



Germencik (Aydın) Civarının Kinematığı ve LANDSAT ve ETM+Pan Görüntüleri ile Çizgisellik Analizi

Kinematics of Germencik (Aydın) Surroundings and Lineament Analysis with LANDSAT and ETM+Pan Images

Erdem Gündoğdu^{1*}, Süha Özden²

¹Dr. Öğr. Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çan Meslek Yüksekokulu, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü
²Prof. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi: 07.12.2025

Kabul Tarihi: 18.12.2025

Anahtar Kelimeler:

Batı Anadolu

Çizgisellik Analizi

Genişleme Yönü

Kinematik Analiz

Menderes Graben Sistemi

ÖZ

Türkiye'nin ve dünyanın önemli genişleme alanlarının başında gelen Batı Anadolu, çoğunlukla D-B doğrultulu normal faylarla sınırlanan ve yaklaşık K-G doğrultulu genişleme ve buna bağlı olarak oluşan grabenlerle temsil edilmekte olup, bu grabenlerin en önemlilerinden biri Büyük Menderes Grabeni'dir. Ege Denizi ile Denizli Grabeni arasında D-B yönünde yaklaşık 170 km uzanan Büyük Menderes Grabeni, çeşitli yapısal unsurlar göz önünde bulundurularak 6 segmente ayrılmıştır. Büyük Menderes Graben Sistemi'ne ait, İncirliova ve Umurlu Segmentleri ile yakın çevresinde, aletsel dönemde $M > 4.0$ olan 30 adet deprem meydana gelmiştir. Bu bölgede 7 adet istasyondan, toplam 34 adet fay düzlemi üzerinde gerçekleştirilen kinematik analiz çalışmalarında, bölgede günümüzdeki açılma (genişleme) yönünün $K25^\circ D$ (σ_3) olduğunu göstermektedir ve KKD-GGB yönünde bir genişleme rejiminin baskın olduğu sonucunu vermektedir. Bu sonuç, deprem odak mekanizma çözümleri ile temsil edilen genişleme yönleri ile uyumludur. Ayrıca, LANDSAT ve ETM+Pan görüntüleri üzerinde ayrı ayrı gerçekleştirilen çizgisellik analizi sonuçlarında, çizgiselliklerin genel doğrultularının yaklaşık D-B yönünde yoğunlaştığı bu durumun da sahadaki fayların genel doğrultuları ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

ARTICLE INFO

Research Article

Received: 07.12.2025

Accepted: 18.12.2025

Keywords:

Western Anatolia

Lineament Analysis

Extension Direction

Kinematic Analysis

Menderes Graben System

ABSTRACT

Western Anatolia, which is one of the most important expansion areas of Turkey and the world, is represented by the expansion in an approximately N-S direction and the resulting grabens, which are mostly limited by E-W directed normal faults, and the Büyük Menderes Graben is the leading one of these grabens. Büyük Menderes Graben, which extends approximately 170 km in the E-W direction between the Aegean Sea and Denizli Graben, is divided into 6 segments considering various structural elements. 30 earthquakes with $M > 4.0$ occurred in the Incirliova and Umurlu Segments and their immediate surroundings of the Büyük Menderes Graben System during the instrumental period. Kinematic analysis studies carried out on a total of 34 fault planes from 7 stations in this region show that the current expansion direction in the region is $N25^\circ E$ (σ_3) and that an expansion regime in the NNE-SSW direction is dominant. This result is consistent with the expansion directions represented by earthquake focal mechanism solutions. In addition, in the results of the lineament analysis performed separately on LANDSAT and ETM+Pan images, it was seen that the general directions of the lineaments were concentrated in the E-W direction, which was compatible with the general directions of the faults in the field.

* Sorumlu yazar.

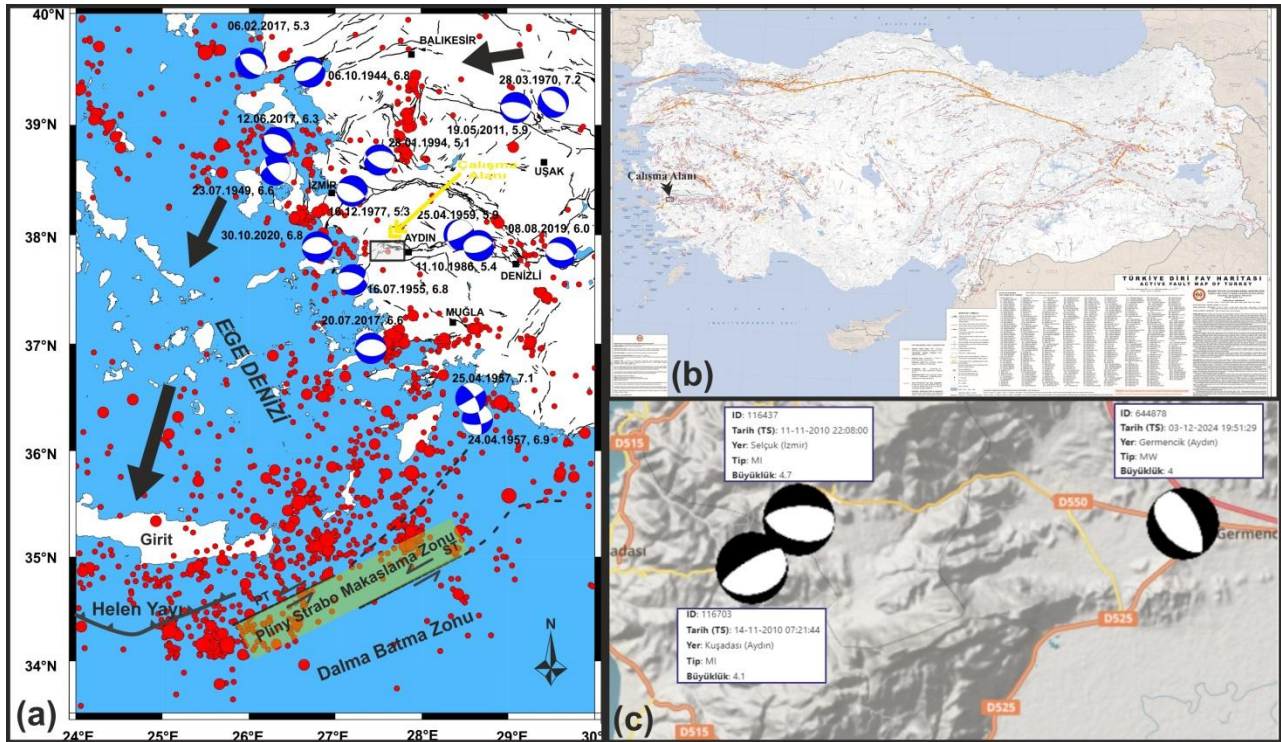
*erdem@comu.edu.tr

1. GİRİŞ

Batı Anadolu; başta Akdeniz Bölgesi'nin güneybatısı ve Ege Denizi olmak üzere, genişleme alanlarının evriminin anlaşılmasında önemli bir konumda olup (Seyitoğlu ve Işık, 2006), bu genişleme rejiminin en önemli ürünleri metamorfik çekirdek kompleksleridir (Lister ve Davis, 1989; Malavieille, 1993). Ege gerilme/genişleme bölgesinde birçok metamorfik çekirdek kompleks yer almakta olup, bunlardan en önemlileri Rodop, Kazdağ, Kikladik, Girit ve Menderes çekirdek kompleksleridir (Işık ve diğ., 2004).

Batı Anadolu, jeodinamik süreçlerin etkisindeki jeolojik yapılardan dolayı belirgin horst ve graben alanları barındırmakta olup, en belirgin grabenleri, kuzeyden güneye doğru Gediz-Alaşehir Grabeni, Küçük Menderes Grabeni ve Büyük Menderes Grabeni olup (Sümer vd., 2020), Batı Anadolu Bölgesi, yaklaşık olarak D-B doğrultulu normal faylarla sınırlanan grabenlerle karakterizedir (Taymaz vd., 1991; Jackson vd., 1992; Jackson, 1994) ve fay düzlemlerine ait kayma vektörleri ile deprem odak çözümlerinden elde edilen sonuçlara göre Ege bölgesinde K-G ve KKD-GGB yönlü bir genişlemenin hakim olduğu belirtilmektedir (Över vd., 2021; Demirci vd., 2025; Gündoğdu vd., 2020; Gündoğdu vd., 2021, AFAD, 2025). Ege Bölgesi'ndeki kabuk genişlemesinin Afrika Levhasının kompleks davranışlarından kaynaklandığı bilinmektedir.

Bu çalışmada, Büyük Menderes Grabeni'nin orta kesiminin kuzey kenarını sınırlayan bölgenin (Germencik ve civarı), yapısal özellikleri saha çalışmaları ve uzaktan algılama çalışmaları ile belirlenmeye çalışılmıştır. Saha çalışmaları kapsamında fay düzlemlerinden elde edilen verilerin kinematik analizi ile, uzaktan algılama çalışmaları kapsamında ise, 2 farklı uydu görüntüsünden çizgisellik analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, Batı Anadolu'nun geneli için, literatürde öngörülen veriler ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. (a) Batı Anadolu'nun sismotektonik haritası (Över vd., 2021 ve McClusky vd., 2000'den derleyen, Demirci vd., 2025'den alınmıştır) üzerinde çalışma alanının konumu (b) Türkiye Diri Fay Haritası (Emre vd., 2013) üzerinde çalışma alanının konumu (c) Çalışma alanının yakın civarında 2010 ve 2024 yıllarında meydana gelmiş 3 adet depreme ait odak mekanizma çözümü (AFAD, 2025).

2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİK VE TEKTONİK ÖZELLİKLERİ

Ege Bölgesi (Batı Anadolu, Ege Denizi ve Yunanistan), genişlemeli tektoniğin etkisi altında olan önemli alanlardan biridir ve bu tür bölgeler çekirdek komplekslerinin tipik özelliklerini içerir. Literatürde Menderes Çekirdek Kompleksi olarak tanımlanan Menderes Masifi, bünyesinde mega, mezo ve mikro yapıları barındırır (Seyitoğlu ve Işık, 2015).

Yıllık GPS hızı 20 mm/yıl olan Batı Anadolu horst-graben sistemi, dünyanın en hızlı genişlemeli tektonik bölgelerinden biridir (Aktuğ vd., 2009). Bu bölge, kuzeyde transtansiyonel sağ yanal doğrultu atımlı Simav fayı ve doğuda transtansiyonel Burdur-Fethiye zonu ile sınırlanan alanı tanımlar. Doğu-batı uzanımı açısından horst-graben sistemleri, Isparta Açısı ile Ege Denizi arasında yer almaktadır. Gediz, Büyük Menderes, Denizli, Acıgöl, Çeşme-Dinar ve Burdur grabenleri bölgenin en belirgin jeomorfolojik yapılarıdır (Emre vd., 2018).

Fay morfolojisi, tarihsel kayıtlar ve paleosismolojik veriler, fay zonunun geç Holosen aktivitesini ortaya koymaktadır (Ambraseys ve Finkel, 1987; Altunel 1999; Yönlü vd., 2010; Sümer vd., 2013). Öte yandan, grabenin güney kenarı boyunca, graben sistemindeki basit antitetik faylara karşılık gelen fayların Holosen aktivitesine dair net bir jeomorfolojik kanıt bulunmamaktadır. Bu fayların kayma hızının sedimantasyon hızından daha düşük olduğu ve bu nedenle jeolojik ve jeomorfolojik kanıtların Büyük Menderes Nehri boyunca hızlı sedimantasyon nedeniyle kaybolduğu düşünülmektedir (Kazancı vd., 2009; Emre vd., 2018).

Büyük Menderes Graben Sistemi, Ege Denizi ile Denizli Grabeni arasında D-B yönünde uzanır ve yaklaşık 170 km bir uzunluğa sahiptir. Düşük açılı sıyrılma fayı, grabenin kuzey sınırı boyunca oluşmuştur. Düşük açılı sıyrılma fayı, derinlerdeki düşük açılı sıyrılmanın Geç Kuvaterner-Holosen aktivitesini yansıtan yüksek açılı bir sentetik fay zonu tarafından örtülmüştür. Büyük Menderes Graben Sistemi'nin en kuzeydeki fayı, sıyrılma fayının yönelimindeki çeşitli yapısal unsurlara dayanarak 6 segmente ayrılmış olup, bu segmentler batıdan doğuya sırasıyla; Söke Fayı, İncirliova Segmenti, Umurlu Segmenti, Atça Segmenti, Pamukören Segmenti ve Buharkent Segmenti'dir (Emre vd., 2018). Bu segmentlere ait bazı parametreler, Tablo 1'de sunulmuştur.

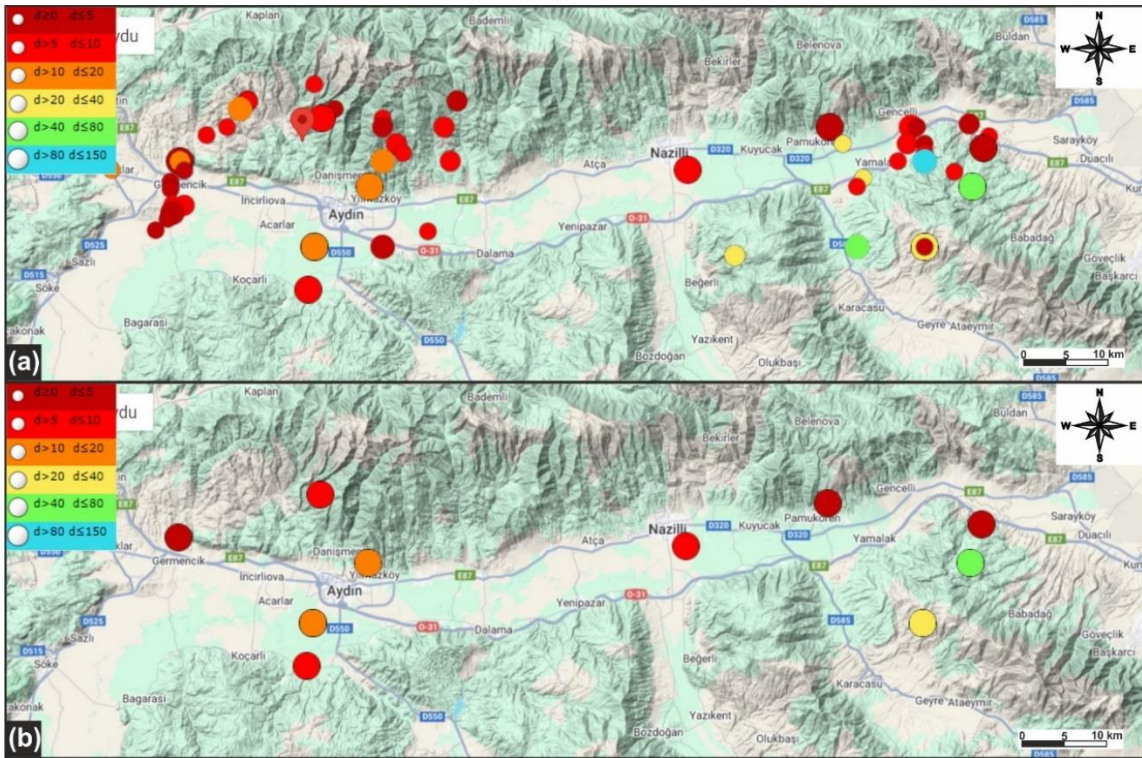
Tablo 1. Büyük Menderes Graben Sistemi'ne ait segmentlerin özellikleri (Emre vd., 2018)

Fay/Segment	Uzunluk (km)	Doğrultu (Min-Max)	Eğim (Min-Max)	Tahmini Büyükklük (Mw)
Söke Fayı-1	22	30°-76°	55°-66°	6.63
Söke Fayı-2	13	25°-63°	55°-66°	6.33
İncirliova Segmenti	31	83°-133°	55°-60°	6.83
Umurlu Segmenti	25	54°-104°	50°-65°	6.71
Atça Segmenti	34	62°-122°	50°-65°	6.88
Pamukören Segmenti	26	70°-98°	50°-65°	6.73
Buharkent Segmenti	7	113°-140°	50°-65°	6.60

Çalışma alanı olan Aydın ili Germencik-İncirliova arasında, Büyük Menderes Grabeni İncirliova Segmenti ve Umurlu Segmenti ile yakın çevresinde, 37.75-38.00 enlemleri ve 27.50-28.80 boylamları arasında kalan bölgede, aletsel dönemde $M > 4.0$ olan 30 adet deprem meydana gelmiş olup, bu depremlerin 11 tanesi $M > 5.0$ 'dır (Tablo 2 ve Şekil 2).

Tablo 2. İncirliova Segmenti ve Umurlu Segmenti ile yakın çevresinde, 37.75-38.00 enlemleri ve 27.50-28.80 boylamları arası kalan alanda, aletsel dönemde (1900 sonrası) meydana gelmiş, $M>3.7$ olan depremlere ait bazı parametreler (E: Enlem, B: Boylam, xM: Maksimum deprem büyüklüğü) (Kandilli Rasathanesi, 2025'den bu çalışma için derlenmiştir)

No	Tarih	E	B	xM	No	Tarih	E	B	xM	No	Tarih	E	B	xM
1	03.12.2024	37,88	27,59	3.9	19	20.05.1996	37,91	27,93	3.8	37	01.11.1977	37,99	27,80	3.9
2	19.07.2021	37,82	27,97	3.9	20	29.12.1990	37,90	28	4.1	38	28.10.1977	37,97	28,01	4.2
3	23.12.2020	37,89	27,61	3.7	21	26.10.1988	37,96	27,69	4.8	39	27.10.1977	37,87	27,88	5.5
4	11.03.2019	37,89	28,74	3.9	22	11.10.1986	37,94	28,56	5.5	40	25.08.1977	37,97	27,70	4.1
5	26.04.2018	37,87	27,59	3.7	23	01.04.1984	37,80	28,7	3.7	41	30.09.1971	37,92	28,70	3.7
6	04.12.2009	37,92	28,79	5.1	24	25.03.1984	37,90	28,66	3.9	42	23.03.1969	37,9	27,60	5.0
7	25.11.2009	37,93	28,80	3.7	25	22.03.1984	37,88	28,61	3.7	43	25.07.1967	37,9	28,70	4.8
8	03.05.2009	37,82	27,56	3.7	26	21.03.1984	37,79	28,42	4.2	44	25.07.1967	37,8	28,60	4.5
9	11.01.2009	37,83	27,58	3.9	27	21.03.1984	37,92	28,58	3.7	45	07.05.1966	37,75	27,79	5.4
10	08.01.2009	37,85	27,61	4.2	28	12.12.1983	37,93	27,64	3.8	46	04.05.1966	37,8	27,90	4.5
11	10.01.2008	37,94	28,77	4.3	29	01.11.1983	37,87	28,6	3.9	47	21.06.1961	37,87	28,77	5.3
12	05.06.2006	37,92	28,67	4.1	30	04.08.1983	37,84	27,59	4.7	48	04.09.1958	37,9	27,60	4.3
13	05.06.2006	37,94	28,68	4.5	31	09.05.1982	37,89	27,5	3.9	49	23.06.1941	37,95	27,81	5.2
14	09.08.2004	37,94	27,67	3.9	32	09.01.1982	37,91	28,7	3.8	50	28.09.1920	37,89	28,35	5.8
15	22.07.2000	37,97	27,70	3.7	33	26.11.1977	37,94	27,99	4.3	51	07.08.1910	37,8	28,70	5.5
16	17.05.2000	37,96	27,83	3.8	34	23.11.1977	37,92	27,92	4.2	52	08.03.1908	37,8	27,80	5.3
17	27.03.1999	37,94	28,69	3.9	35	10.11.1977	37,94	27,9	4.0	53	01.05.1901	37,8	27,80	5.0
18	12.04.1997	37,85	27,59	3.7	36	02.11.1977	37,95	27,9	3.9	54	23.02.1901	37,9	27,90	4.8

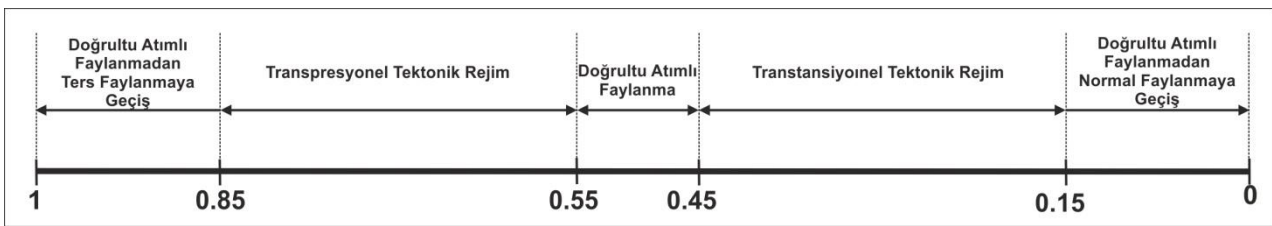


Şekil 2. İncirliova Segmenti ve Umurlu Segmenti ile yakın çevresinde, 37.75-38.00 enlemleri ve 27.50-28.80 boylamları arası kalan alanda aletsel dönemde (1900 sonrası) meydana gelmiş depremler (a) $M>3.7$ depremler, (b) $M>5.0$ depremler (Kandilli Rasathanesi, 2025'den bu çalışma için derlenmiştir)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Fay Topluluklarının Kinematik Analizi

Carey (1979) tarafından ortaya konan ve Carey-Gailhardis ve Mercier (1987) tarafından ise geliştirilen kinematik analiz yöntemi, jeolojik birimin yapısı, konumu ve mostra koşullarının fay düzlemini belirlemeye uygun olduğu alanlarda uygulanmakta olup, fay hareketinin biçimini (doğrultu, eğim) belirten ve fay düzlemi üzerinde yer alan belirteçler kullanılır. Bu analiz, tek bir fay üzerinde değil, sahanın genelinde gerçekleştirildiğinden dolayı, sahanın geneline ait deformasyonlar hakkında bilgi verir. En büyük sıkışma gerilmesi (σ_1), ortağ gerilme eksenini (σ_2) ve en küçük gerilme bileşeni (σ_3) olmak üzere; σ_1 'in sıkışma bölgesinde, σ_3 'ün ise açılma bölgesinde yer aldığını Angelier ve Mechler (1977) tarafından ortaya konmuştur. Burada σ_1 , σ_2 , σ_3 sırasıyla sıkışma, ortağ ve genişleme olmak üzere üç ana gerilme değerini vermektedir. R değeri ($\sigma_2 = \sigma_3$) ile ($\sigma_1 = \sigma_2$) arasında değişir. R değeri, 0 ile 1 arasında değişmektedir. R değeri, faylanmanın türü ve bileşeni hakkında bilgi vermekte olup, temsil ettiği faylanma türü Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3. Ana gerilme eksenleri arasındaki R oranına göre doğrultu atımlı faylanmaların türü (Özden vd., 2008'den şematize eden, Gündoğdu vd., 2020'den alınmıştır)

3.2. Uzaktan Algılama Çalışmaları

Uzaktan algılama yöntemi ile geniş sahaların incelenmesi, saha şartlarının zorlu olduğu ve saha çalışması öncesi ön bilgi edinmek amacıyla, günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemle tüm çizgisellikleri incelemek ve haritalamak her zaman mümkün olmayabilir. Jeolojik çalışmalarda güncel Neotektonik dönem yapılarını ve aktif tektonik unsurları belirlemek için uzaktan algılama sıklıkla kullanılsa da, bu çizgiselliklerin sadece aktif tektonik unsurları temsil etmeyeceği de göz önünde bulundurulursa, bu analizin başka bir uydu görüntüsü ve ilaveten saha çalışmaları ile desteklenmesi, verilerin güvenilirliğini arttıracaktır (Rahnama vd., 2014; Zabcı, 2021; Karnieli vd., 1996; Shahzad vd., 2011; Süzen ve Toprak, 1998; Över vd., 2004; Karaca vd., 2003; O'Leary vd., 1976; Morelli ve Piana, 2006; Oliveira vd., 2012, Büyüksaraç vd., 2024).

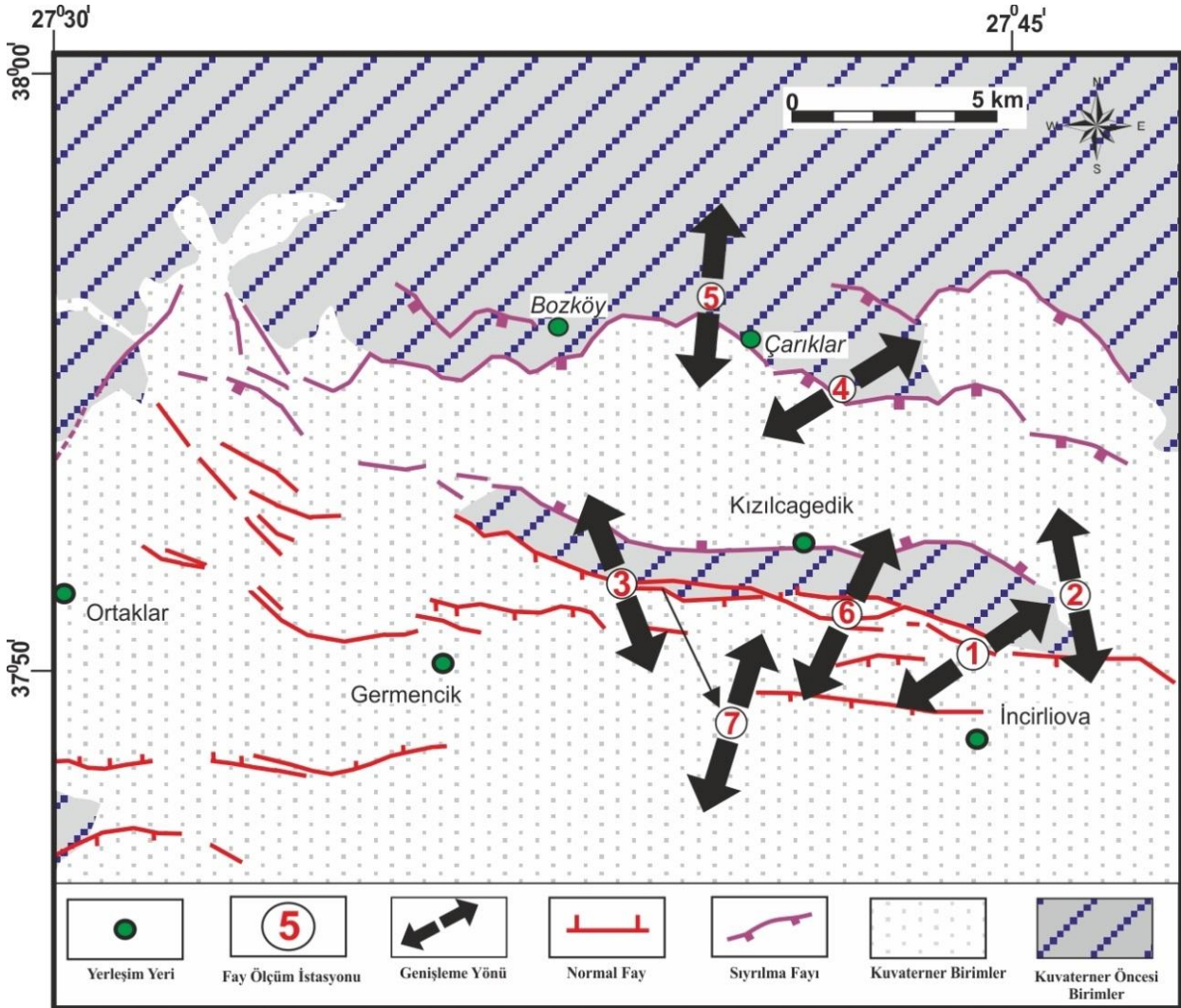
Çizgisellik analizi, uzaktan algılama görüntülerinden bölgesel ve alt bölgesel ölçekli yapıların (topografik unsurlar, uzun bir yayılım sunan faylar, vadiler) yorumlanmasında önemli bir unsurdur (Gupta, 2003; Prost, 2014). LANDSAT ve ASTER gibi görüntüler geniş alanları kapsadığından ve ücretsiz olarak temin esilebilmeleri açısından günümüzde sıklıkla tercih edilmektedir (Doğru ve Yücel, 2017; Gündoğdu vd., 2015; Gündoğdu vd., 2016).

Uzaktan algılama çalışmaları kapsamında, edinme tarihi (Acquisition Date) 09.11.2021 olan, LC81800342021313LGN00 numaralı (LANDSAT Scene Identifier) LANDSAT 8 görüntüsü üzerinde, ENVI 5.2 yazılımı ile RGB:564 band kombinasyonu uygulanmıştır. Bu görüntüye, Lee, Frost, Gamma, Local Sigma ve Kuan gibi filtrelerden, Frost filtresi ve sharpen-14 görüntü keskinleştirilmesi uygulanmıştır. Ayrıca ikinci bir uydu görüntüsü ile de çizgisellik analizi yapılmıştır. Bunun için, çalışma alanını kapsayan ve ücretsiz erişime açık olan SENTINEL, ASTER ve ETM+Pan görüntüleri incelenmiş, bu görüntüler arasından ETM+Pan görüntüsü tercih edilmiştir. Edinme tarihi 08/08/1999-24/06/2002 yılları aralığında olan, işlenmemiş bu görüntü üzerindeki çizgisellikler, Global Mapper yazılımı üzerinde belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Kinematik Analiz Sonuçlarından Elde Edilen Bulgular

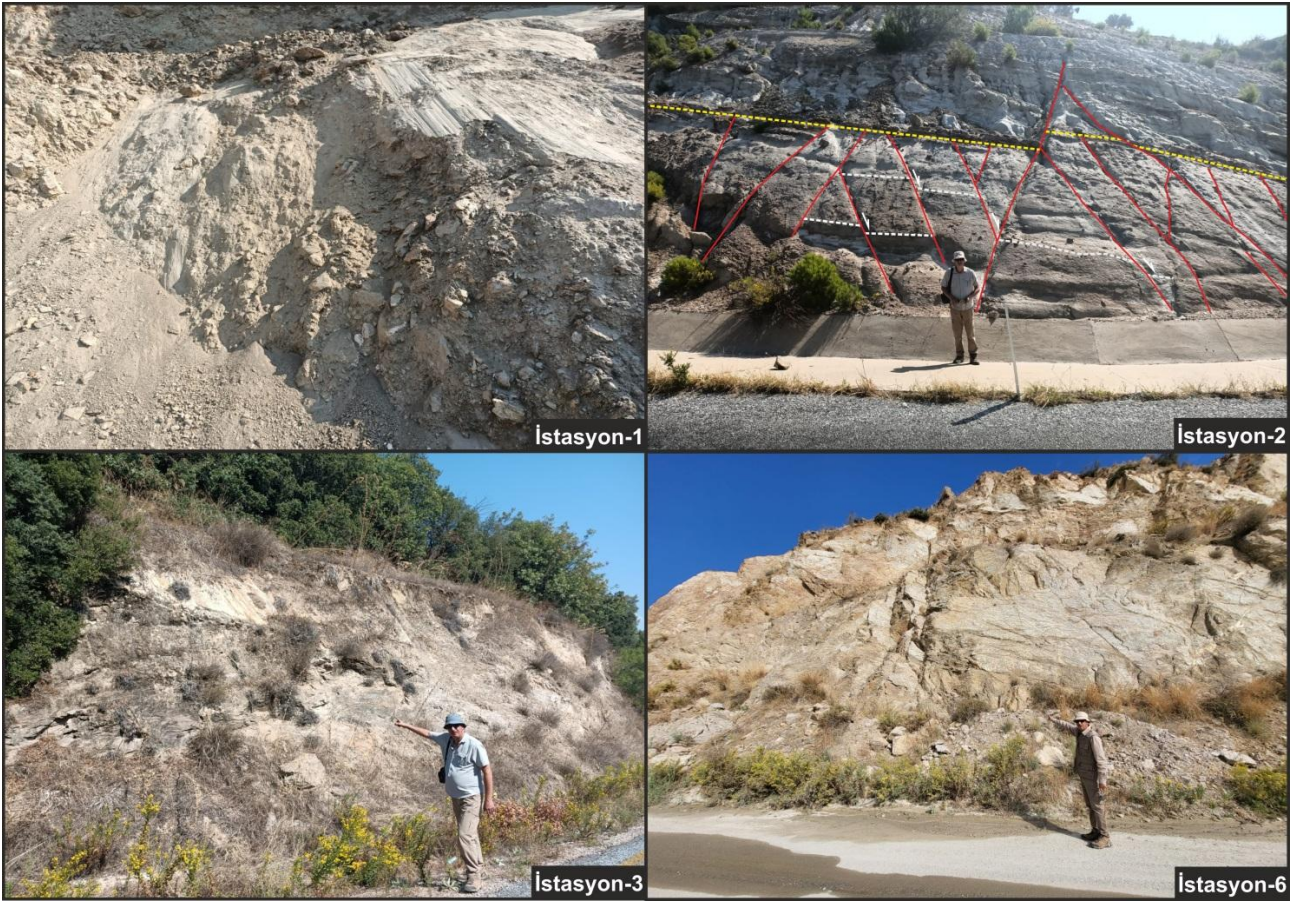
Fay düzlemleri verileri içeren mostralarda, farklı litolojik ve yaşa sahip jeolojik birimler üzerinde 7 adet istasyondan, toplam 34 adet fay düzleminde ölçüm gerçekleştirilmiştir. Bu lokasyonlara ait bilgiler Şekil 4'de, saha fotoğrafları Şekil 5'de, kinematik analiz sonuçları ise Şekil 6 ve Tablo 3'de sunulmuştur.



Şekil 4. Çalışma alanında kinematik ölçüm analizi gerçekleştirilen lokasyonlar ve her bir istasyona ait stres yönleri (aktif fayları içeren harita, Duman vd. (2011)'den alınarak üzerine saha verileri işlenmiştir)

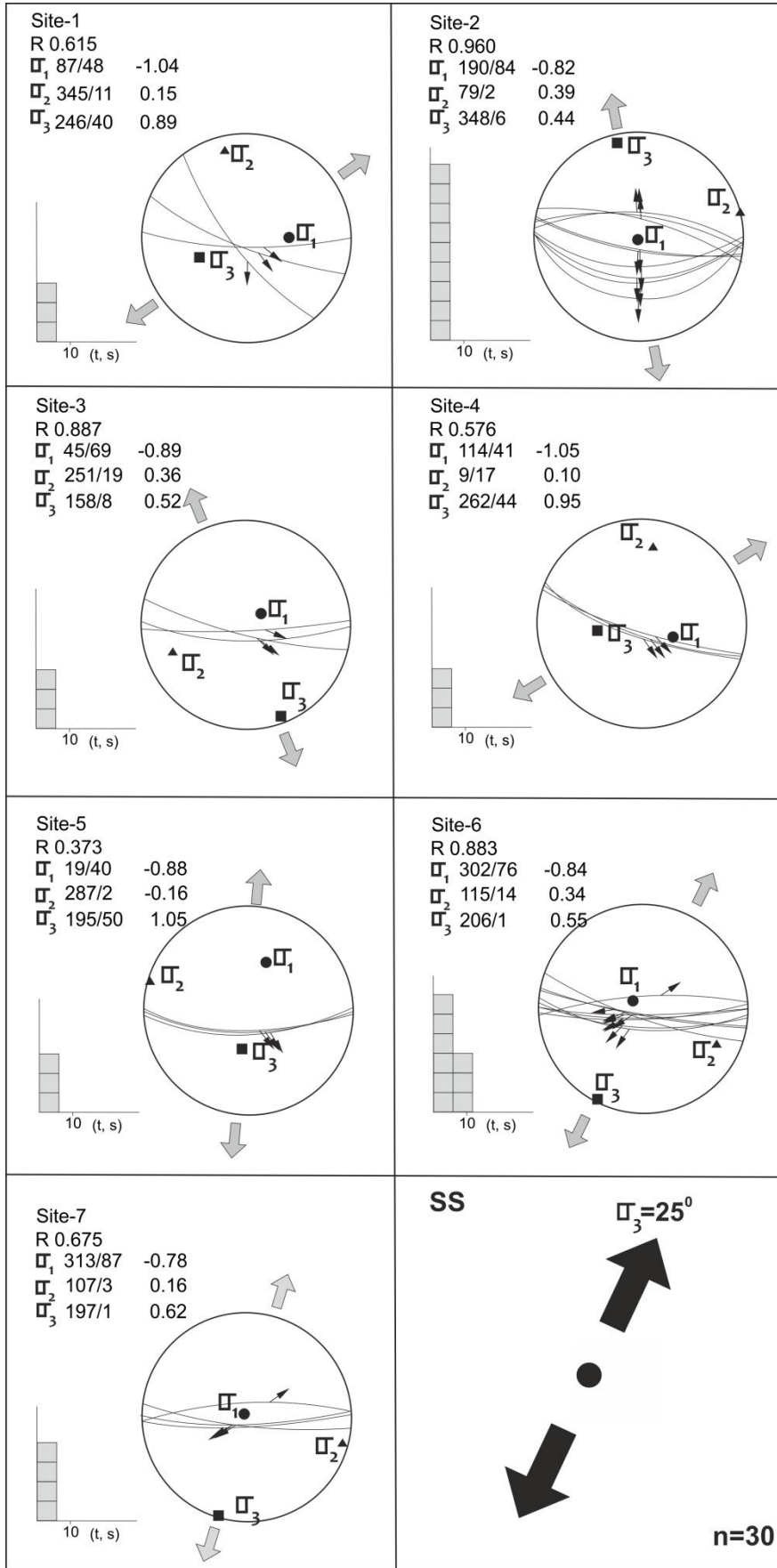
Tablo 3. Çalışma alanında 7 istasyondan derlenen fayların kinematik analiz sonuçları. $[(\sigma_1), (\sigma_2), (\sigma_3)]$ asal gerilme eksenlerinin durumları, R oranı $\{(\sigma_2 - \sigma_1) / (\sigma_3 - \sigma_1)\}$, Ölçü sayısı (N)

İstasyon	σ_1 (Az / dip)	σ_2 (Az / dip)	σ_3 (Az / dip)	R	N	Enlem	Boylam
1	87/48	345/11	246/40	0.615	3	37°51' N	27°44' E
2	190/84	79/2	348/6	0.960	9	37°53' N	27°45' E
3	45/69	251/19	158/8	0.887	3	37°52' N	27°37' E
4	114/41	9/17	262/44	0.576	3	37°56' N	27°43' E
5	19/40	287/2	195/50	0.373	3	37°57' N	27°41' E
6	302/76	115/14	206/1	0.883	9	37°53' N	27°43' E
7	313/87	107/3	197/1	0.675	4	37°53' N	27°38' E
SS			$\sigma_3=25^\circ/21^\circ$	Rm=0.71	34		



Şekil 5. Saha gözlemlerinin gerçekleştirildiği bazı lokasyonlardan örnekler (koordinat bilgileri Tablo 3’de sunulmuştur)

Ölçülen tüm bu veriler birlikte değerlendirildiğinde en küçük ana gerilme ekseninin (σ_3) durumu, $25^\circ/21^\circ$ dir. Rm oranı ise 0.71 olarak bulunmuştur (Tablo 3). Bu sonuçlar, bölgedeki açılma (genişleme) yönünün $K25^\circ D$ (σ_3) olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, günümüzde KKD-GGB yönünde bir genişleme rejiminin baskın olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu kinematik analiz sonuçları, günümüzde B-GB Anadolu’da etkin olan ve literatürde K-G ve KKD-GGB yönünde öngörülen genişleme yönüyle uyumluluk göstermektedir.



Şekil 6. Çalışma alanındaki 7 istasyondan, toplam 34 adet fay düzlemine ait kinematik analiz sonuçları eşit açılı projeksiyon alt yarımküresi (Wulf) üzerinde (öngörülen kayma vektörü (τ) ile hesaplanan kayma vektörü (s) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda verilmiştir) görülmektedir.

4.2. Uzaktan Algılama Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular

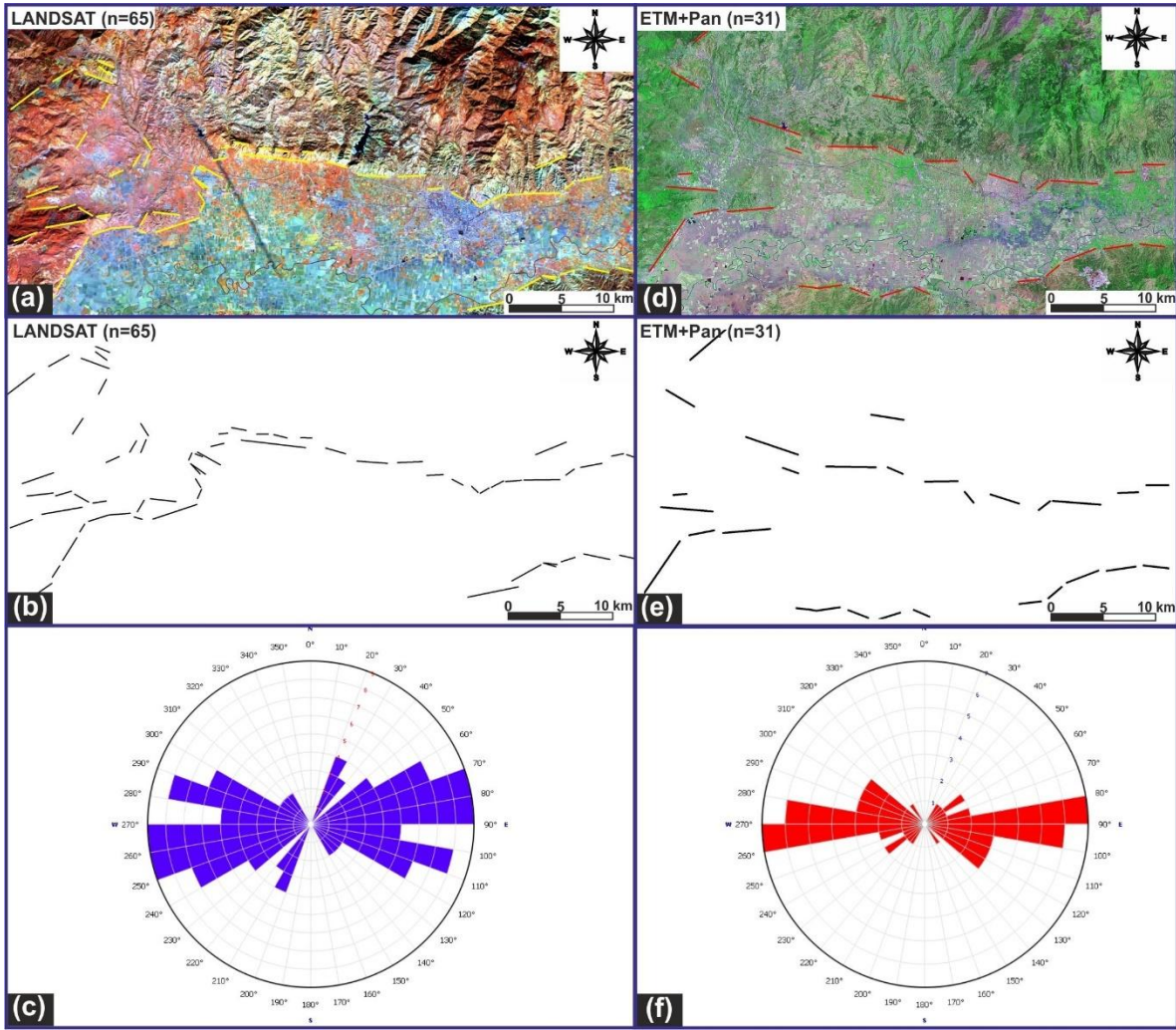
Uzaktan algılama çalışmaları kapsamında 2 farklı uydu görüntüsü üzerinde çizgisellik analizi gerçekleştirilmiştir. Ücretsiz erişime açık olan LANDSAT, SENTINEL, ASTER ve ETM+Pan görüntüleri incelenmiş ve çizgisellik analizleri LANDSAT ve ETM+Pan görüntüleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.

İlk uydu görüntüsü; edinme tarihi 09.11.2021 olan LANDSAT 8 uydu görüntüsü olup, ENVI 5.2 yazılımı ile RGB:564 band kombinasyonu, Frost filtresi ve sharpen-14 görüntü keskinleştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Toplam 65 adet çizgisellik, GlobalMapper programında belirlenmiş olup, elde edilen çizgiselliklerin doğrultuları gül diyagramında değerlendirilmiş ve baskın doğrultuların K70°-90°D arasında yoğunlaştığı görülmüştür. Bu doğrultular, sahanın genelindeki aktif fayların genel doğrultuları ile uyumludur.

İkinci uydu görüntüsü ise, edinme tarihi 08.08.1999-24.06.2002 yılları aralığında olan ETM+Pan görüntüsünün işlenmemiş ham hali üzerinde GlobalMapper yazılımı üzerinde 31 adet çizgisellik belirlenmiştir. Elde edilen çizgiselliklerin doğrultuları gül diyagramında değerlendirilmiş ve baskın doğrultuların K80°-100°D arasında (yaklaşık D-B yönünde) yoğunlaştığı görülmüştür. Bu doğrultular, LANDSAT 8 verilerinden elde edilen sonuçlar benzer şekilde, sahanın genelindeki aktif fayların genel doğrultuları ile uyumludur. Her iki uydu görüntüsü ile belirlenen çizgiselliklere ait parametreler Tablo 4'de, elde edilen sonuçların gül diyagramı üzerinde baskın doğrultuları ise Şekil 7'de sunulmuştur.

Tablo 4. LANDSAT 8 ve ETM+Pan görüntüsü üzerinde belirlenen çizgiselliklerin doğrultuları ve uzunlukları

LANDSAT 8			ETM+Pan					
No	Doğrultu	Uzunluk (metre)	No	Doğrultu	Uzunluk (metre)	No	Doğrultu	Uzunluk (metre)
1	97° 02' 29.7"	5218	34	24° 37' 38.6"	804	1	34° 30' 32.9"	5730
2	106° 03' 0.5"	1641	35	148° 54' 3.4"	811	2	85° 25' 20.6"	4299
3	94° 46' 21.8"	2471	36	80° 17' 7.9"	3304	3	79° 04' 7.6"	2294
4	100° 49' 24.4"	1197	37	82° 03' 37.9"	1080	4	111° 29' 31.5"	1924
5	91° 23' 45.8"	914	38	69° 29' 15.6"	1922	5	72° 57' 50.0"	2018
6	90° 24' 0.7"	914	39	85° 15' 41.4"	695	6	114° 10' 12.8"	1559
7	104° 26' 45.8"	1086	40	79° 10' 25.3"	991	7	277° 04' 16.8"	2307
8	66° 52' 41.9"	937	41	108° 19' 30.3"	781	8	262° 11' 54.6"	2667
9	55° 43' 29.1"	1721	42	124° 58' 4.2"	1446	9	249° 21' 30.4"	3109
10	33° 18' 25.7"	1109	43	76° 56' 35.4"	1067	10	230° 32' 16.2"	1581
11	32° 25' 36.0"	2141	44	107° 33' 38.7"	1050	11	84° 14' 45.2"	1980
12	72° 37' 12.1"	1683	45	25° 22' 42.1"	608	12	49° 56' 44.9"	4258
13	85° 44' 30.1"	1749	46	111° 55' 37.7"	612	13	120° 49' 28.0"	2938
14	106° 50' 4.3"	654	47	66° 11' 37.4"	1137	14	120° 49' 48.8"	1971
15	72° 14' 36.5"	3741	48	30° 16' 54.6"	1055	15	91° 13' 13.4"	4511
16	32° 11' 24.1"	730	49	23° 38' 21.4"	1097	16	114° 46' 34.6"	1496
17	88° 08' 32.1"	2026	50	148° 39' 32.9"	1141	17	89° 12' 48.4"	2986
18	88° 14' 29.3"	1313	51	96° 38' 52.7"	2068	18	141° 49' 26.9"	1247
19	118° 07' 52.4"	1003	52	30° 49' 30.7"	1079	19	107° 51' 15.3"	2719
20	89° 31' 14.1"	2872	53	84° 01' 16.4"	2135	20	120° 49' 38.8"	2437
21	54° 16' 55.4"	820	54	73° 46' 53.5"	1309	21	95° 01' 16.6"	4721
22	79° 40' 19.3"	1746	55	119° 57' 20.5"	1284	22	90° 35' 59.2"	2076
23	102° 48' 31.6"	2140	56	71° 20' 11.1"	2643	23	87° 34' 7.5"	1852
24	103° 07' 57.3"	1286	57	208° 23' 16.1"	1317	24	94° 48' 28.3"	4360
25	78° 55' 31.6"	4164	58	33° 29' 36.5"	1500	25	52° 43' 48.0"	1302
26	61° 38' 0.3"	2668	59	86° 37' 50.6"	1279	26	109° 14' 58.7"	5007
27	63° 45' 5.5"	1090	60	68° 03' 26.5"	2672	27	109° 35' 56.4"	1478
28	58° 35' 14.7"	833	61	53° 00' 32.2"	2803	28	99° 47' 8.1"	2992
29	135° 15' 25.6"	704	62	60° 48' 25.6"	1842	29	97° 30' 1.4"	1832
30	96° 56' 23.4"	1116	63	110° 39' 46.6"	2405	30	81° 46' 20.5"	2166
31	72° 40' 16.7"	1165	64	113° 30' 29.0"	1259	31	85° 39' 46.5"	1204
32	137° 02' 49.8"	1118	65	126° 27' 5.5"	1138			
33	119° 28' 57.5"	2102						



Şekil 7. LANDSAT 8 ve ETM+Pan görüntüsü üzerinde belirlenen çizgisellikler (a-b) LANDSAT 8 görüntüsüne ait çizgisellikler (c) LANDSAT 8 görüntüsüne ait gül diyagramı (d-e) ETM+Pan görüntüsüne ait çizgisellikler (f) ETM+Pan görüntüsüne ait gül diyagramı

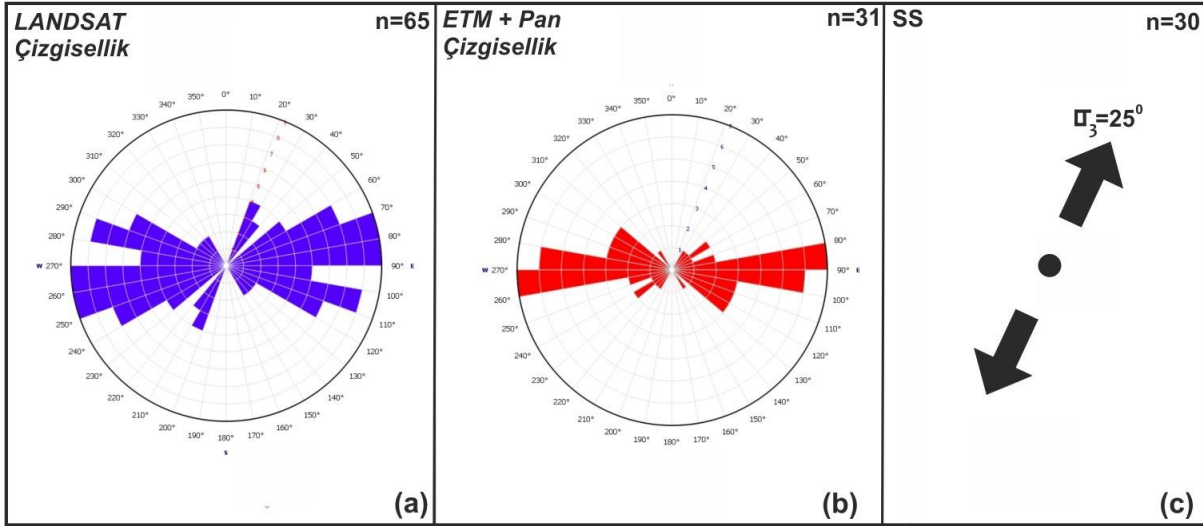
5. SONUÇLAR

Batı Anadolu, Ege-Akdeniz Bölgesi'nin en önemli aktif genişleme alanlarının başında gelmekte olup, sismik aktivitesi önemli bir bölgedir ve gerek aletsel gerek tarihsel dönemde birçok yıkıcı deprem meydana gelmiştir. Yaklaşık D-B faylarla sınırlandırılan bu bölge grabenlerle temsil edilmekte olup, bu grabenler arasında Büyük Menderes Grabeni, jeolojik ve yapısal açıdan büyük bir öneme sahiptir. Büyük Menderes Grabeni Ege Denizi kıyısı ile Denizli Grabeni arasında yaklaşık 170 km uzunluğa sahip olup, Emre vd. (2018) tarafından bu graben sistemine ait 6 farklı segment tanımlanmıştır. Batıdan doğuya sırasıyla; Söke Fayı ile İncirliova, Umurlu, Atça, Pamukören ve Buharkent segmentlerinden oluşur ve bu segmentlerin toplam uzunluğu yaklaşık 160 km'dir.

Bu çalışmada Büyük Menderes Grabeni'nin kuzey kenarını sınırlandıran bu segmentlerden, İncirliova ve Umurlu Segmentleri ve civarında saha çalışmaları ile uzaktan algılama çalışmaları eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Saha çalışmaları kapsamında 7 adet istasyondan ölçülen toplam 34 adet fay düzlemi verisiyle kinematik analiz gerçekleştirilmiş ve K25°D doğrultulu bir açılma (genişleme) yönü elde edilmiştir (Şekil 6 ve 8). Bu sonuç, B-GB Anadolu'nun geneli için literatürde öngörülen KKB-GGD doğrultulu genişleme yönü ile uyumludur.

Uzaktan algılama çalışmaları kapsamında ise, LANDSAT ve EMT+Pan uydu görüntüleri üzerinde gerçekleştirilen çizgisellik analizine yönelik çalışmalar sonucunda, elde edilen çizgiselliklerin gül diyagramındaki doğrultularının yaklaşık D-B yönünde yoğunlaştığı görülmüştür (Şekil 5 ve 6) ve bu durum

bölgedeki aktif fayların genel doğrultuları ile uyumludur. LANDSAT 8 uydu görüntüsü üzerinde gerçekleştirilen çizgisellik analizi ile daha çok veri elde edilmesi ve ana fay sistemleri haricinde ikincil hatların da belirlenmesi açısından bu görüntü türünün nispeten daha iyi sonuç verdiği söylenebilir. Uzaktan algılama çalışmalarının geniş ve lokal alanlarda saha çalışmaları ile uyumlu sonuçlar vermesi göz önünde bulundurulduğunda; aktif fay haritalarında ayrıntılı olarak belirtilmeyen lokal alanlarda, saha çalışmalarından önce fayların genel doğrultuları hakkında ön bilgi sahibi olabilmek için, her 2 uydu görüntüsünün de kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.



Şekil 8. Uzaktan algılama çalışmaları ve saha çalışmaları kapsamında elde edilen sonuçlar (a) LANDSAT görüntüsünden elde edilen çizgiselliklere ait gül diyagramı (b) ETM+Pan görüntüsünden elde edilen çizgiselliklere ait gül diyagramı (c) Kinematik analiz sonuçlarından elde edilen açılma (genişleme) yönü

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, FHD-2023-4540 numaralı ÇOMÜ-BAP projesi ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederiz.

EXTENDED SUMMARY

Introduction

Western Anatolia; It is in an important position in understanding the evolution of expansion areas, especially in the southwest of the Mediterranean Region and the Aegean Sea (Seyitoğlu and Işık, 2006), and the most important products of this expansion regime are metamorphic core complexes. Western Anatolia contains distinct horst and graben areas due to geological structures under the influence of geodynamic processes, and the most prominent grabens are the Gediz-Alaşehir Graben, Küçük Menderes Graben and Büyük Menderes Graben from north to south (Sümer et al., 2020). The Western Anatolia Region is characterized by N-S extending and accordingly formed grabens, bordered by normal faults in E-W direction.

It is known that the crustal expansion in the Aegean Region is caused by many reasons due to the complex behavior of the African Plate. In this study, field studies and remote sensing studies were carried out simultaneously in and around the Incirlioiva and Umurlu Segments, which are among these segments that limit the northern edge of the Büyük Menderes Graben. The opening (expansion) direction obtained from the Kinematic Analysis results was compared with the predicted opening (expansion) direction for the whole of W-SW Anatolia.

Method

The kinematic analysis method, introduced by Carey (1979) and developed by Carey-Gailhardis and Mercier (1987), is applied in locations where the structure, location and outcrop conditions of the geological unit are suitable for determining the fault plane, and markers indicating the form of fault movement (strike, slope) and located on the fault plane are used. Since this analysis is carried out across the field, not on a single fault, it provides information about the deformations of the entire field. The largest compressive stress (σ_1), the median stress axis (σ_2) and the smallest stress component (σ_3); It was revealed by Angelier and Mechler (1977) that σ_1 is located in the compression region and σ_3 is located in the expansion region. Here, σ_1 , σ_2 , σ_3 give the three main stress values: compression, intermediate and expansion, respectively. The R value varies between ($\sigma_2 = \sigma_3$) and ($\sigma_1 = \sigma_2$). The R value varies between 0 and 1.

In this study, a total of 34 kinematic data from 7 stations were evaluated together and the expansion (widening) was determined for the entire field. Within the scope of remote sensing studies, RGB:564 band combination was applied on the LANDSAT 8 image with ENVI 5.2 software. Frost filter and sharpen-14 image sharpening from filters such as Lee, Frost, Gamma, Local Sigma and Kuan have been applied to this image. In addition, lineament analysis was performed with a second satellite image. For this purpose, SENTINEL, ASTER and ETM+Pan images covering the study area and available for free access were examined, and among these images, the ETM+Pan image was preferred.

The lineaments on this unprocessed image, whose acquisition date was between 08/08/1999-24/06/2002, were determined on the Global Mapper software. As a result of the studies on lineament analysis carried out on satellite images, the directions of the obtained lineaments in the rose diagram were compared with the directions of the faults in the entire field.

Findings and Results

In the outcrops containing fault plane data, measurements were made from 7 stations, a total of 34 fault planes, on geological units with different lithological and ages. When all these measured data are evaluated together, the situation of the smallest main stress axis (σ_3) is $25^\circ/21^\circ$. The Rm ratio was found to be 0.71. These results show that the opening (expansion) direction in the region is $N25^\circ E$ (σ_3). This result shows that an expansion regime in the NNE-SSW direction is dominant today. These kinematic analysis results are compatible with the expansion direction that is currently active in W-SW Anatolia and predicted in the literature in the N-S and NNE-SSW directions.

Within the scope of remote sensing studies, the first satellite image; It is a LANDSAT 8 satellite image with an acquisition date of 09.11.2021, and was created with ENVI 5.2 software, RGB: 564 band combination, Frost filter and sharpen-14 image sharpening. A total of 65 lineaments were determined in the Global Mapper program, the directions of the resulting lineaments were evaluated in the rose diagram and it was seen that the dominant directions were concentrated between $N70^\circ-90^\circ E$. These directions are compatible with the general directions of active faults throughout the area.

As for the second satellite image, 31 lineaments were determined on the Global Mapper software on the raw state of the ETM+Pan image, whose acquisition date was between 08.08.1999-24.06.2002. The directions of the resulting lineaments were evaluated in the rose diagram and it was seen that the dominant directions were concentrated between $N80^\circ-100^\circ E$ (approximately in the E-W direction). These directions are compatible with the general directions of active faults throughout the field, similar to the results obtained from LANDSAT 8 data.

Discussion and Conclusions

Western Anatolia is one of the most important active expansion areas of the Aegean-Mediterranean Region, it is a region with significant seismic activity and many destructive earthquakes have occurred both in instrumental and historical periods. This region, approximately limited by E-W faults, is represented by grabens, and among these grabens, the Büyük Menderes Graben has great geological and structural importance. In this study, field studies and remote sensing studies were carried out simultaneously in and around the Incirliova and Umurlu Segments, which are among these segments that limit the northern edge of the Büyük Menderes Graben. Within the scope of field studies, kinematic analysis was carried out with a total of 34 fault plane data measured from 7 stations and an extension direction in the N25°E direction was obtained. This result is compatible with the NNW-SSSE direction of expansion predicted in the literature for the whole of W-SW Anatolia.

As a result of the lineament analysis studies carried out on LANDSAT and EMT+Pan satellite images within the scope of remote sensing studies, it has been observed that the directions of the lineaments obtained in the rose diagram are concentrated approximately in the E-W direction, and this is compatible with the general directions of the active faults in the region. Considering that remote sensing studies give results compatible with field studies in large and local areas; It has been concluded that both satellite images can be used to obtain preliminary information about the general directions of the faults before field studies in local areas that are not specified in detail on active fault maps.

KAYNAKÇA

- AFAD. (2025). Erişim: 01.12.2025. <https://deprem.afad.gov.tr/home-page>
- Aktuğ, B., Nocquet, J. M., Cingöz, A., Parsons, A., Erkan, Y., England, P., Lenk, O., Gürdal, M. A., Kılıçoğlu, A., Akdeniz, H. ve Tekgül, A. (2009). Deformation of western Turkey from a combination of permanent and campaign GPS data: limits to block-like behaviour. *Journal of Geophysical Research*, vol. 114. doi:10.1029/2008jb006000
- Altunel, E. (1999). Geological and geomorphological observations in relation to the 20 September 1899 Menderes earthquake, Western Turkey. *Journal of the Geological Society*, 156, 241–246.
- Ambraseys, N. N. ve Finkel, C. F. (1987). Seismicity of Turkey and neighbouring regions, 1899-1915. *Ann Geophys* 5B(6):701–726.
- Angelier, J. ve Mechler, E. (1977). Sur methode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en sismologie: la methode diédre droit. *Bulletin de la Société Géologique de France* 19, 1309–1318. <https://doi.org/10.2113/gssgfbull. S7-XIX.6.1309>
- Büyüksaraç, A., Gündoğdu, E., Bektaş, Ö. ve Işık, E. (2024). Failure mechanism by wrench faulting in Central Anatolia. *Engineering Failure Analysis*, cilt.156.
- Carey, E. (1979). Recherche des directions principales de contraintes associées au jeu d'une population de failles. *Revue Geological Dynamic and Géography Physic* 21, 57–66.
- Carey-Gailhardis, E. ve Mercier, J. L. (1987). A numerical method for determining the state of stress using source mechanisms of earthquake populations. *Earth and Planetary Science Letters* 82, 165–179. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(87\)90117-8](https://doi.org/10.1016/0012-821X(87)90117-8)
- Demirci, A., Özden, S., Över, S. ve Gündoğdu, E. (2025) Late Cenozoic stress states in the Daça and Bozburun Peninsulas, SE Aegean, Turkey. *Geologica Carpathica*, 2025, vol. 76, no. 2
- Doğru, M ve Yücel, M. A. (2017). LANDSAT 8 OLI Multispektral Verileri Kullanılarak Litolojik Harita Yapımı, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 17, 172–184.
- Duman, T. Y., Emre, Ö., Özalp, S. ve Elmacı, H. (2011). Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Aydın (NJ35-11) Paftası, Seri No: 7, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve 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.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H. ve Can, T. (2018). Active fault database of Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(8), 3229-3275.
- Gupta, R. P. (2003). *Remote Sensing Geology*, third ed., Springer-Verlag, Berlin, p. 655.
- Gündoğdu, E., Karaca, Ö. ve Özden, S. (2015). Saha Gözlemleri ve ALOS-PALSAR Görüntüsü Kullanılarak Eskişehir Fayı ve Yakın Civarının Yapısal Analizi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi 31 (3), 110–114.
- Gündoğdu, E., Özden, S. ve Karaca, Ö. (2016). Simav Fayı ve Yakın Civarının Saha Verileri ile ALOS PALSAR ve LANDSAT Görüntülerinin Karşılaştırmalı Yapısal Analizi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi 32 (1), 60–71.
- Gündoğdu, E., Özden, S. ve Bekler, T. (2020). Sındırgı Fayı ve Düvertepe Fay Zonu Yakın Civarının Kinematik ve Sismotektonik Özellikleri: Batı Anadolu (Türkiye). *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 6(2), 378-395. <https://doi.org/10.28979/jarnas.844958>
- Gündoğdu, E., Demirci, A. ve Özden, S. (2021). Late Cenozoic Stress State in Gulf of Güllük and Surroundings, SW Anatolia. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 7(4), 512-526. <https://doi.org/10.28979/jarnas.927842>
- Işık, V., Tekeli, O. ve Seyitoğlu, G. (2004). The 40Ar/39Ar age of extensional ductile deformation and granitoid intrusions in the northern Menderes core complex: Implications for the initiation of extensional tectonics in western Turkey. *Journal of Asian Earth Science* 23, 555-566.

- Jackson, J. (1994). Active tectonics of the Aegean region, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 22, 239–271.
- Jackson, J. A., King, G. ve Vita-Finzi, C. (1992). The neotectonics of the Aegean: an alternative view, *Earth and Planetary Science Letters*, 61(1992), 303–318.
- Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. (2025). Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem- Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi. Erişim: 01.12.2025, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/>
- 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* 20 (1), 52–61.
- Karnieli, A., Meisels, A., Fisher, L. ve Arkın, Y. (1996). Automatic extraction and evaluation of geological linear features from digital remote sensing data using a Hough transform, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 62 (5) 525–531.
- Kazancı, N., Dündar, S., Alçiçek, M.C. ve Gürbüz, A. (2009). Quaternary deposits of the Büyük Menderes Graben in western Anatolia, Turkey; implications on a river capture and the longest Holocene estuary of the Aegean Sea. *Marine Geology* 264, 165-176.
- Lister, G. S. ve Davis, G. A. (1989). The origin of metamorphic core complexes and detachment faults formed during Tertiary continental extension in the northern Colorado River region, U.S.A. *Journal of Structural Geology*, 11, 65–94.
- Malavieille, J. (1993). Dağ kuşaklarında Geç orojenik uzantısı, havzası ve aralığı ve Geç Paleozoyik Variskan kemer Insights doi: 10,1029 / 93TC01129 *Tektoniği* 12. ISSN: 0278-7407.
- McClusky, S. et al. (25 authors) (2000). Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research, Solid Earth* 105, 5695–5719. <https://doi.org/10.1029/1999JB900351>
- 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, 4471–4493.
- O’Leary, D. W., Freidman, J. D. ve Pohn, H. A. (1976). Lineament, linear, lineation: Some proposed new definitions for old terms, *GSA Bulletin*. 87, 463–1469.
- 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*, 33 (4), 1058–1077.
- 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*, 25 (19). 3857–3872.
- Över, S., Özden, S., Ertan, E., Turhan, F., Coşkun, Z. ve Pınar, A. (2021). The 20 July 2017 Bodrum-Kos Earthquake (Mw 6.6) in southwestern Anatolia, Turkey. *Earth Sciences Research Journal* 25, 309–321. <https://doi.org/10.15446/esrj.v25n3.87080>
- Özden, S., Över, S., Kavak, K. Ş. ve İnal, S. S. (2008). Late Cenozoic stress states around the Bolu Basin along the North Anatolian Fault, NW Turkey. *Journal of Geodynamics*, 46, 48-62. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2008.04.004>
- Prost, G. L. (2014). *Remote sensing for geoscientists: image analysis and integration*, Boca Raton, CRC Press, Florida.
- 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 Sensing (Basel)* 6, 5938–5958.

- Seyitoğlu, G. ve Işık, V. (2006). Batı Anadolu'nun Ge Tersiyer Jeolojik evrimi: Menderes masifinin y6zeyleme mekanizması ve ilişkili sedimanter havza oluşumu hakkında yeni bir tektonik model 59.T6rkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri 6zleri, s. 18-20.
- Seyitoğlu, G. ve Işık, V. (2015). Late Cenozoic Extensional Tectonics in Western Anatolia: Exhumation of The Menderes Core Complex and Formation of Related Basins. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 151(151), 47-106. <https://doi.org/10.19111/bmre.49951>
- 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.
- S6mer, 6., İnci, U. ve S6zbilir, H. (2013). Tectonic evolution of the S6ke Basin: extension-dominated transtensional basin formation in western part of the B6y6k Menderes Graben, Western Anatolia, Turkey. *Journal of Geodynamics*, 65, 148-175.
- S6mer, 6., S6zbilir, H. ve Uzel, B. (2020). B6y6k Menderes Grabeni'nin Rolling Hinge (Yuvarlanan Reze) Modelinde Supra-Detachment (Sıyırılma 6st6) Havzadan Rift Havzasına Evrimi. *T6rkiye Jeoloji B6lteni*, 63(3), 241-276. <https://doi.org/10.25288/tjb.562552>
- S6zen, M. L. ve Toprak, V. (1998). Filtering of Satellite Images in Geological Lineament Analyses: An Application to A Fault Zone in Central Turkey, *Int. J. Remote Sens.* 196 (6),1101–1114.
- Taymaz, T., Jackson, J. ve Mckenzie, D.P. (1991). Active tectonics of the North and Central Aegean Sea, *Geophysical Journal International*, 106, 433–490.
- Y6nl6, 6., Altunel, E., Karabacak, V., Aky6z, S. ve Yalıner, C. . (2010). Offset archaeological relics in the western part of the B6y6k Menderes Graben, (western Turkey) and their tectonic implications. In: Sintubin, M., Stewart, I.S., Niemi, T.M., Altunel, E. (Eds.), *Ancient Earthquakes*, vol. 471. The Geological Society of America, pp. 269–279 (Special Publications).
- Zabcı, C. (2021). Çok bantlı Landsat 8-OLI ve Sentinel-2A MSI uydu g6r6nt6lerinin karşılaştırmalı jeoloji uygulaması: 6rnek çalışma alanı olarak Doğu Anadolu Fayı boyunca Palu – Hazar Gol6 B6lgesi (Elazığ, T6rkiye). *Geomatik Dergisi* 6(3) (2021) 238-246.