





## İzmit Körfezinin Güneyindeki Kütle Hareketlerinin Kırık Sistemleri İle İlişkisinin Alos Palsar Verisi Kullanılarak İncelenmesi

### Investigation Of The Relationship Of Mass Movements With Fracture Systems Using Alos Palsar Data In South Of İzmit Bay

Ali YAĞIZEL<sup>1</sup> , Aziz ÖZYAVAŞ<sup>2,\*</sup> 

<sup>1</sup> Jeoloji Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0003-3859-0707

<sup>2</sup> Jeoloji Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0003-4178-2750

#### Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 26/02/2020

Kabul Tarihi : 06/05/2020

#### Anahtar Kelimeler

Kütle Hareketi  
Çizgisellik  
ALOS-PALSAR  
Kocaeli

#### Research Paper

Received Date : 26/02/2020

Accepted Date : 06/05/2020

#### Keywords

Mass Movement  
Lineation  
ALOS-PALSAR  
Kocaeli

#### Özet

Kütle hareketlerinin büyük veya küçük ölçekte olması fark etmeksizin insanların canlarına ve mallarına büyük ölçüde zarar vermektedir. Bu nedenle kütle hareketlerini tetikleyen unsurların tespit edilmesi oldukça önemlidir. Çalışma alanı tektonik olarak aktif bir bölgede yer almaktadır. Bu nedenle çalışma sahasında oluşan kütle hareketlerini tetikleyen en önemli faktörlerden birisinin depremsellik olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada kütle hareketlerinin sık olarak meydana geldiği Kocaeli'nin Gölcük ve Başiskele ilçelerinde yer alan çizgisellikler ileri yer gözlem uydusu (ALOS) ile taşınan aşamalı donanımlı L – bant tipindeki sentetik açıklıklı radar (PALSAR) seviye 1.5 görüntüsü kullanılarak haritalanmıştır. RADAR verisine uyarlanabilir lokal sigma filtreleme işlemi uygulanarak görüntüdeki benekler ortadan kaldırılmış ve yönlü filtreleme işlemi uygulanarak çizgisellikler tespit edilmiştir. Tespiti yapılan çizgisellikler için yapısal jeolojik unsurlar dışında hiçbir yapı dikkate alınmamıştır. Çalışma bölgesinde daha önce belirlenmemiş muhtemel kırık veya kırık sistemleri ilk kez PALSAR uydu verisi kullanarak haritalanmıştır. Belirlenen çizgisellikler ile bölgede daha önce haritalanmış kütle hareketleri arasındaki ilişkiye dayanarak kütle hareketlerini tetikleyen önemli unsurlardan birisinin de malzeme ve geometri özellikleri ile birlikte olası kırık veya kırık sistemlerinin olabileceği sonucuna varılmıştır.

#### Abstract

Regardless of whether mass movements are large or small, they greatly harm people's lives and property. For this reason, it is quite significant to determine the factors that trigger landslides. The study area is located in an active tectonic region. Therefore, it has been thought that one of the most important factors that trigger mass movements in the study area is the seismicity. In this work, the lineations in Gölcük and Başiskele districts of Kocaeli province where mass movements occur frequently were mapped using the Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR) onboard the the Advanced Land Observing Satellite (ALOS) level 1.5 image. The speckles in the radar image were eliminated by applying a local sigma filtering and then, the lineations were determined by implementing a directional filter to the data. Structures other than geological lineations were not taken into account for the detected linearities. For the first time, probable fracture systems in the study area that had not been previously identified were mapped using the PALSAR image. It is concluded that, along with the properties of materials and their geometries, the probable fractures or fracture systems are one of the primary factors that trigger mass movements based on the relationship between the determined linearities and the mapped mass movements in the study area.

## 1. Giriş

Doğal afetler arasında yer alan kütle hareketleri dünya

üzerinde çok sayıda meydana gelen birçok can ve mal kaybına neden olan doğal afet çeşitlerinden bir tanesidir. Kütle hareketleri ile ilgili analizlerin yapılması, bu alanların

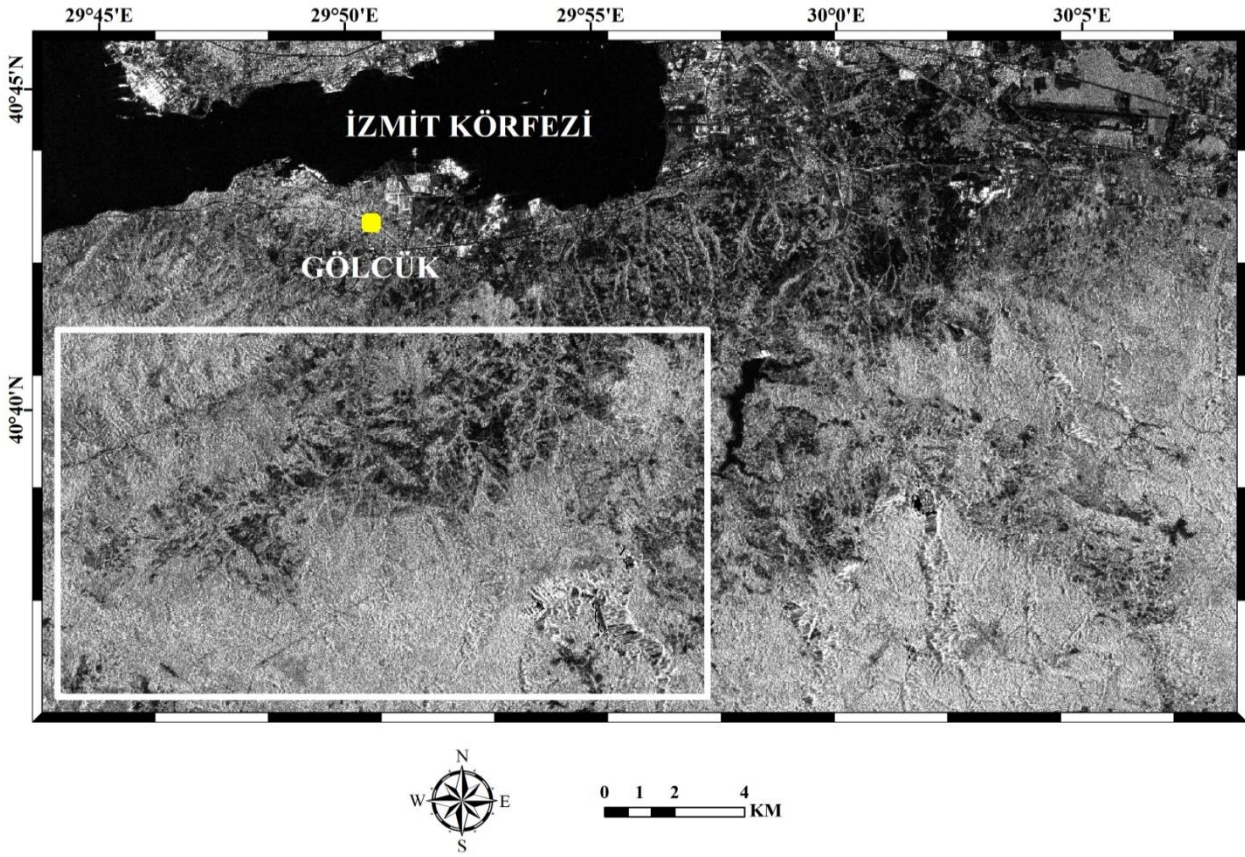
\* Sorumlu Yazar (Corresponding Author): azizozyavas@yahoo.com



tespitinin yapılması, depremselliklerine bakılması ve çizgiselliklerinin (faylar ve kırıklar) belirlenmesi oluşabilecek zararları en aza indirebilir. Ülkemizin bulunduğu coğrafi konumu, jeolojik ve topoğrafik yapısından dolayı doğal afet türlerinden olan kütle hareketleri sık sık görülmektedir. Meydana gelen kütle hareketlerine bakıldığında çoğunluğunun bölgesel olduğu ve can kaybından çok ekonomik olarak zarara neden olduğu görülmektedir [1]. Kütle hareketleri genellikle aşırı yağış, yüksek yamaç eğimi, seyrek bitki örtüsünün varlığı ve deprem gibi faktörlerin tetiklediği gözlenmektedir. Ülkemizde kütle hareketlerinin neden olduğu can ve mal kayıplarını azaltmak ve bu heyelanları mekânsal dağılımını

kontrol eden faktörlerin analizini daha iyi yapmak için kütle hareketi envanter haritaları hazırlanmaktadır. Bu haritalar kütle hareketlerinin çeşitleri ve meydana geldiği bölgenin genel yapısı ile oluşum zamanları hakkında bilgi vermektedir.

İnceleme sahası, Kocaeli ilinin güneyinde Gölcük ve Başiskele ilçelerini içine almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı büyük depremlerin olduğu tektonik olarak aktif bir bölgede yer aldığından dolayı bölgedeki sismik aktivitenin kütle hareketlerini tetiklediği ve aynı zamanda bölgenin jeolojik, jeomorfolojik ve iklim koşulları bakımından kütle hareketi oluşumuna yatkın olduğu bilinmektedir [2].



Şekil 1. Çalışma alanını gösteren filtre işlemi uygulanmamış RADAR görüntüsü.

Jeolojik araştırmalarda çizgisellik gözlemleri ve analizlerinde radar verisinin kullanımı dünyanın birçok bölgesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (özellikle bitki örtüsünün olduğu yerlerde). Uzaktan algılama verileri ile çizgisel yapıların tespit edilmesinde özellikle fay zonları ile olan ilişkilerine bakılır. Elbette her tespit edilen çizgisellik jeolojik yapılar ile ilişkili olmayabilir. Kırıklar kendilerini çizgisel yapılar ve kırık izleri olarak gösterebilir. Kırık izlerini çoğunlukla morfolojik çizgisel yapılar olarak görebiliriz. Özellikle çizgisellikleri değerlendirirken bunların kanal, yol, kayaçların dokanak sınırları, sırt, vadi ve tarla sınırlarının vb. ile ilişkili çizgisel yapılar olup olmadığına çok dikkat edilmesi gerekir [3]. Bu nedenle

uzaktan algılama verisinin işlendikten sonra elde edilen çizgiselliklerin iyi bir şekilde yorumlanması gerekmektedir. Bunun dışında verinin işlenmesi sonucu elde edilen çizgisellikler bölgede bilinen mevcut faylar ile karşılaştırılması çalışma açısından oldukça faydalı olur.

Bu çalışmanın temel amacı, ileri yer gözlem uydusu (ALOS) ile taşınan aşamalı donanımlı L – bant tipindeki sentetik açıklıklı radar (PALSAR) seviye 1.5 uydu görüntüsü kullanarak İzmit körfezinin güneyinde kütle hareketlerinin yoğun olarak bulunduğu bölgede jeolojik çizgisel yapıları haritalayarak bunların kütle hareketleri ile ilişkisini belirlemektir. Bölge nispeten yoğun bitki örtüsüyle kaplı olduğundan radar görüntüsü çizgiselliklerin

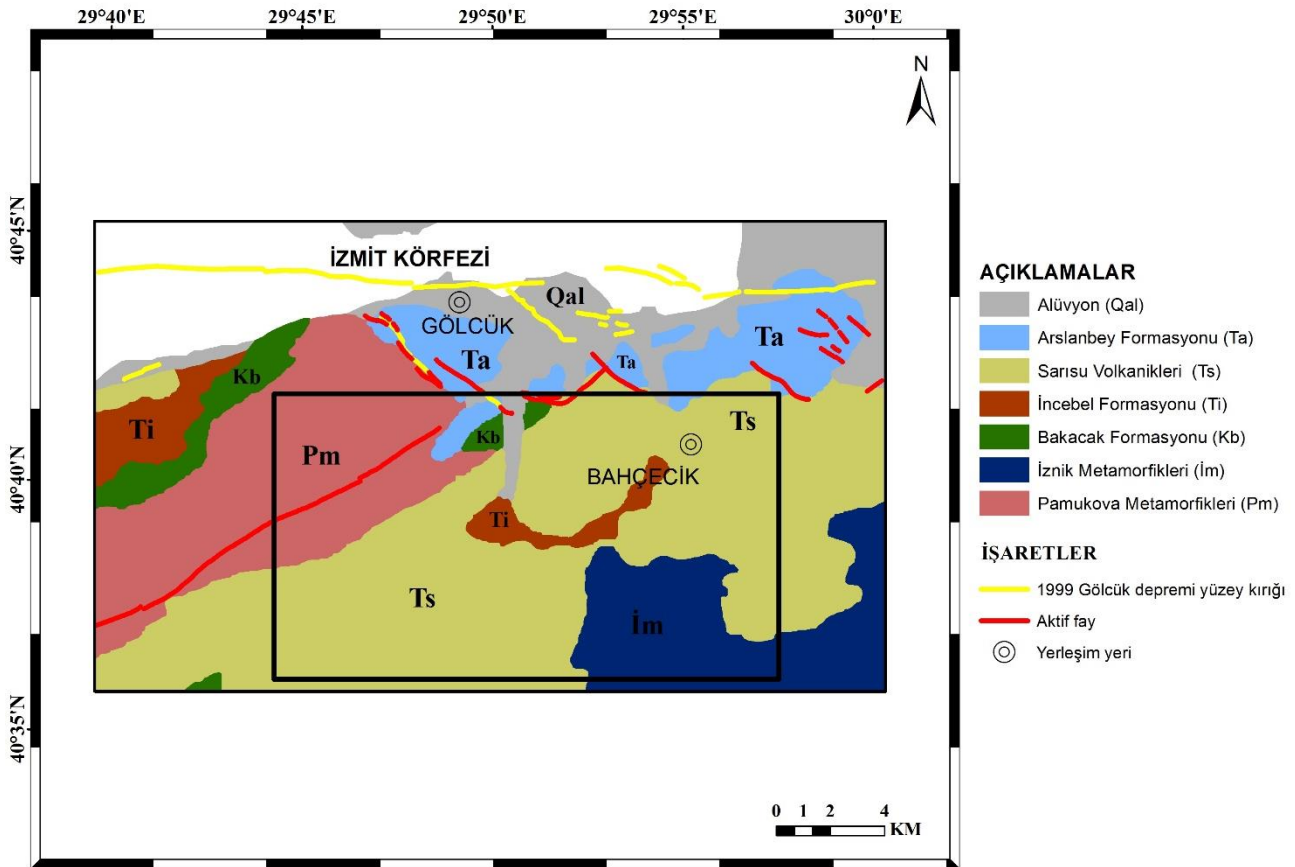
çıkarılmasında uygun bir veridir. Ayrıca bilgimiz dâhilinde bu bölgede daha önce radar verisi kullanılarak çizgiselliklerin haritalanması yapılmamıştır.

## 2. Çalışma Alanının Jeolojisi

Armutlu yarımadasının temelini oluşturan metamorfik kayalar toplulukları Geç Kretase-Erken Tersiyer yaşlı metamorfizmaya uğramamış andezitik volkanik ve sedimanter kayalar ile uyumsuz olarak örtülmüştür [4]. Metamorfik temeli oluşturan ilk birim nispeten yüksek dereceli metamorfizmaya uğramış olan Pamukova metamorfikleri (Pm) olarak adlandırılan birimdir. Başlıca amfibolit ve metagranitler içeren Pamukova metamorfikleri inceleme alanının kuzey batısında bulunmaktadır (Şekil 2). Diğer metamorfik birim ise daha düşük metamorfik kayalardan oluşan İznik metamorfikleridir (İm) [5]. İznik metamorfikleri yaygın olarak İzmit Körfezinin güneyinde (çalışma sahasının güneydoğusu) tepelik alanlarda yüzeylemeler vermektedir (Şekil 2) [6].

Üst Kretase (Mastrihtiyen) yaşlı fliş istifi olan Bakacak formasyonu (Tb) metamorfik grubun en üst üyesi olan meta-volkanikleri veya ofiyolit yüzeylemelerini uyumsuz olarak örtmektedir [5]. Paleosen-Eosen boyunca meydana gelen volkanik aktiviteler sonucunda volkanik kökenli kayalar

inceleme sahasında İzmit körfezi ile İznik gölü arasında geniş bir alanda yüzeylemeler vermekte ve bu bölgelerde tüf ve aglomeralar derin vadileri oluşturmaktadır [4]. Paleosen ve Eosen yaşında kalın bir fliş (İncebel fm (Ti)) çalışma alanının içerisinde bulunan Gölcük ilçesinin güneydoğusunda yer alan Hamidiye ve Bahçecik köyleri civarında bulunup ayrıca lav ve volkanik tüf çakılları içerirler [4, 5]. Çalışma sahasının büyük bir bölümünü kaplayan Eosen yaşlı volkanik kayalar, daha çok andezit, bazalt ve dasit türü kayalardan oluşmuş Sarısu volkanikleri (Ts) olarak adlandırılmıştır [5]. Çalışma sahasında heyelan alanları çoğunlukla Sarısu volkanikleri ve İncebel formasyonunda görülmektedir. Armutlu yarımadasının kuzeyinde Pliyosen yaşlı çökellerden meydana gelen Arslanbey formasyonu (Ta) inceleme alanında daha küçük alanları kaplamaktadır (Şekil 2) [4, 5]. Ayrıca, Armutlu yarımadasının en önemli alüvyon sahaları (Qal) çalışma alanının içerisinde bulunan Gölcük ilçesi çevresi ve bu alan ile Sapanca Gölü arasında uzanan bölgede yer almaktadır (Şekil 2) [5]. İnceleme alanının jeoloji haritası Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı jeoloji haritasından değiştirilerek dijitalleştirilmiştir (Şekil 2) [7].



Şekil 2. Çalışma alanının genelleştirilmiş jeoloji haritası [7].



üzerindeki marn tabakasının yağışın etkisiyle harekete geçmesi sonucunda meydana gelmiştir (Şekil 4c) [19]. Şekil 5'de çalışma alanında bulunan ve MTA'nın envanterinden

elde edilmiş heyelanlar ile birlikte diri fayları gösteren harita verilmiştir [20, 21].



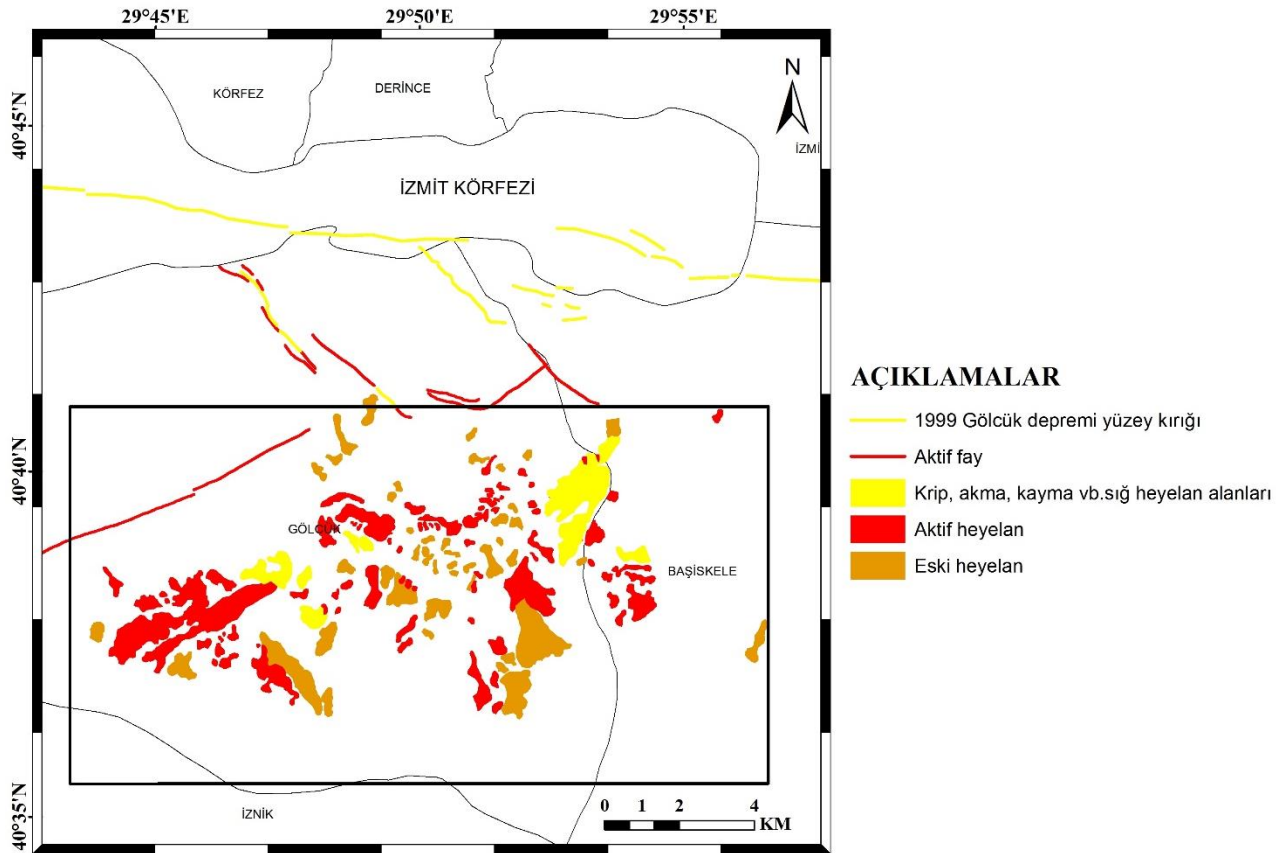
Şekil 4a. Mamuriye köyünde zarar gören yol ve bina [2].



Şekil 4b. Gölcük köylerini birbirine bağlayan yol üzerinde meydana gelen heyelan [2].



Şekil 4c. Hamidiye köy alanı heyelanı [19].



Şekil 5. Çalışma alanının kütle hareketleri ve diri fay haritası MTA tarafından hazırlanmış heyelan envanter ve diri fay haritasının dijitalleştirilmesi sonucu oluşturulmuştur [20, 21].

## 5. Materyal ve Yöntem

### 5.1. ALOS PALSAR

Çalışma alanında bulunan çizgiselliklerin analizi, çalışma bölgesini içine alan ALOS PALSAR seviye 1.5 verisi kullanılarak yapılmıştır. ALOS PALSAR 2006 yılında görevine başlamış ve PALSAR verisi Alaska Satellite Facility (ASF DAAC) tarafından sağlanmaktadır (<https://asf.alaska.edu>). Radar verisinin önemli kullanım alanlarından birisi de haritalamalardır ve haritalama yapılırken mikrodalga sinyallerden yararlanılmaktadır [22]. PALSAR her türlü hava koşullunda, gece ve gündüz olmak üzere görüntüleme yapabilmektedir. PALSAR verileri, jeolojik ve yapısal analiz yapılarak haritalama, kıyı haritalama ve doğal afetlerin oluşumlarının gözlenmesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

### 5.2. Veri Ön İşleme Aşaması

RADAR görüntüleri doğal benekli yapılara benzer parazitlere sahiptirler ve bunlar görüntüyü bozduğu bilinmektedir. Herhangi bir görüntüde beneklerin bulunması, yeryüzünde bulunan hedeflerin algılanma oranını azaltır ve görüntü ile elde edilebilecek verilerin analizinin yapılmasında olumsuzluklar çıkarır. Bunu ortadan kaldırmak için benekli görüntüleri içeren verilerin filtrelenerek düzeltilmesi gerekmektedir [23]. Uyarlanabilir filtrelerin (Adaptive filtering), görüntülerin mekânsal özelliklerini önemli oranda etkilemediği ve görüntüde oluşan beneklerin ortadan kaldırdığı gözlenmiştir. Bu nedenle PALSAR seviye 1.5 görüntüsüne farklı uyarlanabilir filtreleme teknikleri uygulanmıştır (Local sigma, Lee, Gamma vb.). PALSAR görüntüsündeki beneklerin giderilmesi ve aynı zamanda verinin kenarlarının ve özelliklerinin korunmasında lokal sigma (Local sigma) uyarlanabilir filtresi tercih edilmiştir. Bu filtrenin tercih edilmesinin nedeni diğer filtrelemelere göre çizgiselliklerin belirlenmesinde daha tatmin edici sonuçlar vermesidir (Şekil 6). Uygulanan lokal sigma filtrelemede 3\*3 filtre boyutu tercih edilmiştir. Bu çalışmada görüntü işleme ve analizlerinde ENVI (Görüntü Görselleştirme Ortamı) sürümünün 4.5 yazılım paketi kullanılmıştır.

### 5.3. Verilerin İşlenmesi

RADAR görüntülerinde çizgiselliklerin daha belirgin olması amacıyla filtreleme işlemi yapılmaktadır. Bu

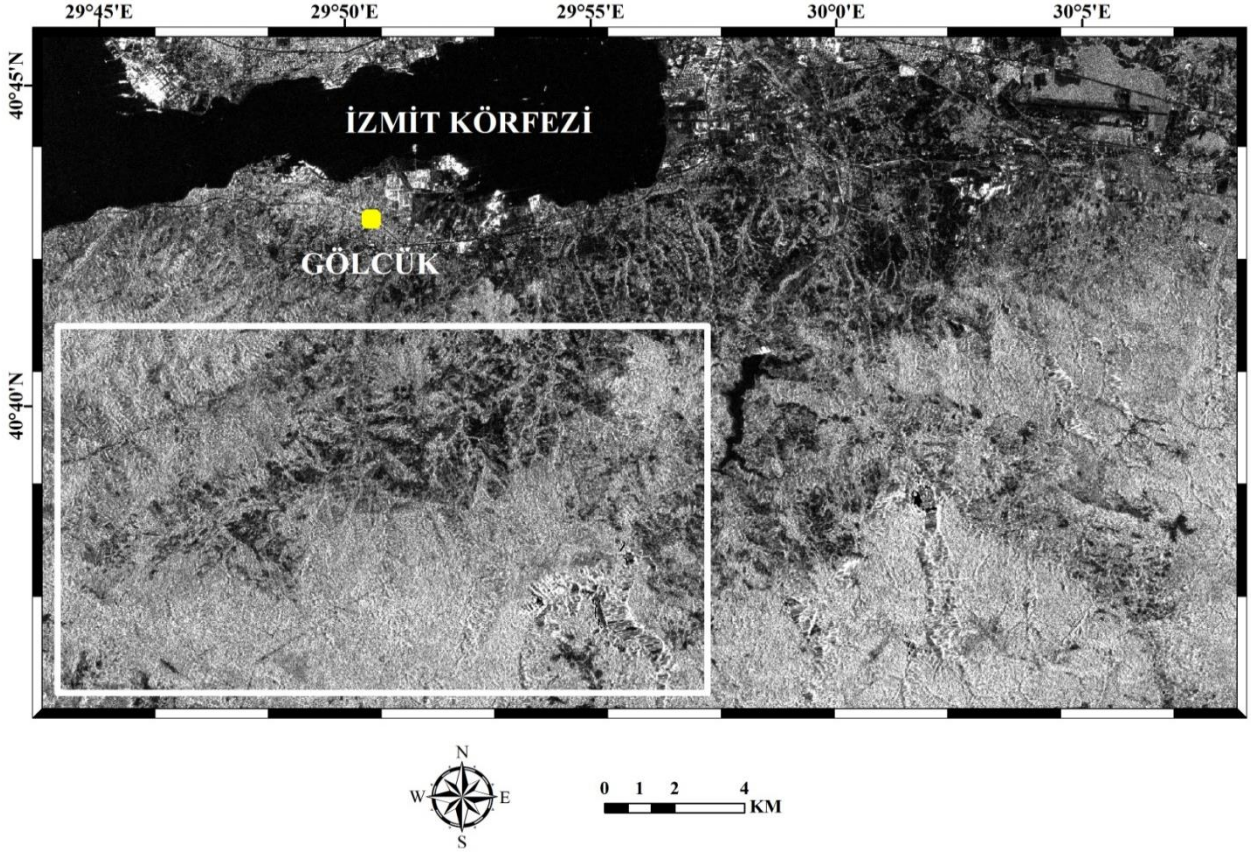
doğrultuda, lokal sigma filtresi ile elde edilen PALSAR seviye 1.5 verisine yönlü filtreleme (Directional Filtering) tekniği uygulanmıştır. Kenar geliştirme kenarları çizerek görüntüyü oluşturan şekillerin ve üzerinde bulunan ayrıntıları daha belirginleştirdiği bilinmektedir. Bu işlemi yaparak yaptığımız çalışmalarda fayların ve çizgiselliklerin analizlerinin yapılabildiği bilinmektedir. Ayrıca yapılan bu işlemlerin sonucunda farklı yönlerde olmak üzere birçok ek kenar geliştirildiği gözlenmiştir [24].

Çekirdek boyutlarının (3\*3, 5\*5, 7\*7, vb.) genellikle görüntülerin kenarlarında artırıldıkça görüntüdeki bulanıklık oranını da artırdığı bilinmektedir. Lokal sigma filtresi uygulanan görüntüdeki spesifik doğrusal eğilimleri arttırabilmek için yön filtreleri kullanılmıştır. Farklı çekirdek boyutuna sahip dört ana yön filtresi (K-G, D-B, KD-GB ve KB-GD) uygulanmıştır. Yön filtreleri İzmit körfezinin güneyindeki heyelanlı alanda bulunan farklı oryantasyona sahip çizgisellikleri belirlemek için kullanılmıştır. Yön filtrelerinin açıları sırasıyla K-G (0°), D-B (90°), KD-GB (45°) ve KB-GD (135°)'dir (Kuzey yönü sıfır derece olarak kabul edilir ve diğer açılar saat yönünün tersine göre ölçümü yapılır). Görüntünün pürüzsüz, yarı pürüzsüz ve pürüzlü özelliklerini geliştirmek amacıyla en uygun çekirdek matrisi 7\*7 olarak belirlenmiş ve görüntüye uygulanmıştır. Resim geri ekleme oranı ise %60 olarak seçilmiştir. Bu oran orijinal görüntünün yüzdesidir ve görüntünün bu kısmı uzamsal içeriği koruduğu bilinmektedir. Bu nedenle bu işlem görüntüyü keskinleştirmek için yapılmıştır.

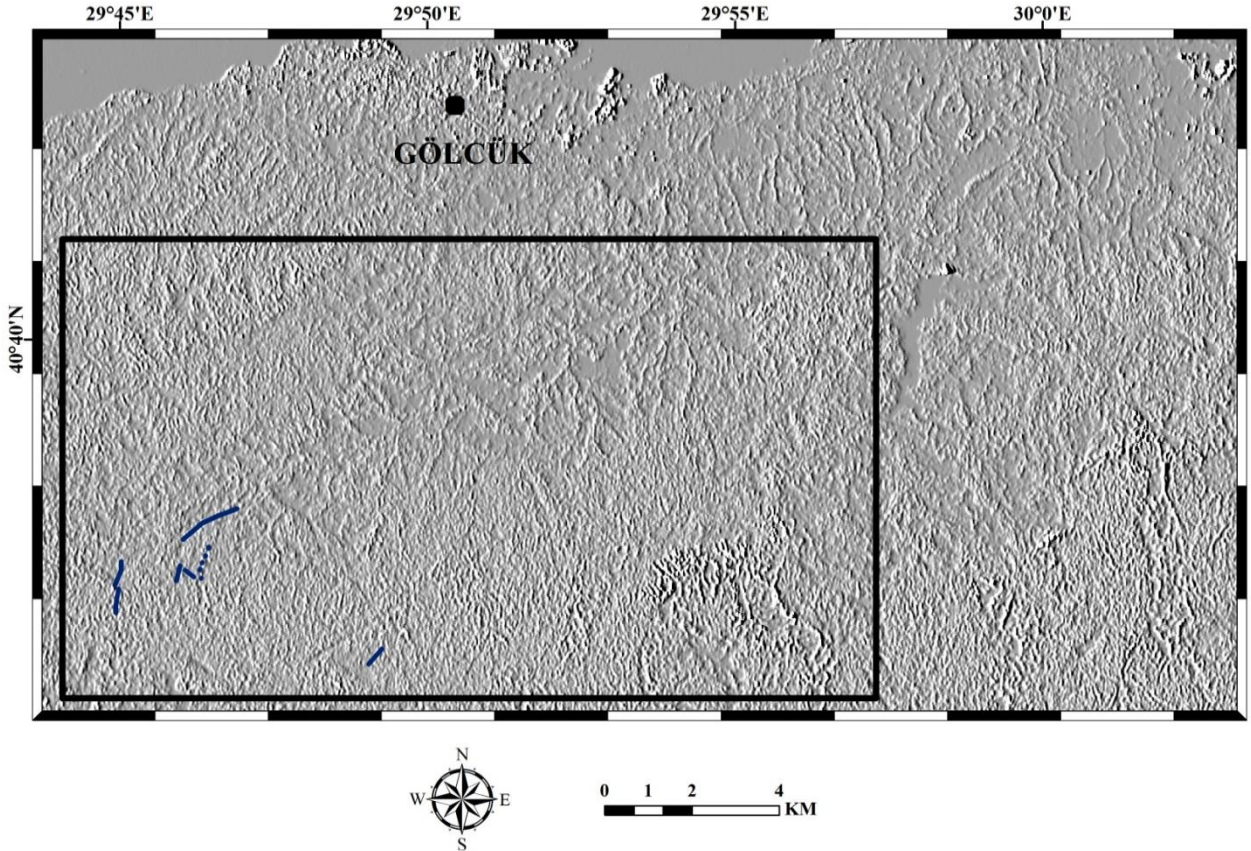
## 6. Bulgular ve Tartışma

PALSAR seviye 1.5 görüntüsüne uygulanan uyarlanabilir lokal sigma filtreleme işlemi sonucunda görüntünün görsel olarak hem doku analizi yapılmış hem de beneklerin neden olduğu istenmeyen bileşenler ortadan kaldırılmıştır (Şekil 6).

Uyarlanabilir lokal sigma filtresinden geçirilmiş ALOS PALSAR verisine bölgedeki farklı doğrultudaki kırık veya kırık sistemlerinin belirlenmesi için 4 farklı yönde yönlü filtreleme işlemi yapılmıştır. Radar verisine (1) K-G (0°) yönlü filtre işlemi yapılarak çalışma bölgesinde 7 adet çizgisellik (Şekil 7), (2) D-B (90°) yönlü filtre işlemi yapılarak 2 adet çizgisellik (Şekil 8), (3) KD-GB (45°) yönlü filtre işlemi yapılarak 3 adet çizgisellik (Şekil 9) ve (4) KB-GD (135°) yönlü filtre işlemi uygulanarak 6 adet çizgisellik belirlenmiştir (Şekil 10).

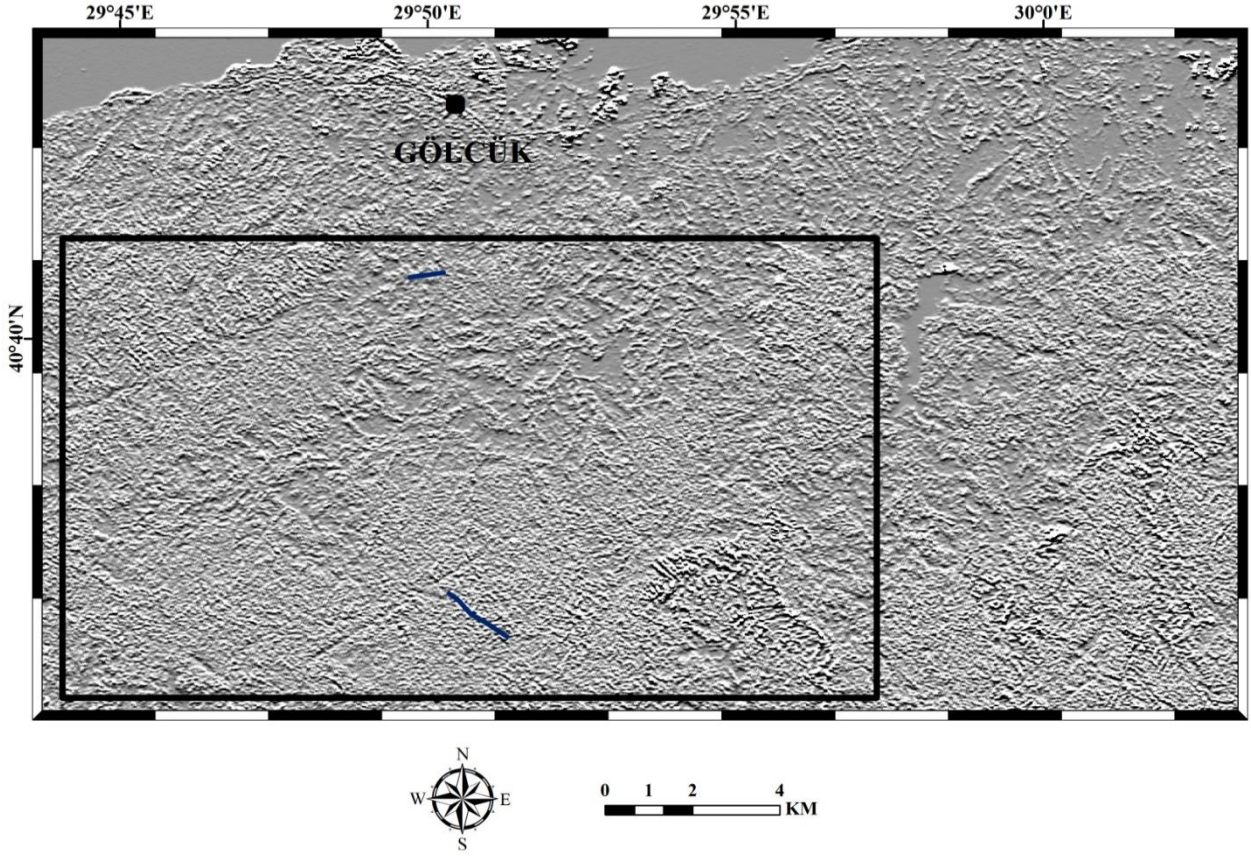


Şekil 6. Çalışma alanının uyarlanabilir lokal sigma filtresi uygulanarak oluşturulan görüntüsü.

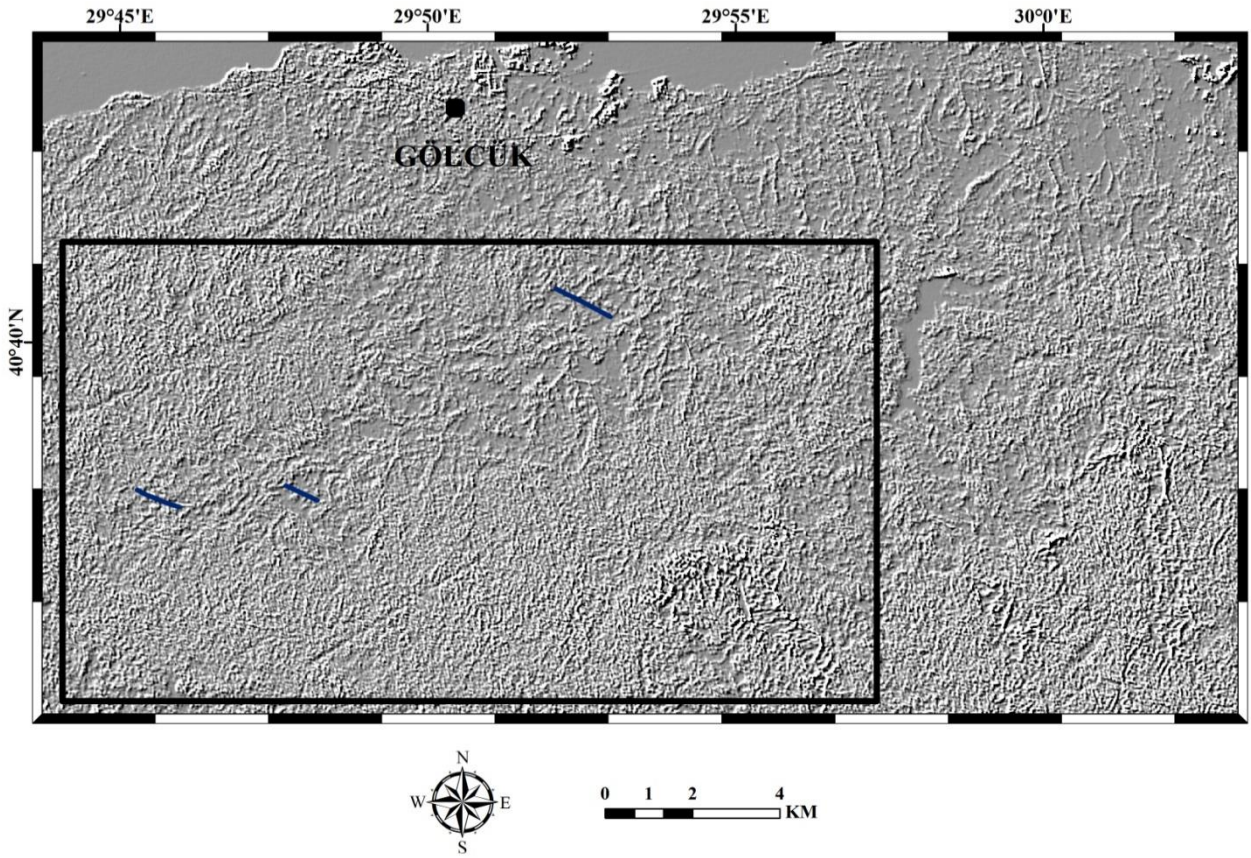


Şekil 7. K-G (0°) yönlü filtre işlemi yapılarak elde edilen çizgiselliklerin gösterimi.

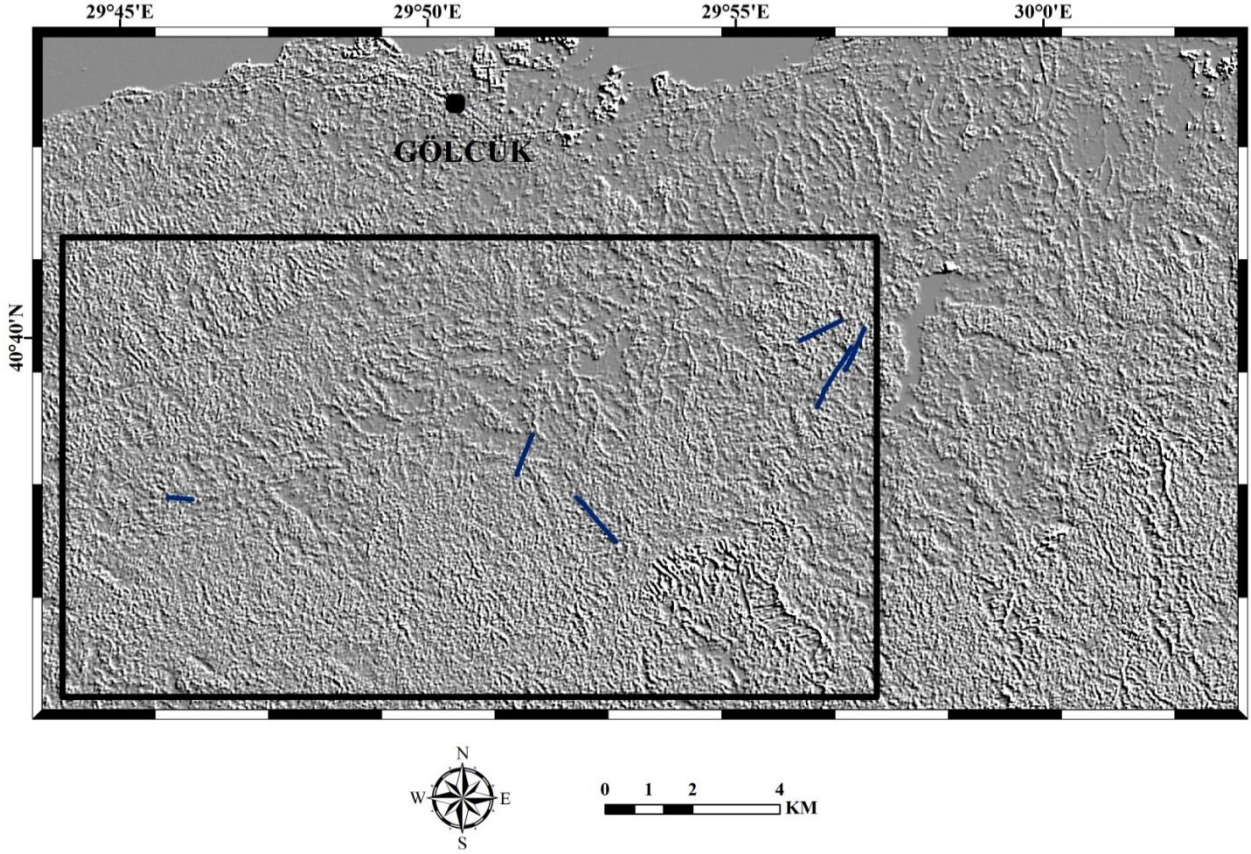




Şekil 8. D-B (90°) yönlü filtre işlemi yapılarak elde edilen çizgiselliklerin gösterimi.



Şekil 9. KD-GB (45°) yönlü filtre işlemi yapılarak elde edilen çizgiselliklerin gösterimi.



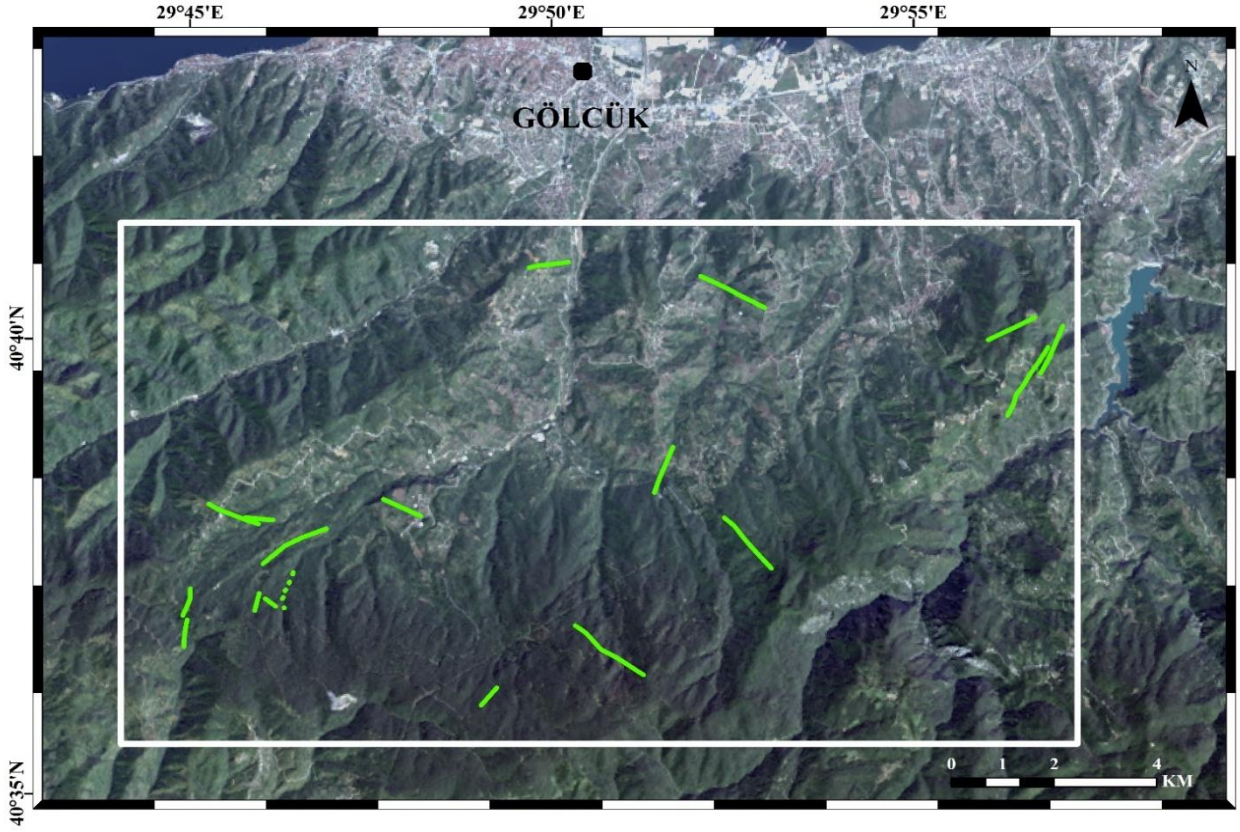
**Şekil 10.** KB-GD (135°) yönlü filtre işlemi yapılarak elde edilen çizgiselliklerin gösterimi.

İzmit Körfezi'nin güneyinde Samanlı Dağlarının kuzeye bakan yamaçlarında Kuzey Anadolu Fayı'na çok yakın mesafede Uzunlukları yaklaşık 300-400 m'den 2.5-3 km'ye ulaşan daha önce literatürde belirtilmemiş 18 çizgisellik (koyu mavi renk) ilk kez radar uydu verisi kullanarak haritalanmıştır. Elde edilen bu çizgiselliklerin yol, dere, dokanak sınırı, sırt, vadi vb. yapılara karşılık gelmemesi için bölgenin topoğrafik ve jeolojik haritaları dikkatle incelenmiş ve sadece jeolojik çizgisellikler ile ilgili olabilecek yapılar haritalanmıştır. Bu çizgiselliklerin önemli bir kısmının K-G ve KD-GB yönelimli olduğu görülmüştür (Şekil 7 ve Şekil 9). Ayrıca çalışma sahasında haritalanan en uzun çizgisellikler KB-GD doğrultuludur (Şekil 10). Haritalanan ve 3 km'den daha kısa uzunluğa sahip bu çizgisellikleri fay olarak tanımlamaktan ziyade, muhtemelen KAF ve onun segmentleriyle ilişkili sığ derinliğe sahip (yüzeğe yakın) kırık veya kırık sistemleri olarak tanımlamak çok daha doğru olacaktır. Ayrıca, bu çizgiselliklerin (1) KAF'a bağlı segmentler olmaması ve (2) saçınımlı bir dağılım göstermesi (Şekil 11a, b) veya başka bir ifadeyle birbirinin ucuna eklenmemiş olması da kırık olma ihtimalini artırmaktadır. Bölgede haritalanmış olan kırıklardan sadece biri çalışma sahasının güney batısında kısmen vadiyi takip etmektedir (noktalı çizgi ile gösterilmiştir) (Şekil 7, 11a ve b). Çalışma sahasının genel olarak yoğun bitki örtüsüyle kaplı olması (Şekil 11a) ve ulaşım güçlüğü nedeniyle uydu görüntüsü analizinden elde

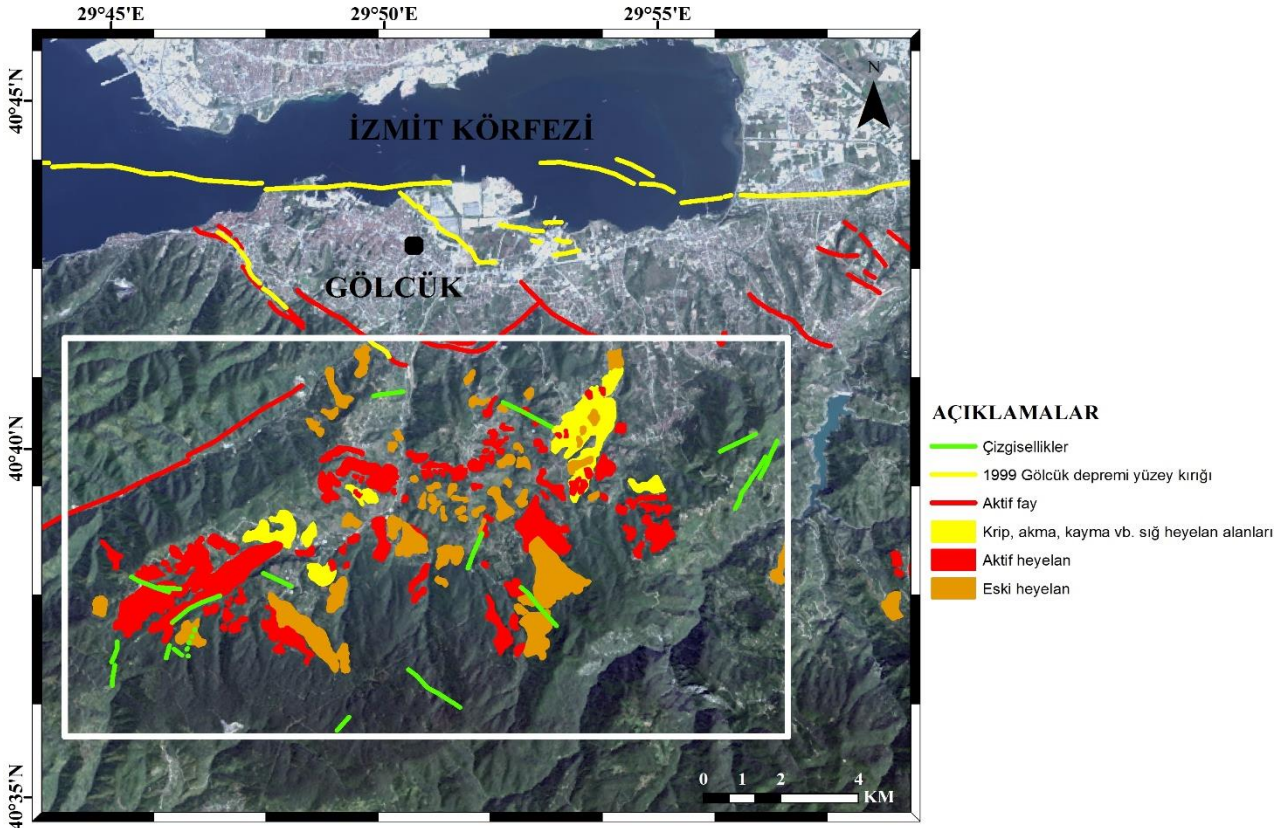
edilmiş kırık veya kırık sistemlerinin arazi çalışmasıyla belirlenmesi oldukça güçtür. PALSAR seviye 1.5 görüntüsünün analizi sonucu tespit edilen çizgisellikler, bölgede mevcut kütle hareketlerinin meydana geldiği alanlar ile ilişkisinin anlaşılması için PALSAR DEM verisi üzerine yerleştirilmiş olan Landsat-8 doğal-renk kompozit görüntüsü (432-Kırmızı, Yeşil ve Mavi (KYM)) üzerinde gösterilmiştir. Haritalanan kırık veya kırık sistemlerinin özellikle heyelanların bulunduğu alanlarda yoğunlaşması (Şekil 11b) kütle hareketlerini tetikleyen önemli unsurlardan birisinin de malzeme ve geometri özellikleri dışında kırık sistemlerinin olduğunu işaret edebilir.

## 7. Sonuçlar

Türkiye'de doğal afetler içerisinde kütle hareketleri önemli bir yer almaktadır ve bunları tetikleyen ana faktörlerden birinin de deprem olduğu bilinmektedir. Çalışma alanında kütle hareketlerine oluşumları açısından bakıldığında en çok Paleosen-Eosen yaşlı kırıntılılar ve ayrılmış volkanik birimlerin olduğu alanlarda görülmektedir. Ayrıca çalışma alanının bulunduğu bölge jeomorfolojik, tektonik ve yağış rejimi açısından ele alındığında kütle hareketi potansiyeli yüksek bir bölge olduğu yapılan araştırmalar sonucunda belirlenmiştir. Çalışma alanının tektonik olarak aktif bir bölgede yer almasından dolayı, bölgedeki jeoloji ile alakalı çizgisel yapıların haritalanması çok büyük öneme sahiptir.



Şekil 11 (a). Çalışma alanını içine alan PALSAR DEM verisi üzerine yerleştirilmiş Landsat-8 doğal-renk kompozit görüntüsü (432-KYM) ve PALSAR verisinden elde edilmiş çizgisellikler (yeşil).



Şekil 11 (b). Çalışma alanını içine alan PALSAR DEM verisi üzerine yerleştirilmiş Landsat-8 doğal-renk kompozit görüntüsü (432-KYM). Heyelanlar, faylar ([20, 21]' den dijitalleştirilerek yapılmıştır.) ve PALSAR verisinden elde edilmiş çizgisellikler (yeşil).

Bu amaç doğrultusunda, ALOS PALSAR uydu görüntüsü bölgedeki olası çizgiselliklerin haritalanması için seçilmiştir. PALSAR seviye 1.5 görüntüsü üzerinde öncelikle doku analizi yapılmış, beneklerin ortadan kaldırmak amacıyla ve daha iyi analiz yapabilmek için uyarlanabilir lokal sigma filtre işlemi radar görüntüsüne uygulanmıştır. Son olarak kenar geliştirme işlemi ile 4 yönlü filtre işlemi yapılmıştır. Bu işlemler sonucunda elde edilen görüntülerde çizgisellikler belirlenmeye çalışılmış, yapısal jeolojik ve morfolojik unsurlar dışında yol, dere, dokanak sınırları (kayaç, ekili alan vb.) ve sırtlara dikkat edilmiş ve bunun gibi yapılar çizgisellik olarak değerlendirilmemiştir. Bu değerlendirme ölçütleri altında çalışma bölgesinde daha önce tanımlanmamış olan kırık veya kırık sistemleri ilk kez radar uydu verisi kullanarak haritalanmış ve 18 adet çizgisellik belirlenmiştir. Bu çizgiselliklerin önemli bir kısmının kütle hareketlerinin bulunduğu alanlarda bulunması dikkat çekicidir.

Çalışma bölgesinde KAF'a yakın mesafede haritalanan çizgiselliklerin 3 km'den daha kısa ve saçınım göstermesi, bölgesel hâkim tektonik kuvvetlerle ilişkili nispeten yüzeye yakın kırık veya kırık sistemleri olduğunun bir belirtisi olabilir. Sonuç olarak, çalışma sahası tektonik olarak aktif bir bölgede olduğundan PALSAR seviye 1.5 verisi kullanılarak oluşturulan haritalarda belirlenen jeolojik çizgiselliklerin malzeme ve geometri ile birlikte kütle hareketlerini tetikleyen ana faktörlerden biri olabileceği dikkate alınmalıdır.

## Kaynaklar

- [1] Akbulut İ., 2011. Heyelan nedir? Türkiye'deki heyelanlar, Mavi Gezegen Popüler Yerbilim Dergisi 16, 15-20.
- [2] Zengince M., Karakaş A., 2018. Kocaeli Gölçükte oluşan heyelanların nedenleri, etkileri ve alınan önlemler. Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, 17(1), 39-54.
- [3] Tatar Y., Tatar O., 2006. Jeolojide Uzaktan Algılama, Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları No: 102, Sivas, Türkiye.
- [4] Akartuna M., 1968. Armutlu Yarımadasının Jeolojisi. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fen. Fak. Monografileri (Tabi İlimler Kısmı) Sayı: 20, İstanbul, Türkiye.
- [5] Göncüoğlu M. C., Erendil M., Tekeli O., Ürgün B. M., Aksay A., Kuşçu İ., 1986. Armutlu Yarımadasının Doğu Kesiminin Jeolojisi, M.T.A Raporu 7943.
- [6] Robertson, A. H. F., Ustaömer, T., 2004. Tectonic evolution of the Intra-Pontide suture zone in the Armutlu Peninsula NW Turkey, *Tectonophysics* **381**, 175-209.
- [7] MTA, 2002. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası İstanbul ve Zonguldak Paftaları. Ankara, Turkey.
- [8] Ketin, İ., 1969. Kuzey Anadolu Fayı hakkında. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey*, 72, 1-27.
- [9] Dewey, J.F., Şengör, A.M.C., 1979. Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin*, 90, 84-92.
- [10] Barka, A.A., Kadinsky-Cade, K., 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7, 663-684.
- [11] Gürer, Ö. F., Kaymakçı, N., Çakır, Ş., Özburan M., 2003. Neotectonics of the southeast Marmara region, NW Anatolia, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 21(2003) 1041-1051.
- [12] Gürbüz, C., Aktar, M., Eyidoğan, H., et al., 2000. The seismotectonics of the Marmara region (Turkey): results from a microseismic experiment. *Tectonophysics*, 316, 1-17.
- [13] Barka, A., Kuşçu, İ., 1996. Extent of the North Anatolian Fault in the İzmit, Gemlik and Bandırma Bays. *Turkish Journal Marine Science*, 2, 93-106.
- [14] Gökçe O., Özden Ş., Demir A., 2008. Türkiye'de Afetlerin Mekânsal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı, Ankara, Türkiye.
- [15] Varnes, D. J., 1978. Slope Movement Types and Processes. In *Landslides: Analysis and Control*. Edited by R. L. Schuster and R. J. Krizek. Transportation Research Board, National Academy of Science, Special Report 176, Chapter 2, 11-33, Washington.
- [16] Kahraman N., Arıkan, R., 2015. Kocaeli ve Deprem, Uluslararası Karamürsel Alp ve Kocaeli Tarihi Sempozyumu II, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, 859-875.
- [17] Karakaş A., Coruk Ö., 2011. Impact of Mass Movements in the Kocaeli Province, Turkey, *Geology Today*, 27(2), 70-73.
- [18] Zengince M., Karakaş A., 2016. Gölçük (Kocaeli) Güney Köyleri Heyelan Tehlikesinin Değerlendirilmesi, *Proceedings of International Symposium on Natural Hazards and Hazard*

- Management (DAAYS'16), Karabük Üniversitesi, Karabük, 367-372.
- [19] Yamlı M., Akgül O., 2012. Hamidiye Köy İçi Heyelana Yönelik Jeolojik Etüt Raporu, Kocaeli AFAD.
- [20] Duman T. Y., Çan T., Emre Ö., 2011. 1/1.500.000 Türkiye Heyelan Envanteri Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi-27, Ankara, Türkiye.
- [21] Emre Ö., Duman T. Y., Özalp S., Elmacı H., Olgun Ş., Şaroğlu F., 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası, Ölçek 1:1.250.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayın Serisi-30, Ankara, Türkiye.
- [22] Gündoğdu E., Karaca Ö., Özden S., 2015. Saha gözlemleri ve ALOS-PALSAR görüntüsü kullanılarak Eskişehir fayı ve yakın civarının yapısal analizi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 31(3), 192-198.
- [23] Pour, A. B., Hashim, M., 2014. Structural geology mapping using PALSAR data in the Bau gold mining district, Sarawak, Malaysia. Advances in Space Research, 54, 644-654.
- [24] Pour, A. B., Hashim, M., 2015. Structural mapping using PALSAR data in the Central Gold Belt, Peninsular Malaysia. Ore Geology Reviews, 64, 13-22.