



Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology
Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

ISSN 1012-2354

Cilt (Volume): 32, Sayı (Issue): 1, Ocak/January-2016

<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



SİMAV FAYI VE YAKIN CİVARININ SAHA VERİLERİ İLE ALOS-PALSAR VE LANDSAT GÖRÜNTÜLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI YAPISAL ANALİZİ

***Erdem GÜNDOĞDU¹, Süha ÖZDEN², Öznur KARACA²**

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çan Meslek Yüksekokulu, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü
 TR-17400 Çan/Çanakkale, Türkiye

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü TR-17020
 Çanakkale, Türkiye

Anahtar

Kelimeler:

LANDSAT,
 ALOS-
 PALSAR,
 Çizgisellik
 Analizi,
 Kontrollü
 Sınıflandırma,
 Sayısal
 Yükseklik
 Modeli

ÖZET

Simav Fayı ve yakın civarı, bölgenin yapısal analizini yapabilmek amacıyla LANDSAT 7 ETM+ ve ALOS-PALSAR uydu görüntüleriyle incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, saha çalışmalarıyla birlikte yorumlanmıştır. LANDSAT uydu görüntüsü üzerinde yapılan analizde, 56 adet çizgisellik belirlenmiştir. Benzer bir çalışma, ALOS-PALSAR uydu görüntüsü üzerinde; en iyi filtreleme sonucunu veren, Lee-Sigma filtresi ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalara ek olarak hazırlanan sayısal yükseklik modeli (SYM) sayesinde de çizgisellikler daha net olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda oluşturulan üç boyutlu görüntü ile fay çizgisellikleri daha net olarak ortaya konulmuştur. Ayrıca, LANDSAT 7 ETM+ uydu görüntüsü üzerinde yapılan kontrollü sınıflandırma ile elde edilen görüntüler ile jeolojik birimlerin sınırları çizilmeye çalışılmıştır. Topoğrafik haritalar yardımıyla drenaj sistemlerinde; özellikle Simav Fayı üzerinde derin ve eski dere yataklarında sağ yanal ötelemelerin görülmesi; günümüzde normal fay karakteri sergileyen Simav Fayı'nın, doğrultu atımlı bir faydan normal bir faya dönüşmesinin, günümüze çok yakın bir zamanda (Kvarterner) olduğunun bir kanıtıdır.

COMPARATIVE STRUCTURAL ANALYSIS OF FIELD DATA FROM SIMAV FAULT AND SURROUNDING AREA WITH ALOS-PALSAR AND LANDSAT IMAGES

Key Words:

LANDSAT,
 ALOS-
 PALSAR,
 Lineation
 analysis,
 Controlled
 Classification,
 Digital
 Elevation Model

ABSTRACT

With the aim of completing regional structural analysis of Simav Fault and surroundings, LANDSAT 7 ETM+ and ALOS-PALSAR satellite images were investigated. The results obtained were interpreted together with field studies. Analysis of LANDSAT satellite images determined 56 lineations. In a similar study of ALOS-PALSAR satellite images, the best filtering results were obtained with the Lee-Sigma filter. Analysis of ALOS-PALSAR satellite images determined 71 lineations. Additionally, the lineations were more clearly defined using a digital elevation model (DEM) prepared in this study. The three dimensional image created using this model more clearly showed the fault lineations. Using images obtained by controlled classification of LANDSAT 7 ETM+ satellite images, an attempt was made to draw the boundaries of geological units. Drainage systems on topographic maps, especially the left lateral offset of deep and old river beds on the Simav Fault, are evidence that the transformation of the Simav Fault from a strike-slip fault to its current normal fault character occurred in very recent times (Quaternary).

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Jeolojik araştırmalarda son yıllarda, saha çalışmalarıyla birlikte uzaktan algılama teknikleri de yaygın olarak kullanılmakta olup, bu çalışmalar uydu görüntülerinin işlenmesi prensibine dayanmaktadır. Jeolojik çizgisellikleri haritalamak, yer bilimleri çalışmalarında oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Çünkü çizgisellikler, mineral araştırması, sismik ve risk değerlendirmesi, hidrojeolojik araştırmalar, inşaatlarda yer seçimi gibi pek çok çalışmaya temel oluşturmaktadır. Çizgisellikleri belirleme metodları genellikle optik verilerin yarı otomatik veya görsel değerlendirmesine ve sayısal yükseklik modellerine dayanır (Rahnama ve Gloaguen, 2014).

Tektonik özelliklerin çoğu düz çizgisel unsurlarla ilişkilidir ve kısaca çizgisellik olarak ifade edilmektedir. Arazi koşullarının güçlüğünden dolayı bazen çok geniş alanlar arazide çalışılmaktadır. Ayrıca bu yöntemle tüm çizgiselliklerin haritalanması da mümkün olamayabilir (Karnieli vd., 1996; Shahzad vd., 2011).

Uzaktan algılama çalışmaları, saha çalışmalarıyla eş zamanlı olarak gerçekleştirilmekte olup, genel anlamda uydu görüntülerinden ilgili veriyi görüntü işleme teknikleri ile elde etme prensibine dayanır. Uzaktan algılama ve saha çalışmalarından elde edilen sonuçlar, birlikte değerlendirilip daha anlamlı veriler elde edilmektedir.

Yer bilimleri ve özellikle jeoloji araştırmalarında, baskın Neotektonik dönem yapıları ve aktif tektonik unsurların belirlenmesinde sıkça kullanılan çizgisellik analizi (Süzen ve Toprak, 1998; Över vd., 2004), sadece kırık hatları, kıvrım eksenleri ve faylanmaları temsil etmemektedir (Karaca vd., 2003). Bunun yanı sıra, vadi, sırt gibi doğrusal unsurlar olan yapısal çizgisellikler, doğanın ve topoğrafyanın tanımlanması

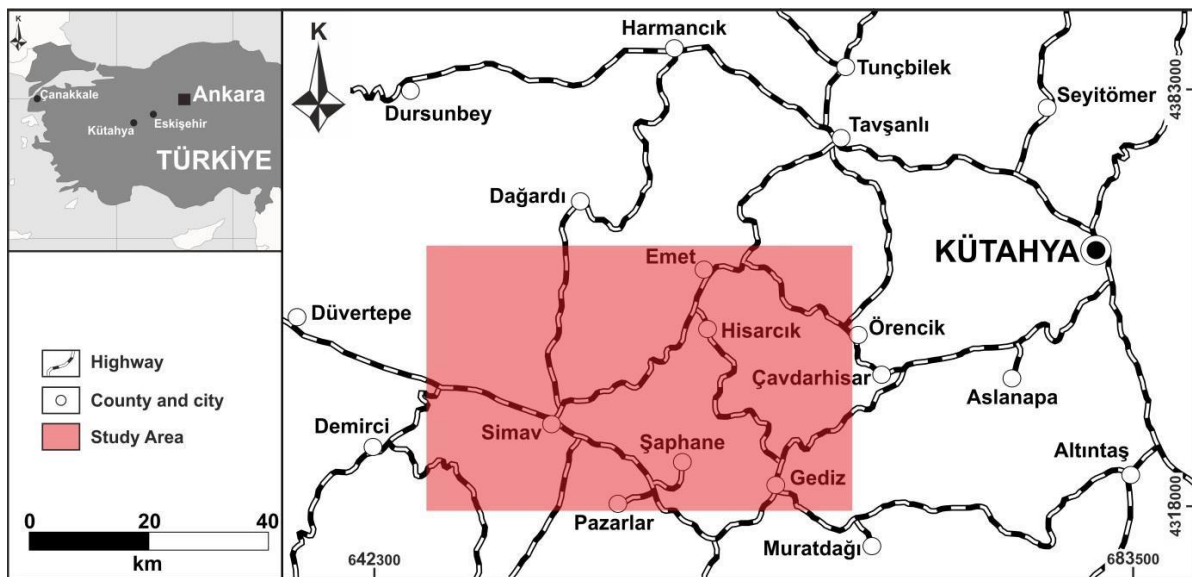
için önemli olan unsurları da içermektedirler (O'Leary vd., 1976). Bu yüzden çizgisellikler, tüm tektonik yapıları temsil edebilir (Morelli ve Piana 2006; Oliveira vd., 2012).

Bu çalışmada ilk olarak, Simav ve yakın civarında yer alan yapısal unsurlardan, özellikle aktif faylar ve çizgisellikler, saha gözlemleriyle tespit edilip haritalanmıştır. Uzaktan Algılama çalışmaları kapsamında ise, LANDSAT 7 ETM+ ve ALOS-PALSAR uydu görüntüleri ile çizgisellikler belirlenmiştir. Uydu görüntüleri yardımıyla belirlenen bu çizgisellikler, birbirleriyle ve sahada haritalanan çizgiselliklerle karşılaştırılmıştır. Böylece hangi uydu görüntüsündeki çizgiselliğin, sahada haritalanan unsurları daha iyi yansıttığı belirlenmiştir. Ayrıca oluşturulan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) sayesinde, üç boyutlu harita üzerinde ana çizgisellikler daha net olarak ortaya konulmuştur.

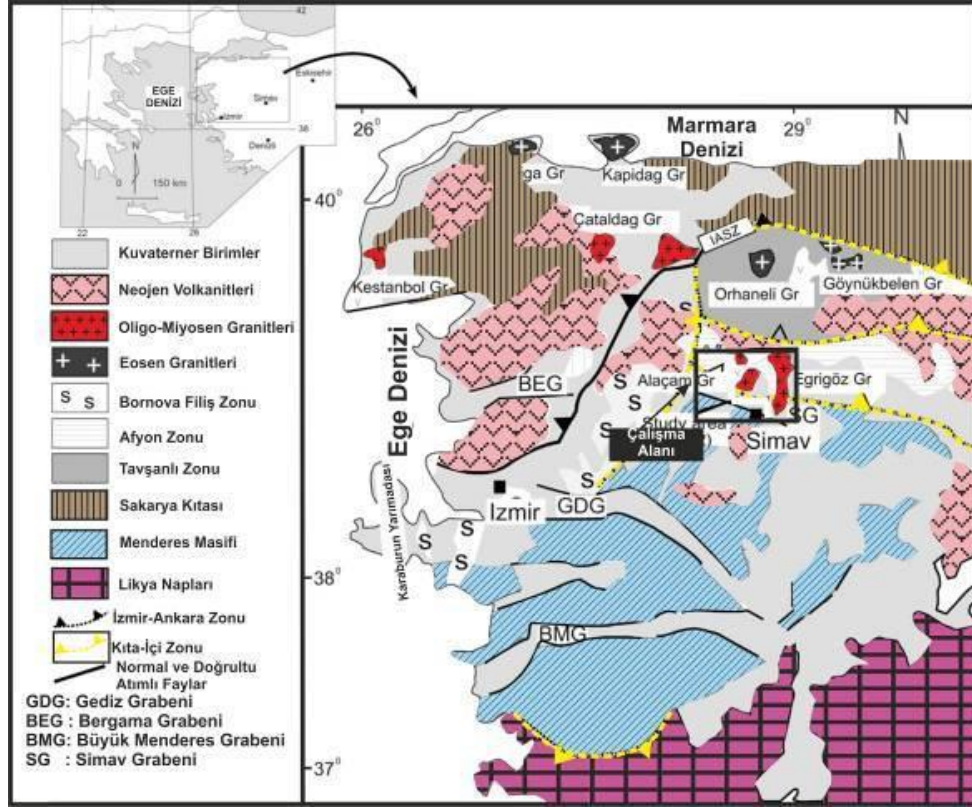
Buna ek olarak, LANDSAT 7 ETM+ uydu görüntüsü üzerinde kontrollü sınıflandırma yapılarak, elde edilen harita ile jeolojik birimlerin sınırları çizilmeye çalışılmış ve bu jeolojik sınırlar sahada hazırlanan jeoloji haritasıyla kıyaslanmıştır. Son olarak ise, topoğrafik unsurlar ve drenaj sistemlerinde görülen dere ötelenmelerinin, günümüzdeki tektonik rejim içerisindeki yeri yorumlanmıştır.

1.2. Çalışma Alanının Jeolojik Konumu

Çalışma alanı; Kütahya Fayı ve Eskişehir Fayı'nın arasında (Orta-Batı Anadolu) yer almakta olup; Emet, Simav ve Gediz ilçelerini kapsamakta olup (Şekil 1), jeolojik olarak Menderes Masifi'nin en kuzey ucunu temsil etmektedir (Şekil 2). Bu kesim günümüzde Simav Fayı ile sınırlı olup, Menderes Masifinin kuzeyindeki alanlarda, Oligo-Miyosen yaşlı plütonik kayalar yer almaktadır. Bu birimleri üzerleyen Miyosen yaşlı birimler, geniş bir yayılım sunarlar. Miyosen yaşlı birimler, Pliyo-Kuvaterner yaşlı karasal kırıntılı ve karbonatlarca örtülmekte ve genç volkanik kayalar tarafından da kesilmektedir. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar, bölgedeki tüm birimleri uyumsuzlukla örtmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu ve sınırları.



Şekil 2. Çalışma alanı ve Batı Anadolu'da gözlenen jeolojik birimler ve tektonik unsurlar (Hasözbe vd., 2010; Genç 1998; Okay vd., 1996; Okay ve Satır, 2000; Gürer vd., 2009).

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Saha Çalışmaları

Arazi çalışmaları sırasında, 1/100.000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerine aktif faylar ve olası faylar işaretlenmiştir. Ayrıca aktif faylanma karakteri taşımayan diğer çizgisellikler ile paleo ve neotektonik dönemlere ait olabileceği düşünülen veriler de (tabakalanma ve şistozite gibi) haritalanmıştır.

2.2. Uzaktan Algılama Çalışmaları

2.2.1. LANDSAT ve ALOS-PALSAR Görüntüleri Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Simav Fayı ve yakın civarında yapılan uzaktan algılama çalışmaları kapsamında, öncelikle çalışma alanı sırasıyla LANDSAT ve ALOS-PALSAR uydu görüntüleriyle incelenmiştir ve bu amaçla görüntü iyileştirme tekniklerinden yararlanılmıştır. PALSAR görüntüsüne ait çeşitli ürünler bulunmakta olup, bu ürünlerden Level 4.1 olup çift polarizasyonlu bir veri kullanılmıştır.

İlk olarak, LANDSAT uydu görüntüsü üzerinde çeşitli bant kombinasyonları (jeolojik araştırmalar için uygun olan 4, 5 ve 7. bantlar) kullanılarak belirlenmeye çalışılan çizgisel yapılar, ERDAS-IMAGINE 8.5 versiyonu kullanılarak çizilmiştir. Ayrıca, çizgiselliklerin genel yönelimlerine dik olacak şekilde, KD yönlü filtreleme uygulanmıştır.

ALOS-PALSAR görüntüleri üzerinde çizgisellik analizinden önce, doku analizi, parazitlerin ortadan kaldırılması ve kenar

belirleme/zenginleştirme gibi görüntü iyileştirme yöntemleri uygulanmıştır. Tüm bu işlemler için, ERDAS-IMAGINE yazılımı kullanılmıştır.

Doku, özellikle jeolojide ve deniz bilimlerinde radar görüntülerinin yorumlanması için çok önemli bir bileşeni oluşturmaktadır (Gündoğdu, 2009); örnek olarak litolojik sınırlar, ormanlık bölgelerdeki gölgeler, yollar ve jeolojik çizgisellikler verilebilir. “Gürültülerin Ortadan Kaldırılması” işleminde; görüntünün okunabilirliğini azaltan parazitler, radar görüntüleri için uygulanan bazı filtreler yardımıyla ortadan kaldırılmıştır. Bu çalışmada uygulanan filtrelemeler sonucunda en iyi sonuç, Lee-Sigma filtresinden elde edilmiştir. RADAR görüntülerinin işlenmesi aşamalarından sonuncusu ise, “Kenar Belirleme/Zenginleştirme” çalışmaları olup, filtrelenmiş görüntüye diğer yönler göre hangi yönün daha iyi sonuç verdiği tespit edilerek kenar belirleme zenginleştirilmesi uygulanmıştır. Bunun için görüntülere çeşitli yönlerden (kuzeydoğu, kuzeybatı, doğu ve kuzey) yönsel filtreleme uygulanmıştır. Çalışma alanının, KD yönsel filtrelemesi uygulanmış uydu görüntüsü üzerinde, çizgiselliklerin en belirgin olduğu görülmüştür.

2.2.2. Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) Çalışmaları

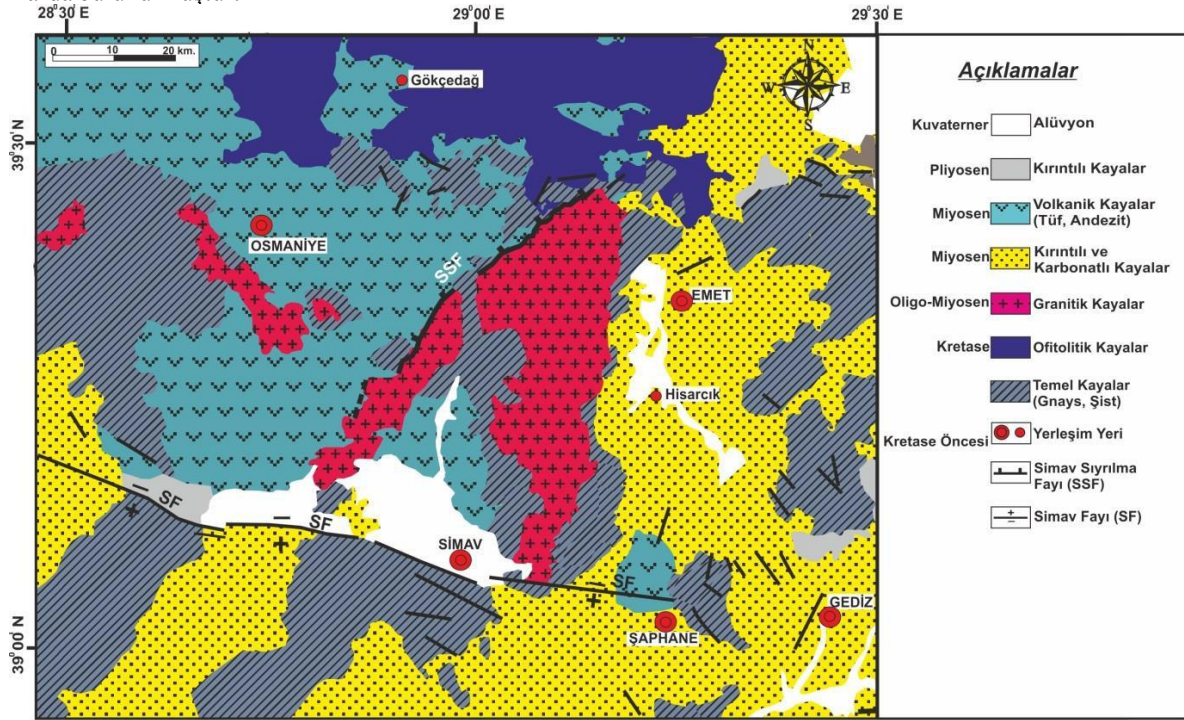
Çalışma alanına ait 1/100.000 ölçekli topoğrafik harita kullanılarak hazırlanan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), uydu görüntüsü ile karşılaştırıldığında bölgenin üç boyutlu (3D) arazi modeli elde edilmiştir ve bu sayede çizgiselliklerin daha rahat görünmesi sağlanmıştır.

2.2.3. Kontrollü sınıflama Çalışmaları

Uydu görüntülerindeki verileri bilgiye dönüştürebilmek için kullanılan en yaygın yöntem, görüntüleri sınıflandırmaktır. Ayırt edilen sınıflar, bizlere bölgedeki jeolojik birimler hakkında bilgi vermektedir. Aynı zamanda bu birimlerin sınırları bazen tektonik olabilmektedir. Çalışma alanı için, kontrollü sınıflandırma yapılarak, jeolojik birimlerin sınırları çizilmeye çalışılmıştır.

2.2.4. Topoğrafik Unsurlar Yardımıyla Çizgiselliklerin Belirlenmesi

1/100.000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerinde, drenaj sistemlerinden yararlanılarak derelerdeki ötelenmeler belirlenmeye çalışılmıştır. Derelerdeki ötelenmelerin türleri değerlendirilerek, bölgenin güncel deformasyonu hakkında yaklaşımlarda bulunulmuştur.



Şekil 3. Simav ve yakın civarının jeoloji haritası (M.T.A. 2002'den değiştirilerek) ve sahada haritalanan aktif faylar

3.2. LANDSAT ve ALOS-PALSAR Görüntüleri Üzerinde Elde Edilen Veriler

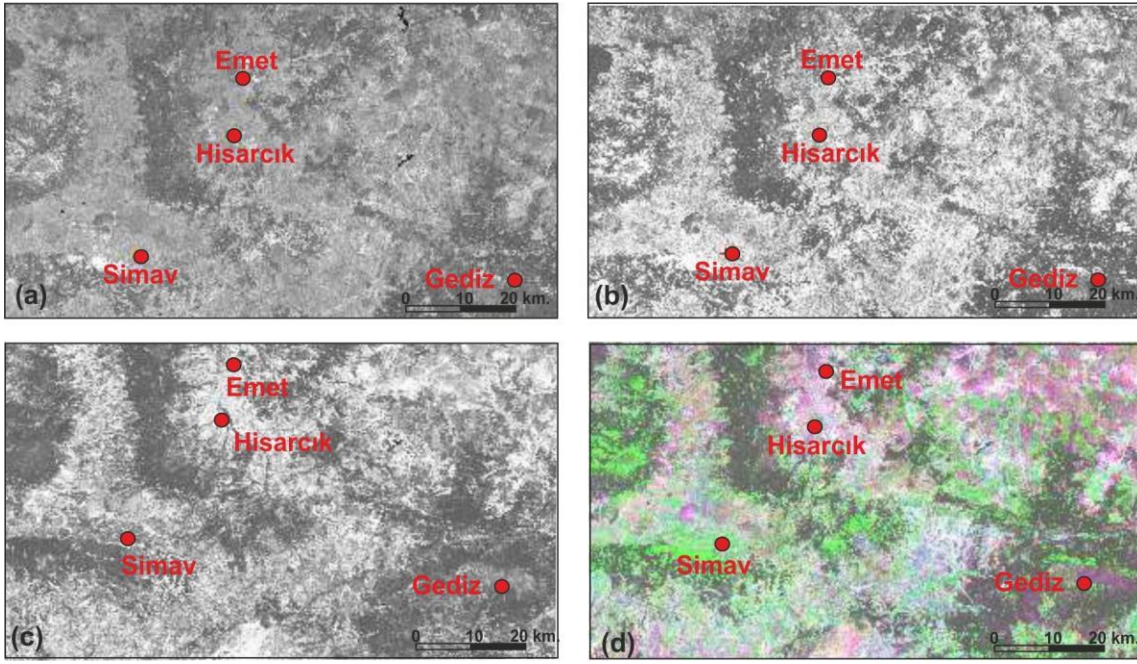
Çok kanallı uydu görüntülerinin kendisi veya işlenmiş ile oluşturulacak olası çok sayıda kombinasyon olmasına rağmen, litolojik sınırları belirlemede en uygun yöntemin hangisi olduğu konusunda çeşitli görüş ayrılıkları bulunmaktadır (Sarı, 2005). Abrams vd.(1983) ve Sultan vd. (1986); farklı bant oranlamalarıyla oluşturulacak kompozit görüntülerle litolojik birimlerin daha belirgin hale geleceğini savunurken, Hoatson (2001) ve Kargı (2004) "7-4-1 kombinasyonlarının", Sabins (1997) "7-4-2 kombinasyonlarının"; Won-In ve Charusiri (2001) ise "7-5-4" bantlarıyla oluşturulan kombinasyonların jeolojik sınırların ayırımında daha etkin olduğunu belirtmiştir.

3. BULGULAR

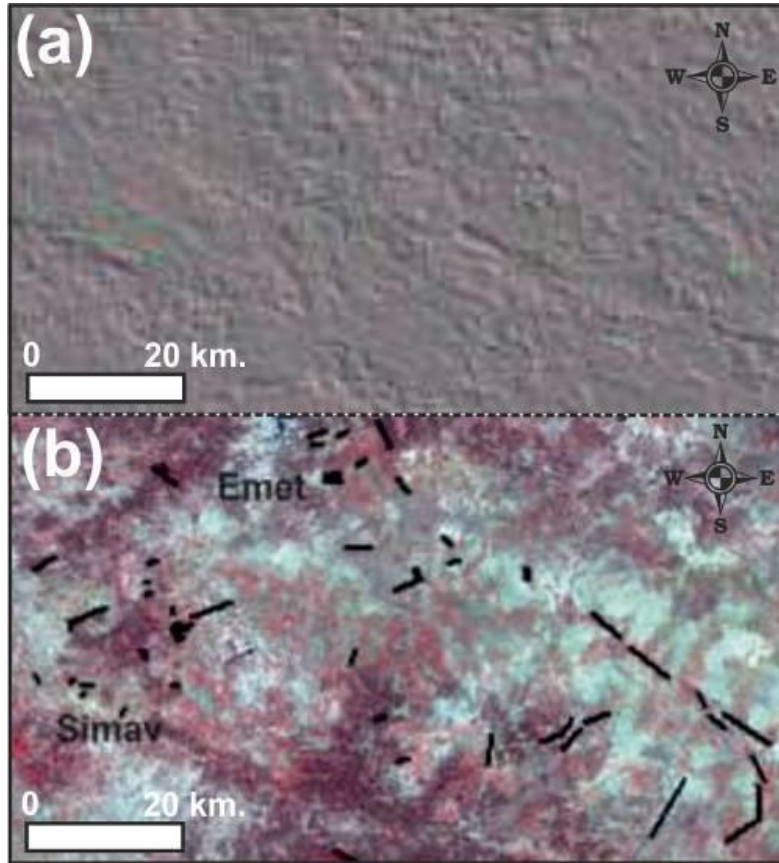
3.1. Saha Çalışmaları Sırasında Haritalanan Aktif Faylar

Simav Grabeni'ni güneyden sınırlayan Simav Fayı (SF), yaklaşık 60 km'lik bir uzunluğa sahip olup, günümüzdeki davranış biçimi normal fay karakterindedir (Şekil 3-a). Simav Sıyrılma Fayı (SSF) ise, Simav Fayı'nın kuzeyinde ve tavan bloğunda yer almakta olup, Simav Fayı tarafından kesilmektedir. Eğrigöz ve Koyunoba Plütonları'nın batı kenarını sınırlayan Simav Sıyrılma Fayı'nın doğrultuları genellikle KD-GB yönündedir (Şekil 3-a).

Bu çalışmada, çeşitli bant kombinasyonları denenmiş ve 4-5-7 bantlarından oluşan kombinasyon kullanılmıştır. Bu bantlar üzerinde çizgiselliklerin genel yönelimlerine dik olacak şekilde uygulanan KD yönlü filtrelemesi sonucunda elde edilen görüntü, Şekil 5-a'da verilmiştir. KD yönlü filtreleme uygulanmış bu LANDSAT görüntüsü üzerindeki çizgisellikler ise Şekil 5-b'de gösterilmiştir.



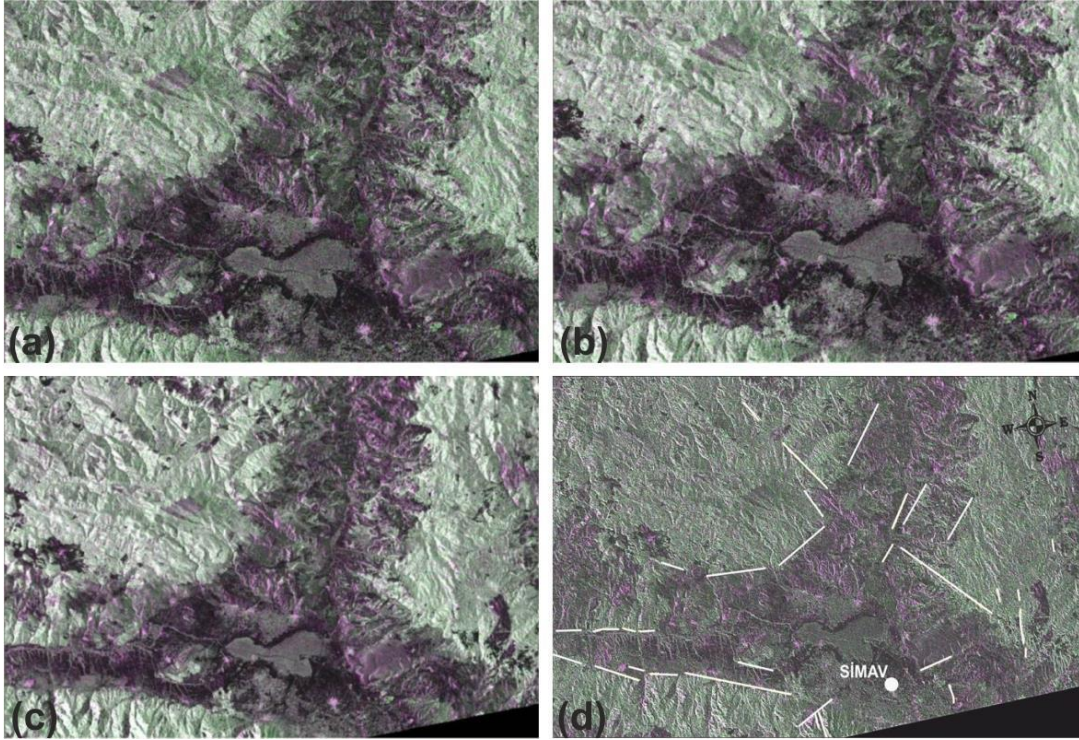
Şekil 4. Çalışma kapsamında kullanılan LANDSAT ETM'ye ait bazı bant ve bant kompozitleri (a) LANDSAT TM1, (b) LANDSAT TM4 (Histogram Equalization), (c) LANDSAT TM7 (Histogram Equalization ve Edge Enhance 3*3 filtresi) (d) LANDSAT ETM 741 (RGB) (Histogram Equalization) (Özden vd., 2012).



Şekil 5. (a) LANDSAT TM7-TM4-TM1 bandlarına uygulanan KD yönlü filtreye ait renkli kompozit. (b) LANDSAT ETM+ 431 (RGB) uydu görüntüsü üzerine çizilmiş çizgisellikler (Özden vd., 2012).

LANDSAT uydu görüntüsünün yanında, çalışma alanına ait ALOS-PALSAR uydu görüntüleri kullanılarak da benzer çalışmalar yapılmıştır. Pek çok araştırmacı, radar görüntüleri üzerindeki parazitleri azaltmak için çeşitli algoritmalar geliştirmiştir (Lee 1981; 1983; Frost vd., 1982; Kuan vd., 1987; Baraldi ve Parmiggiani, 1995). Şekil 6-a'da Simav ve çevresini kapsayan ve üzerinde herhangi bir işlem yapılmamış, ham halde olan PALSAR uydu görüntüsü görülmektedir. Ham görüntü üzerinde çalışmak ve çizgisellikleri belirlemek çok kolay olmamaktadır. Bu nedenle, görüntüler üzerinde çizgisellik analizi yapmadan önce, parazitlerin ortadan kaldırılması amacıyla görüntülere

çeşitli filtreler (Frost, Lee-Sigma ve Gamma-Map) uygulanmıştır. Şekil 6-b'de Frost filtresi uygulanmış görüntü; Şekil 6-c'de ise Lee-Sigma filtresi uygulanmış görüntüler verilmiştir. Bu filtreler arasında, Lee-Sigma filtresi en iyi sonucu vermiştir. Görüntüler üzerindeki parazitlerin giderilmesinin ardından, çizgiselliklerin belirlenebilmesi amacıyla görüntülerde kenar belirleme çalışmaları yapılmıştır. Bunun için görüntülere kuzeydoğu, kuzeybatı, doğu ve kuzey yönsel filtrelemeleri uygulanmıştır. Simav ve yakın çevresinin, KD yönsel filtresi uygulanmış uydu görüntüsü üzerindeki çizgisellikler Şekil 6-d'de verilmiştir.



Şekil 6. (a) İşlenmemiş PALSAR uydu görüntüsü, (b) Frost filtresi uygulanmış PALSAR uydu görüntüsü, (c) Lee-Sigma filtresi uygulanmış PALSAR uydu görüntüsü (d) Filtrelenmiş görüntü üzerinde belirlenen bazı çizgisellikler.

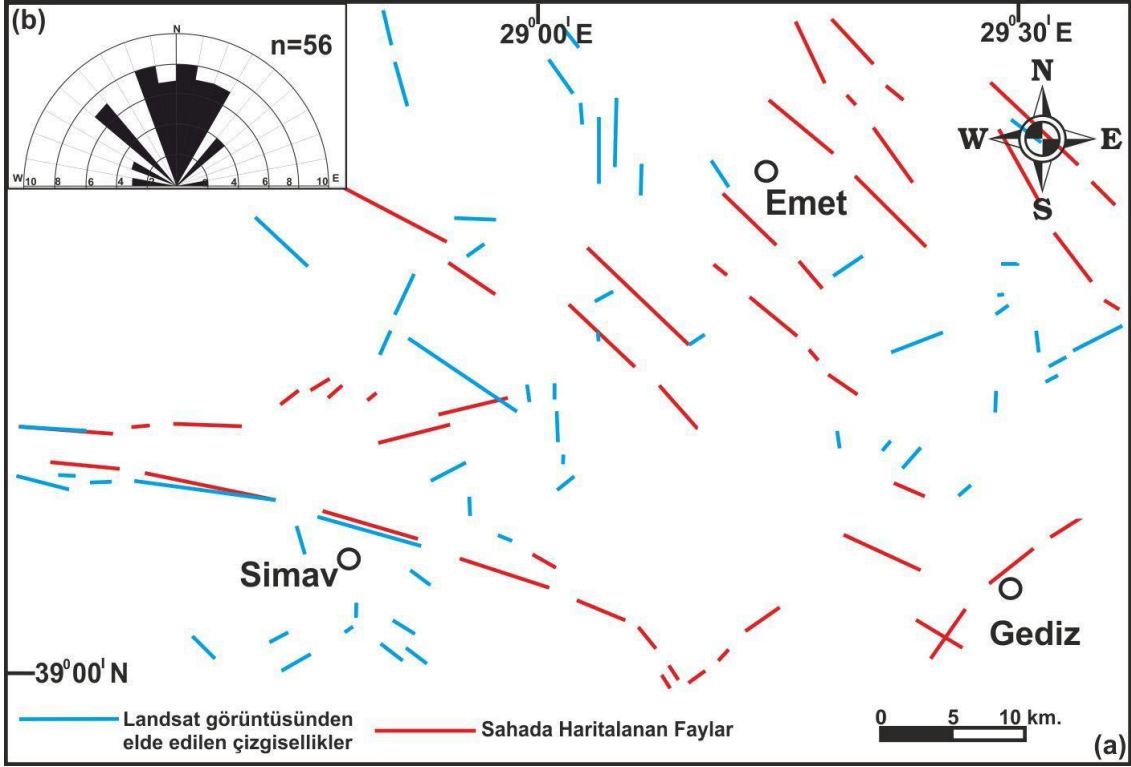
3.3. LANDSAT ve ALOS-PALSAR Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Çizgiselliklerin Karşılaştırılması

LANDSAT uydu görüntüsü üzerinde; 56 adet çizgisellik belirlenmiş olup (Şekil 7-a), bu çizgisellikler için hazırlanan gül diyagramında, çizgiselliklerin $K0^{\circ}-40^{\circ}D$ ve $K0^{\circ}-20^{\circ}B$ doğrultularında yoğunlaştığı belirlenmiştir (Şekil 7-b). Bu doğrultudaki çizgiselliklere karşılık gelen kırık sistemleri, literatürde "Simav Sıyrılma Fayları" olarak isimlendirilen alanları temsil etmektedir (Tablo 1).

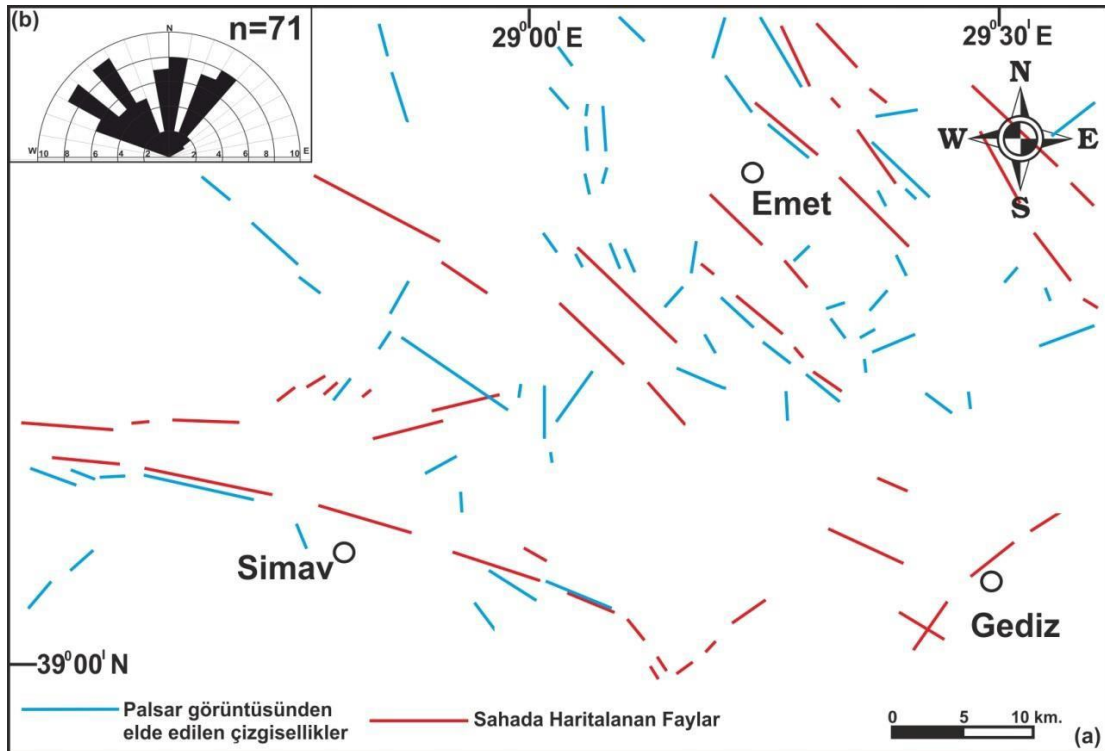
ALOS-PALSAR uydu görüntüsü üzerinde ise, 71 adet çizgisellik belirlenmiş olup, bu çizgisellikler için hazırlanan gül diyagramında (Şekil 8-a), çizgiselliklerin $K0^{\circ}-10^{\circ}D$, $K20^{\circ}-40^{\circ}D$ ve $K30^{\circ}-70^{\circ}B$ doğrultularında yoğunlaştığı belirlenmiştir (Şekil 8-b). Bu doğrultudaki çizgiselliklere karşılık gelen kırık sistemlerinden $K0^{\circ}-10^{\circ}D$ doğrultularına sahip olanlar "Simav Sıyrılma Fayları"nın, $K30^{\circ}-70^{\circ}B$ doğrultularına sahip olan kırık sistemleri ise, "Simav Fayı"nın doğrultuları ile oldukça uyumludur (Tablo 1).

Tablo 1. Uydu Görüntülerinden elde edilen çizgiselliklerin, literatürde temsil ettiği tektonik unsurlar (SF: Simav Fayı ile ilişkili çizgisellikler, SSF: Simav Sıyrılma Fayı ile ilişkili çizgisellikler, Diğer: Jeolojik Birimlerin sınırlarını oluşturan çizgisellikler ve paleotektonik ile neotektonik döneme ait diğer çizgisellikler).

Uydu Görüntüsü	Çizgisellik				Yoğunlaştığı Doğrultu	Temsil Ettiği Tektonik Unsurlar
	SF	SSF	Diğer	Toplam		
LANDSAT	19	27	10	56 adet	$K0^{\circ}-40^{\circ}D$ ve $K0^{\circ}-20^{\circ}B$	Simav Sıyrılma Fayı
ALOS/PALSAR	33	31	7	71 adet	$K0^{\circ}-10^{\circ}D$, $K20^{\circ}-40^{\circ}D$	Simav Sıyrılma Fayı
					$K30^{\circ}-70^{\circ}B$	Simav Fayı



Şekil 7. (a) LANDSAT uydu görüntüsü üzerinde belirlenen çizgisellikler (b) Bu çizgiselliklerin doğrultularına göre hazırlanmış gül diyagramı.

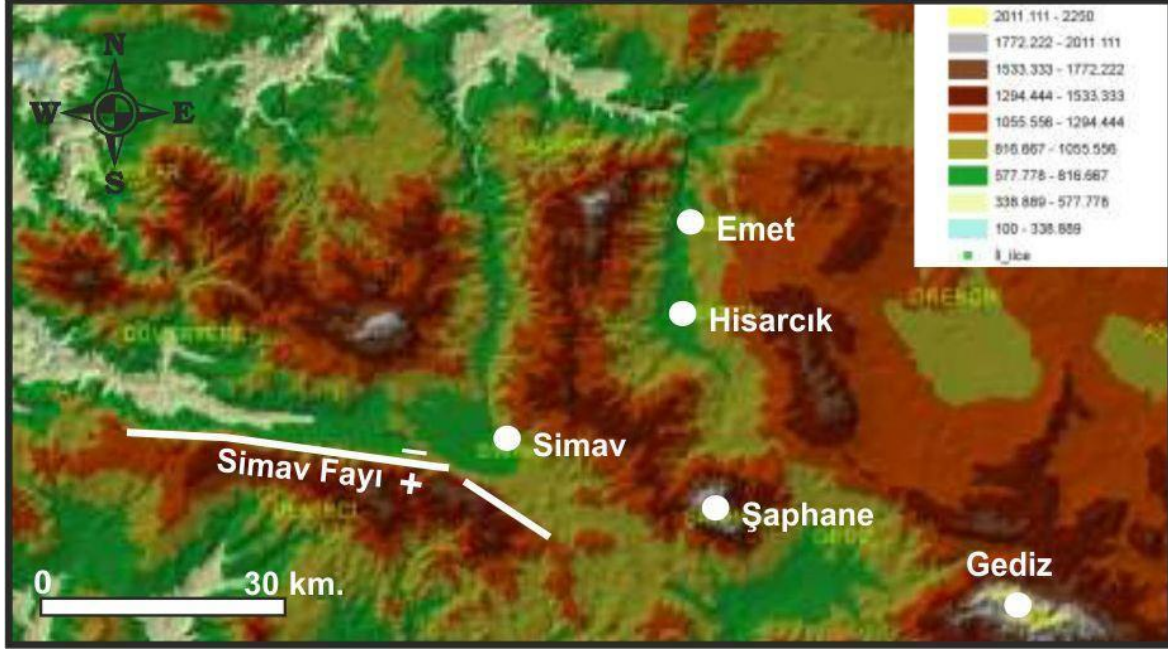


Şekil 8. (a) PALSAR uydu görüntüsü üzerinde belirlenen çizgisellikler (b) Bu çizgiselliklerin doğrultularına göre hazırlanmış gül diyagramı. (Şekil b'nin de ölçeği ayarlanırsa iyi olur.)

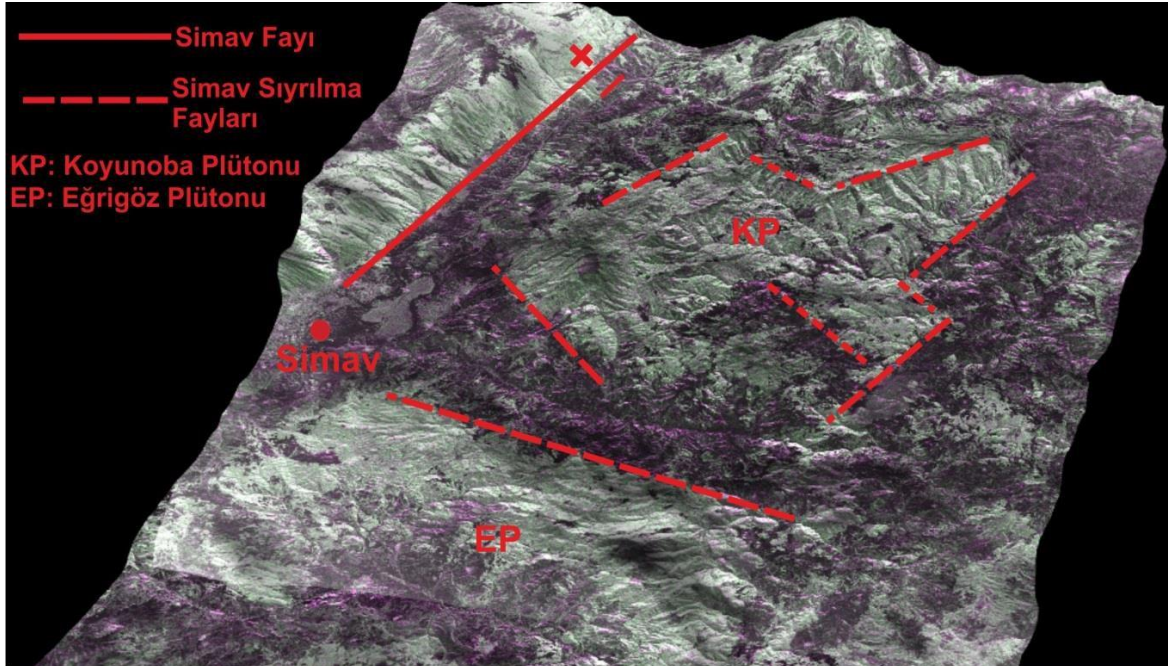
3.4. Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)

Simav Fayı ve yakın civarının yapısal özelliklerini belirlemek için, uydu görüntüleri kullanılarak hazırlanan çizgisellik haritalarını geliştirmek amacıyla "Gereç ve Yöntem" kısmında da bahsedilen yardımcı veri kaynaklarından da yararlanılmıştır ve çalışma alanına ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), bölgenin 1/100.000 ölçekli topoğrafik haritaları kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 9). Sayısal Yükseklik Modeli sayesinde, iki boyutlu görüntüler üzerinde çalışırken, çizgisellikler ile

vadi ve sırtların karıştırılmasından kaynaklanabilecek hatalar da azalmaktadır. Bu sayede eğimin değiştiği yerler ile vadi ve sırtların tam yerleri rahatlıkla görülebilmektedir. Oluşturulan üç boyutlu görüntü ile incelemek istediğimiz fay çizgiselliklerini daha net olarak görebilme imkânı sağlanmıştır. Şekil 10'da Simav Fayı'nın ve kuzeyinde kalan bölgenin PALSAR uydu görüntüsü ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak hazırlanmış üç boyutlu arazi modelinin görünümü verilmiştir.



Şekil 9. Simav Fayı ve yakın civarının sayısal yükseklik modeli (SYM) ile hazırlanmış görüntüsü (Özden vd., 2012'den değiştirilerek alınmıştır).

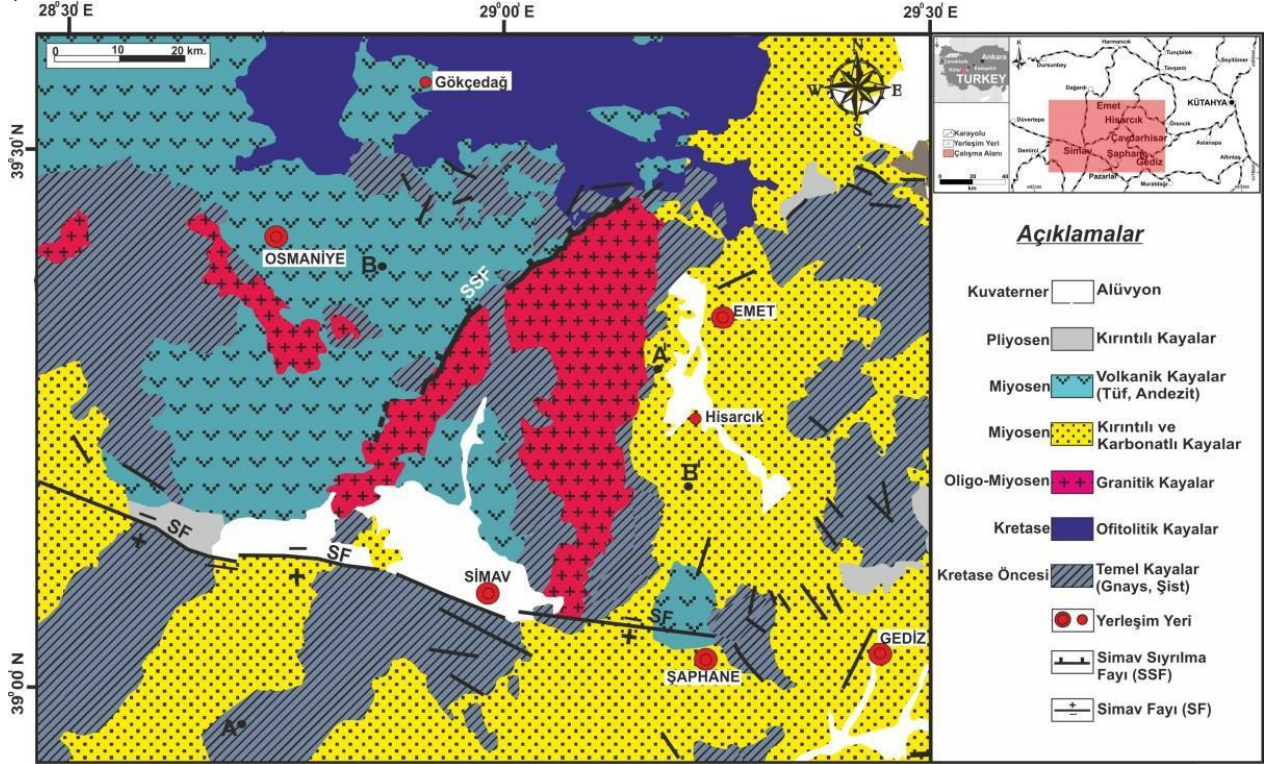


Şekil 10. Simav Fayı'nın ve yakın civarındaki başlıca yapısal unsurların, PALSAR uydu görüntüsü ve Sayısal Yükseklik Modeli kullanılarak hazırlanmış üç boyutlu arazi modelinde görünümü.

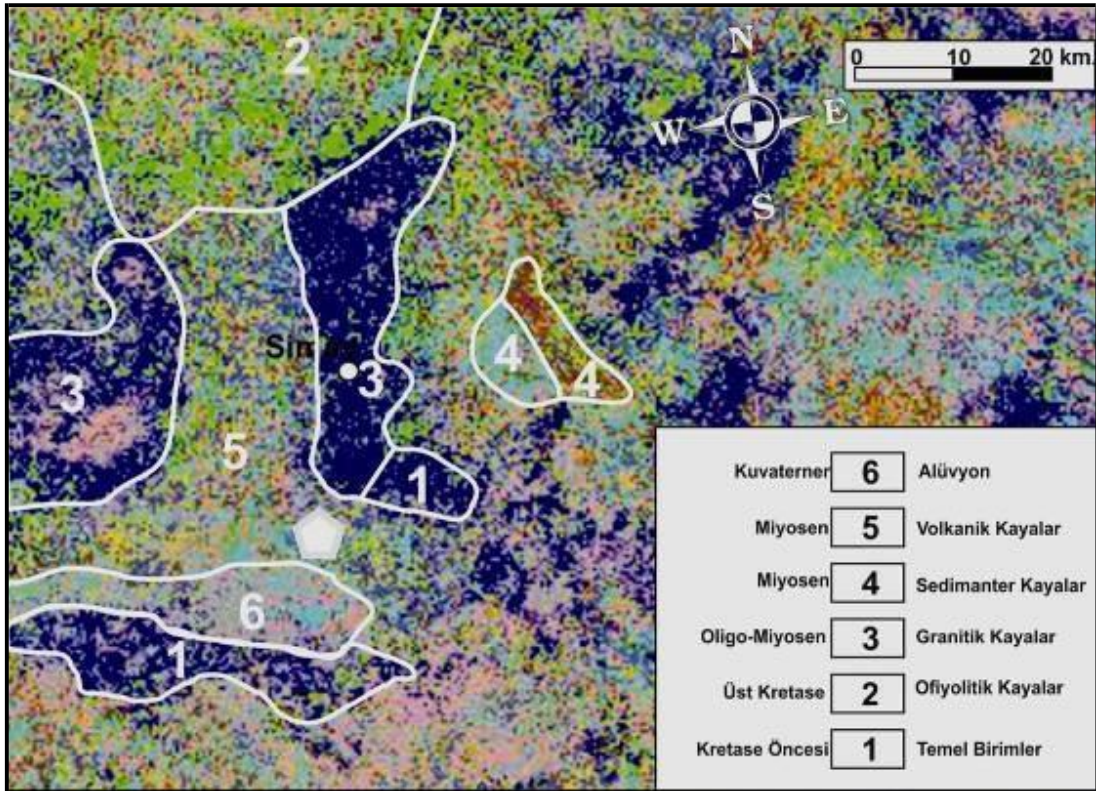
3.5. Kontrollü Sınıflama

Çalışma alanındaki birimleri ayırtlayabilmek ve birimler arasındaki dokanak ilişkilerini görebilmek için LANDSAT uydu görüntüsü üzerinde kontrollü sınıflandırmalar yapılmıştır.

Çalışma alanının sadeleştirilmiş jeoloji haritası, Şekil 11'de verilmiş olup, Şekil 12'de ise kontrollü sınıflandırma yöntemiyle hazırlanan, jeolojik birimleri gösteren sadeleştirilmiş harita yer almaktadır.



Şekil 11. Çalışma Alanının Sadeleştirilmiş Jeoloji Haritası (MTA 2002'den sadeleştirilerek alınmıştır).



Şekil 12. LANDSAT uydu görüntüsü ile yapılmış kontrollü sınıflandırma yöntemiyle belirlenen bazı jeolojik birimler.

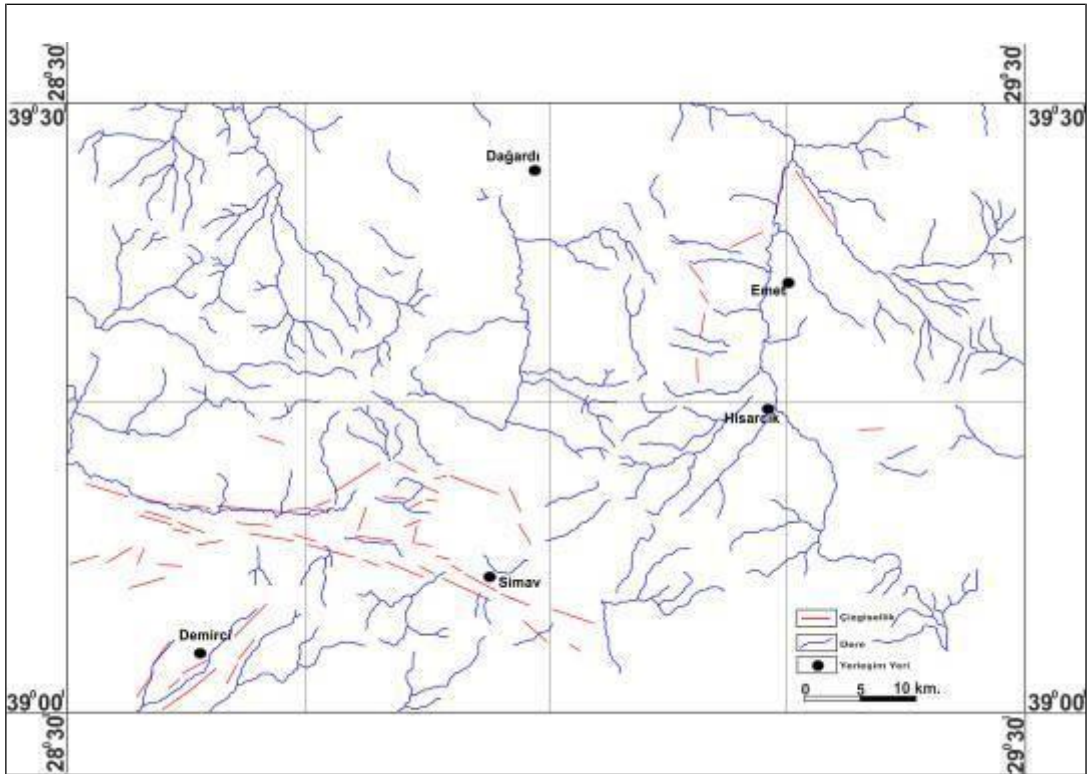
3.6. Topoğrafik Unsurlar Yardımıyla Belirlenen Çizgisellikler

Şekil 13'te verilen çalışma alanı içerisinde, drenaj sistemlerinden yararlanılarak (Şekil 13) yapılan çizgisellik analizi sonucu (Şekil 14); özellikle Simav Fayı üzerinde, dere

ötelenmelerinin yer değiştirmeleri incelendiğinde, bu yer değiştirme hareketinin sağ yönlü olduğu görülmektedir. Bu durum, Simav Fayı üzerinde güncel deformasyon biçimi olan normal fayın, sağ yanal doğrultu atım bileşeninin de olduğunun bir kanıtıdır.



Şekil 13. Çalışma alanını kapsayan, 1/100.000 ölçekli Kütahya J-21 ve J-22 paftaları üzerine işlenmiş drenaj ağı.



Şekil 14. Çalışma alanındaki drenaj ağındaki dere ötelenmeleri

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Simav Fayı ve yakın civarında; yapılan uzaktan algılama çalışmaları kapsamında, çalışma alanı sırasıyla LANDSAT 7 ETM+ ve ALOS-PALSAR görüntüleri ile incelenmiştir. Çizgisellikleri belirlemeye yönelik ilk olarak, LANDSAT uydu görüntüsü üzerinde çeşitli bant kombinasyonları (jeolojik araştırmalar için uygun olan 4, 5 ve 7. bantlar) kullanılarak belirlenmeye çalışılan çizgisel yapılarda, çizgiselliklerin genel yönelimlerine dik olacak şekilde, KD yönlü filtreleme uygulanmıştır. ALOS-PALSAR görüntüleri üzerinde çizgisellik analizinden önce, doku analizi, parazitlerin ortadan kaldırılması ve kenar belirleme/zenginleştirme gibi görüntü iyileştirme yöntemleri uygulanmıştır. Tüm bu işlemler için, ERDAS-IMAGINE 8.5 yazılımı kullanılmıştır.

Saha çalışmaları kapsamında ise, 1/100.000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerine aktif faylar ve olası faylar işaretlenmiştir. Ayrıca bu fayların yanı sıra, çizgisellik sunabilecek diğer yapılar da (tabakalanma, sistrozite, kot farkı, jeolojik birimlerin sınırları) sahada haritalanmıştır. Sahada haritalanan bu faylar ile LANDSAT ve ALOS-PALSAR görüntülerinden elde edilen çizgisellikler, ayrı ayrı üst üste çakıştırılarak tek bir harita haline getirilmiştir.

Tüm bu işlemlerin sonucunda, LANDSAT uydu görüntüsü üzerinde 56 adet; ALOS-PALSAR görüntüsü üzerinde ise 71 adet çizgisellik saptanmıştır. Her iki uydu görüntüsünden elde edilen çizgisellikler için ayrı ayrı, doğrultularına göre gül diyagramları hazırlanmıştır.

LANDSAT uydu görüntüsündeki çizgiselliklerin, K 0°-40° D ve K 0°-20° B doğrultularında yoğunlaştığı ve literatürde “Simav Sıyrılma Fayları” olarak isimlendirilen alanları temsil ettiği belirlenmiştir. PALSAR uydu görüntüsündeki çizgiselliklerin ise, K0°-10°D ve K20°-40°D doğrultusunda yoğunlaşanların, “Simav Sıyrılma Fayları”nı, K30°-70°B doğrultularında yoğunlaşanların ise “Simav Fayı”nı temsil ettiği sonucuna varılmıştır.

Buradan yola çıkarak, PALSAR uydu görüntüsünden elde edilen çizgiselliklerin, sahada haritalanan faylar ile daha uyumlu olduğu ve günümüzde Simav Fayı ve çevresindeki aktif yapıları temsil ettiği görülmektedir. Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) sayesinde, çizgisellikler daha net olarak belirlenmiştir ve oluşturulan üç boyutlu görüntü ile incelemek istediğimiz ana fay hatları daha net olarak ortaya çıkarılmıştır.

Görüntü sınıflandırma çalışmaları kapsamında ise, LANDSAT 7 ETM+ uydu görüntüsü üzerinde kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Kontrollü sınıflandırılmış görüntüler, çalışma alanının jeoloji haritası ile karşılaştırılarak, jeolojik birimlerin sınırları çizilmiştir.

Son olarak, topoğrafik unsurlardan ve drenaj sistemlerinden yararlanılarak yapılan çizgisellik analizi sonucu; özellikle Simav Fayı üzerinde sağ yanal dere ötelenmelerinin varlığının belirlenmesi ile Simav Fayı üzerinde, Kuvaterner öncesi deformasyon biçiminin, sağ yanal doğrultu atımlı bir karakterde olduğunun bir kanıtı olduğu sonucuna varılmıştır.

5. KATKI BELİRTME

Bu çalışma; Dr. Erdem GÜNDOĞDU'nun “*Simav Fayı ve Yakın Civarının Jeodinamik Evrim Modeli*” isimli doktora tezinin bir kısmını oluşturmakta olup, TÜBİTAK ÇAYDAG 109Y103 nolu “*Simav Fayı ile Kütahta Fayı (Emet-Orta Batı Anadolu) Arasında Kalan Bölgenin Neotektonik ve Sismotektonik Özellikleri*” ve ÇOMÜ-BAP 2011-079 nolu “*Simav Fayı ve Yakın Civarının Jeodinamik Evrim Modeli*”, isimli projeler tarafından desteklenmiştir.

6. KAYNAKLAR

1. Abrams M. J., Brown D., Lepley, L., and Sadowski, R., 1983. Remote sensing for porphyry copper deposits in southern Arizona, Economic Geology, 78: s.591–604.
2. Baraldi A. ve Parmiggiani F., 1995. An Investigation of the Textural Characteristics Associated With Gray-level Co-occurrence Matrix Statistical Parameters. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 33: 293–304.
3. Barka, A. A., 1992., The North Anatolian Fault Zone, Annales Tectonicae VI suppl.,164-195.
4. Frost V. S., Stiles J. A., Shanmugan K. S. ve Holtzman J. C., 1982. A Model for Radar Images and its Application to Adaptive Digital Filtering of Multiplicative Noise. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 4: 157–165.
5. Genç, S.C., 1998. Evolution of the Bayramiç magmatic complex, northwestern Anatolia: Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85, 233–249.
6. Gündoğdu E., 2009. Eskişehir Fayı'nın Kinematığı, Depremselliği ve Uzaktan Algılama Yöntemiyle İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
7. Gündoğdu E., 2013. Simav Fayı ve Yakın Civarının Jeodinamik Evrim Modeli. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 146 s.
8. Gürer, F.Ö., Filoreau, S.N., Özbüran, M., Sangu, E., and Dogan, B., 2009, Progressive development of the Büyük Menderes Graben based on new data, western Turkey: Geological Magazine, v. 146, p. 652–673.
9. Hasözbeke, A., Satir, M., Erdoğan, B., Akay, E. ve Siebel, W., 2010. Early Miocene post-collisional magmatism in NW Turkey: geochemical and geochronological constraints. International Geology Review 1-22.
10. Hoatson D. M., 2001. Metallogenic potential of mafic ultramafic intrusions in the Arunta Province, central Australia, AGSO Research Newsletter, 5: s.29-33.
11. Karaca Ö., Karagüzel R. ve Ertunç A., 2003. Uzaktan Algılama Yöntemi Kullanılarak Fethiye ve Çevresinin Jeolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C.20, S.1, s. 52-61.
12. Kargı H., 2004. Landsat TM uydu görüntülerinde bazı litoloji ayırım yöntemlerinin karşılaştırılması, Yerbilimleri/Geosound, 44-45: s.99-109.
13. Karnieli, A., Meisels, A., Fisher, L., Arkin, Y., 1996. Automatic extraction and evaluation of geological linear features from digital remote sensing data using a rough transform. Photogramm. Eng. Remote Sens. 62, 525–531.

14. Kuan D.T., Sawchuk A.A., Strand T. C. ve Chavel P., 1987. Adaptive Restoration of Images With Speckle. *IEEE T Ransactions on Acoustic and Signal Processing*, 35:373–383.
15. Lee J.S., 1981. Speckle Analysis and Smoothing of Synthetic Aperture Radar Images. *Computer Graphics and Image Processing*, 17:24–32.
16. Lee, J. S., 1983. "Digital image smoothing and the sigma filter," *Comput. Vis. Graph. Image Process.*, Vol. 24, No. 2, 255–269, Nov. 1983.
17. Morelli M. ve Piana F., 2006. Comparison between remote sensed lineaments and geological structures in intensively cultivated hills (Monferrato and Langhe domains, NW Italy). *International Journal of Remote Sensing*, 27, pp. 4471–4493.
18. M.T.A., 2002. 1:500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, İzmir Paftası.
19. Okay A.I, Satır M. ve Maluski H., 1996. Paleo and Neo Tethyan Events in Northwestern Turkey: Geologic and Geochronologic Constraints. In: Yin A, HarrisonM(eds) *The Tectonic Evolution of Asia*, Cambridge University Press, Cambridge, 420–441.
20. Okay, A.I., ve Satır, M., 2000, Coeval plutonism and metamorphism in latest Oligocene metamorphic core complex in northwest Turkey: *Geological Magazine*, v. 137, p. 495–516.
21. Oliveira C., Filho A. ve Rossetti D.F. 2012. Effectiveness of SRTM and ALOS-PALSAR data for identifying morphostructural lineaments in northeastern Brazil, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 33, No. 4, 1058-1077.
22. O'Leary, D.W. Freidman, J.D., ve Pohn, H.A. 1976. Lineament, linear, lineation: Some proposed new definitions for old terms. *Geological Society of America Bulletin*. 87: 463-1469.
23. Över, S., Kavak, K.Ş., Bellier, O. ve Özden, S., 2004. Is the Amik Basin (SE-Turkey) a Triple Junction Area? Analyses of SPOT XS Imagery and Seismicity, *International Journal of Remote Sensing*, Volume: 25, Number: 19, 3857-3872.
24. Özden S., Tutkun S.Z., Bekler T., Karaca Ö., Komut T., Kalafat D., Ateş Ö., Demirci A., Gündoğdu E. ve Çınar S., 2012. Simav Fayı ile Kütahya Fayı (Emet-Orta Batı Anadolu) Arasında Kalan Bölgenin Neotektonik ve Sismotektonik Özellikleri. 109Y103, TÜBİTAK Projesi Final Raporu.
25. Rahnama M. ve Gloaguen R., 2014. TecLines: A MATLAB-Based Toolbox for Tectonic Lineament Analysis from Satellite Images and DEMs, Part 1: Line Segment Detection and Extraction, *Remote Sens.*, 6, 5938-5958.
26. Sabins F. F., 1997. *Remote Sensing-Principles and Interpretation* W.H. Freeman, New York, NY., s.494.
27. Sarı N., 2005. Denizli Ve Civarının Jeolojik Özelliklerinin Uzaktan Algılama Yöntemi İle İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 88 s.
28. Shahzad F. Gloaguen, R. ve Tecdem A., 2011. matlab based toolbox for tectonic geomorphology, part 1: Drainage network preprocessing and stream profile analysis. *Comput. Geosci.* 37, 250–260.
29. Sultan M., Arvidson R. E., ve Sturchio, N. C., 1986. Mapping of serpentinites in the Eastern Desert of Egypt using Landsat Thematic Mapper data, *Geology*, 14: s.995–999.
30. Süzen M.L. ve Toprak V. 1998. Filtering of Satellite Images in Geological Lineament Analyses: An Application to A Fault Zone in Central Turkey, *International Journal of Remote Sensing*196:6, 1101-1114.
31. Şengör, A.M.C., 1979. The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance. *J. Geol. Soc. Lond.* 136, 269e282.
32. Won-In, K. ve Charusiri, P., 2001. Enhancement of thematic mapper satellite images for geological mapping of the Cho Dien area, Northern Vietnam, *Int. J. of App. Earth Observation and Geoinformation*, 4: s.183–193.