has been developed in the secondary slides located in the main body of the landslide. The density of these cracks and fissures is high in the west of the main body of the landslide. Sinuous morphology of the main scarp of the landslide and the correspondence of the concave parts of the scarp to the rockfall and secondary slides shows that the landslide has retrogressive character. Moreover, the landslide has an enlarging character due to the individual landslides that develop in the side slopes in the south. These characteristics and the large production of debris due to being a mountainous catchment increase the frequency of the high magnitude torrents that affect the touristic sight Saklıkent Canyon located in the lower catchment. The heavy rainfall triggered torrent that caused to the death of two and injury of nine tourists in July 2014 is an important example to the risk caused by the landslide. Therefore, a long term monitoring of the landslide activity and the quantity and the transfer of the sediment is necessary. Thus, the detailed geomorphology map produced by this study has an important role for monitoring the current mass-wasting processes that develop over the landslide, understanding the landslide and the related sediment dynamics, and implementing the hazard and the risk assessment of the landslide and the necessary measures by the local and the national administrations.

**Keywords:** Landslide, Hillslopeprocesses, Unmannedaerial vehicle, Digital elevation model, Geomorphology map, Akdag, Western Taurus.