



Saha gözlemleri ve alos-palsar görüntüsü kullanılarak eskişehir fayı ve yakın civarının yapısal analizi

*Erdem GÜNDOĞDU¹, Öznur KARACA², Süha ÖZDEN²

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:

ALOS-
PALSAR,
Çizgisellik
Analizi,
Filtreleme,
Görüntü
İyileştirme, Saha
Çalışmaları

ÖZET

Bu çalışmada; Eskişehir Fayı ve yakın civarında yer alan yapısal unsurların, saha çalışmaları ve ALOS-PALSAR görüntüsü yardımıyla belirlenmesi ve analizinin yapılması amaçlanmıştır. Çalışma alanında, ALOS-PALSAR görüntüleri üzerinde belirlenen 287 adet çizgisellik; eş zamanlı olarak sahada ölçülen toplam 177 adet katman, eklem/çatlak, şistozite durumları birlikte değerlendirilmiştir. Tüm bu veriler, kontur-gül diyagramlarında yorumlanmış olup çalışma alanı için KB-GD doğrultulu sıkışma, KD-GB doğrultulu genişleme yönü saptanmıştır. Tüm bu veriler, Batı Anadolu'nun genelinde, günümüzde hakim olan sıkışma-genişleme yönleriyle genellikle uyumludur. Bu hakim yönlerle tam uyum sağlamayan verilerin ise, paleotektonik dönemle ilişkili yapılar olabileceği gibi, jeolojik birimler arasındaki sınırları temsil edebileceği veya ton farklılığından kaynaklanabileceği söylenebilir.

Structural analysis of eskişehir fault and surroundings using field observations and alos-palsar images

ABSTRACT

Key Words:
ALOS-
PALSAR,
Lineament
Analysis,
Filtering, Image
Processing,
Field Works.

This study aimed to determine and analyze structural elements of the Eskişehir Fault and surroundings using field observations and ALOS-PALSAR images. The study area had 287 lineaments determined on ALOS-PALSAR images with a total of 177 layers, joints/fractures and schistosity measured in the field simultaneously. All this data was interpreted using a contour-rose diagram and a NE-SW compressional direction and NW-SE extensional direction were identified. All of this data is generally in accordance with the current compression-extension regime in Western Anatolia. The data which are not fully compliant with these directions may be related to structures from the paleotectonic period, may represent boundaries between geological units or may be due to color variations.

*Sorumlu Yazar (Corresponding author) e-posta: erdem@comu.edu.tr

1. Giriş

1.1. Çalışmanın amacı

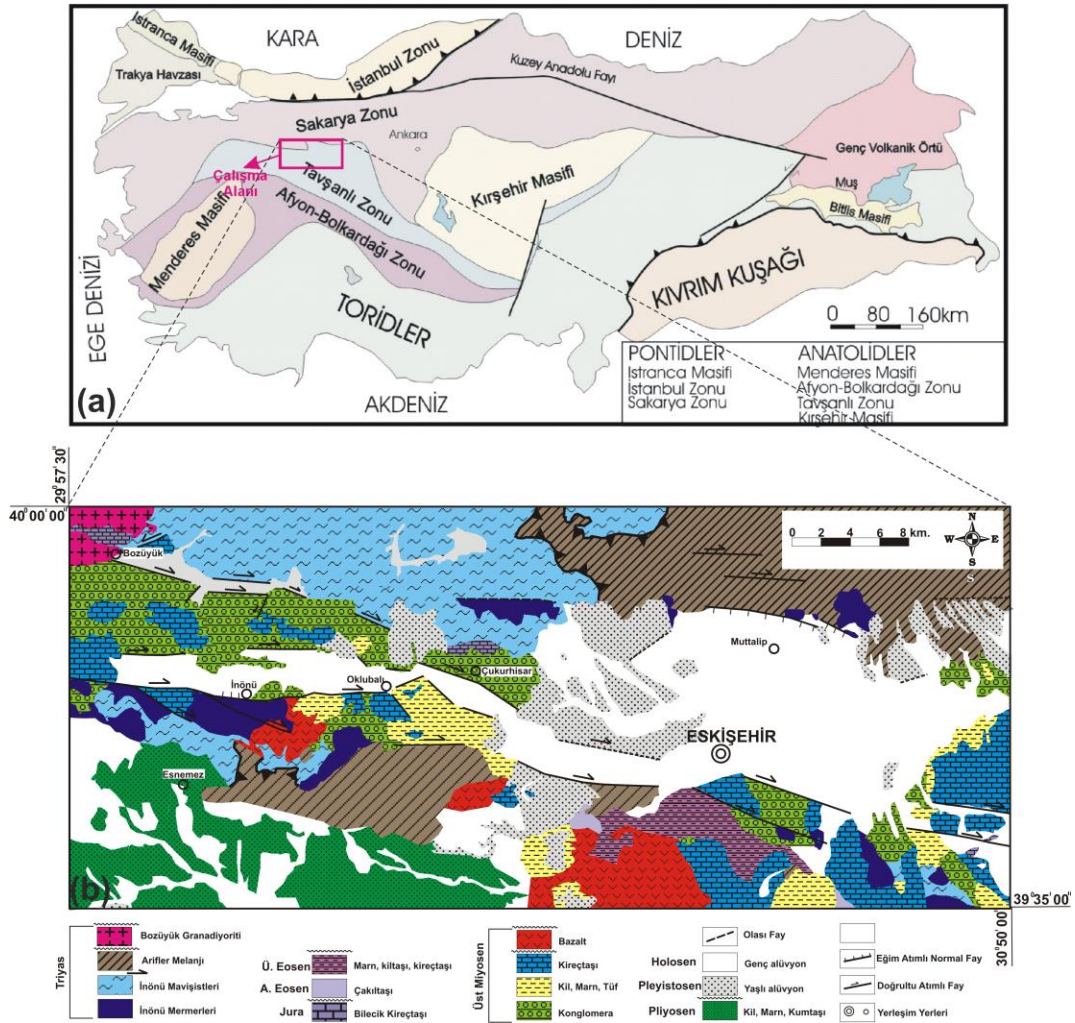
Son yıllarda yapılan jeolojik çalışmalarda, yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi de uzaktan algılama çalışmalarıdır. Bu çalışmalar, saha çalışmalarıyla eş zamanlı olarak gerçekleştirilmekte olup, genel anlamda uydu görüntülerinden ilgili veriyi elde etme prensibine dayanır. Uzaktan algılama ve saha çalışmalarından elde edilen sonuçlar, birlikte değerlendirilip daha anlamlı veriler elde edilmektedir.

Uzaktan algılama yöntemi ile çizgisellik analizi, jeoloji araştırmalarında sıkça tercih edilen bir araştırma yöntemi olsa da (Süzen ve Toprak, 1998; Över vd., 2004), bu analiz ile üretilen çizgisellikler sadece kırık hatlarını temsil etmemektedir (Karaca vd., 2003). Vadi, sırt gibi doğrusal unsurlar olan yapısal çizgisellikler, doğanın ve topografyanın tanımlanması için önemli unsurlar içermektedirler (O'Leary et al. 1976). Bu yüzden çizgiselliklerin, kıvrımlar ve faylar gibi tektonik yapılarla eşdeğerliği olabilir (Morelli and Piana 2006; Oliveira et al., 2012).

Bu çalışmada, Eskişehir Fayı ve yakın civarındaki ($39^{\circ}35'00''$ - $40^{\circ}00'00''$ K ve $29^{\circ}57'30''$ - $30^{\circ}50'00''$ D) çizgisellikler, ALOS-PALSAR görüntüleri yardımıyla belirlenmiştir. Aynı zamanda çalışma sahasındaki tabaka, şistozite ve eklemeler ölçülerek, bunların sonuçlarına göre sıkışma ve genişleme durumları belirlenmeye çalışılmıştır. Tüm veriler karşılıklı olarak değerlendirilip, yorumlanmıştır.

1.2. Çalışma alanının jeolojik konumu

Bölgesel anlamda bakıldığında çalışma alanının çoğunluğunu, Türkiye'nin dört ana tektonik birliğinden (Pontidler, Anatolidler, Toridler ve Kenar Kıvrımları), Anatolid tektonik birliği içerisinde yer almaktadır (Ketin, 1966). Bilindiği gibi Anatolidler, dört alt tektonik birliğinden (Menderes Masifi, Afyon Zonu, Tavşanlı Zonu, Kırşehir Masifi) oluşmakta olup, çalışma alanının temelini Tavşanlı Zonu'na ait kayalar oluşturmaktadır (Okay, 1987) (Şekil 1a). Çalışma alanının kuzeybatı kesimlerinde ise, Pontidler'e ait üç alt zonundan olan (Istranca Masifi, İstanbul Zonu, Sakarya Kıtası) Sakarya Kıtası'na (Bilecik Kireçtaşı) ait temel kayalar yüzeylenmektedir.



Şekil 1. (a) Türkiye'deki ana ve alt tektonik birliklerin dağılımı (Okay, 1987); (b) Çalışma alanının sadeleştirilmiş jeoloji haritası (Gözler ve diğ., 1985 ve 1997'den değiştirilmiştir).

Çalışma alanının temelini, Tavşanlı Zonu'na ait, Triyas yaşlı birimler oluşturmaktadır olup (İnönü Mermerleri ve İnönü Mavişistleri), bu temel birimlerin üzerinde tektonik bir dokanla ofiyolitik melanj yer alır. Tüm bu temel birimleri, Triyas yaşlı Bozüyük granodiyoriti kesmekte olup, Jura yaşlı Bilecik kireçtaşı Triyas yaşlı birimlerinden üzerinde yer alır. Mesozoyik yaşlı birimlerin üzerinde yer alan Tersiyer istifi, sırasıyla Eosen yaşlı Mamuca Formasyonu ve Üst Miyosen yaşlı Porsuk Formasyonu'ndan ibarettir. Bu formasyonları kesen, genç volkanizma ürünleri olan Pliyosen yaşlı kayaçların üzerinde ise, yine Pliyosen yaşlı Ilıca Formasyonu'na ait bir istif bulunmaktadır olup, gözlenen tüm bu birimleri kesen Kuvaterner yaşlı bir alüvyon ile çalışma alanının jeolojik istifi son bulmaktadır (Şekil 1b ve Şekil 2).

2. Gereç ve yöntem

2.1. Saha çalışmaları

Eskişehir Fayı ve yakın civarında gözlenen jeolojik birimlerden, İnönü Mermerleri'ne ait eklemler, İnönü Mavişistleri'ne ait şistozite ölçümleri, Bilecik Kireçtaşı'na ait eklemler, Mamuca ve Porsuk Formasyonları'nı oluşturan kireçtaşı, kilitaşı ve kumtaşlarına ait tabakalanma durumları (doğrultu, eğim yönü, eğim miktarı) ölçülerek, çalışma sahasındaki sıkışma-genişleme yönleri belirlenmeye çalışılmıştır. Tüm saha ölçümleri, Wulff ağı alt yarım küresinde kontur ve gül diyagramları yardımıyla, sonuçları birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

| Üst sistem | Sistem | Seri | Kat | Askat | Formasyon | Kalınlık (m.) | LİTOLOJİ | | |
|------------|------------|----------|-------------|----------|-----------|----------------------------|-----------------------|---------------|--|
| SENOZOYİK | Kuvaterner | | HOLOSEN | | | 0-45 | | Genç Alüvyon | |
| | | | PLEYİSTOSEN | | | 0-35 | | Yaşlı Alüvyon | |
| | TERSİYER | Neojen | PLİYOSEN | ÜST | | İLİCA | 50-400 | | Marn, kilitaşı, andezit, bazalt, konglomera, kumtaşı, tuf, tüfit |
| | | | | ALT-ORTA | | | | | Bazalt |
| | | | MİYOSEN | ÜST | | PORSUK | 100 | | Kireçtaşı |
| | | | | ORTA | | | 30-40 | | Kilitaşı, marn, tuf |
| | | Paleojen | EOSEN | ALT | | | 55-70 | | Kumtaşı, Konglomera |
| | | | | ORTA | | MAMUCA | 50 | | Marn, kilitaşı, kireçtaşı |
| | MESOZOYİK | | | JURA | ÜST | BİLECİK KİREÇTAŞI | 25 | | Kireçtaşı |
| | | | | TRİYAS | ÜST | | BOZÜYÜK GRANODİYORİTİ | | |
| ÜST | | | | | | ARIFLER OFİYOLİTİK MELANJİ | 400 | | Radyolarit, gabro çamurtaşı, kireçtaşı, serpantin, diyabaz peridotit |
| ALT | | | | | | İNÖNÜ MAVİŞİSTLERİ | 700-1000 | | Şist |
| ALT | | | | | | İNÖNÜ MERMERLERİ | | | Mermer |

Şekil 2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (ölçeksiz).

2.2. Uzaktan algılama çalışmaları

Çalışma alanında çizgisellik analizi; ALOS-PALSAR / RADAR görüntüsü ile yapılmıştır. Bilindiği gibi RADAR'ın en önemli uygulama alanlarından birisi olan haritalamada, mikrodalga sinyaller kullanılmaktadır. Bu sayede tarama bilgileri elde edilmekte ve fotoğraf benzeri şekillere ulaşılmaktadır. Çalışma alanı, RADAR görüntülerinden, ALOS üzerinde bulunan 3 algılayıcı sensörden (PRISM, ANVIR-2, PALSAR), PALSAR görüntüsü ile incelenmiştir.

PALSAR hava şartlarından etkilenmeden görüntüleme yapabilmekte ve sağladığı görüntüler en çok interferometrik çalışmalarda kullanılmaktadır. Tüm sensörleri herhangi bir doğal afet durumunda görüntü elde edilmesi için programlanabilmekte olup, genel olarak bu ALOS uydusu görüntülerinin kullanıldığı başlıca alanlar; yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli, arazi kullanımı ve arazi örtüsü haritalanması, ekosistem, tarım ve ormancılık araştırmaları, toprak erozyonu ve deformasyon takibi (interferometri), çölleşmenin izlenmesi, jeolojik çalışmalar, su kirliliği analizleri, kar ve buz çalışmalarıdır (<http://www.nik.com.tr>).

ALOS-PALSAR görüntüleri üzerinde çizgisellik analizinden önce, birtakım görüntü işleme adımları uygulanmıştır. Bunlar sırasıyla; doku analizi, parazitlerin ortadan kaldırılması, ve kenar belirleme/zenginleştirme çalışmalarıdır. Tüm bu işlemler için, ERDAS-IMAGINE yazılımı kullanılmıştır.

Bir fotografik görüntüde detaylı yersel desen/biçim değişimi olarak tanımlanan "Doku Analizi" işlemi, RADAR görüntü işleme aşamalarının başında gelir ve makro, mezo, mikro doku olmak üzere üçe ayrılır. Basit bir örnekle bir ormanın çeşitliliği ve türü incelenmek istendiğinde; makro doku ile ağaç grupları, mezo doku ile ağacın dalları, mikro doku ile ağacın yaprakları incelenebilir. Doku analizi, başta jeoloji ve deniz bilimleri olmak üzere radar görüntülerinin yorumlanması için çok önemli bir bileşeni oluşturmaktadır. Litolojik sınırlar, ormanlık alanlardaki gölgeler, yollar, jeolojik birimlerin sınırları ve topografik değişimler, birtakım çizgisellikler sunabilir. Mikro doku, parazitlerin ortadan kaldırılması işlemine, makro doku ise RADAR parlaklığındaki değişime karşılık gelir ve pek çok çözünürlük hücresinde belirgindir.

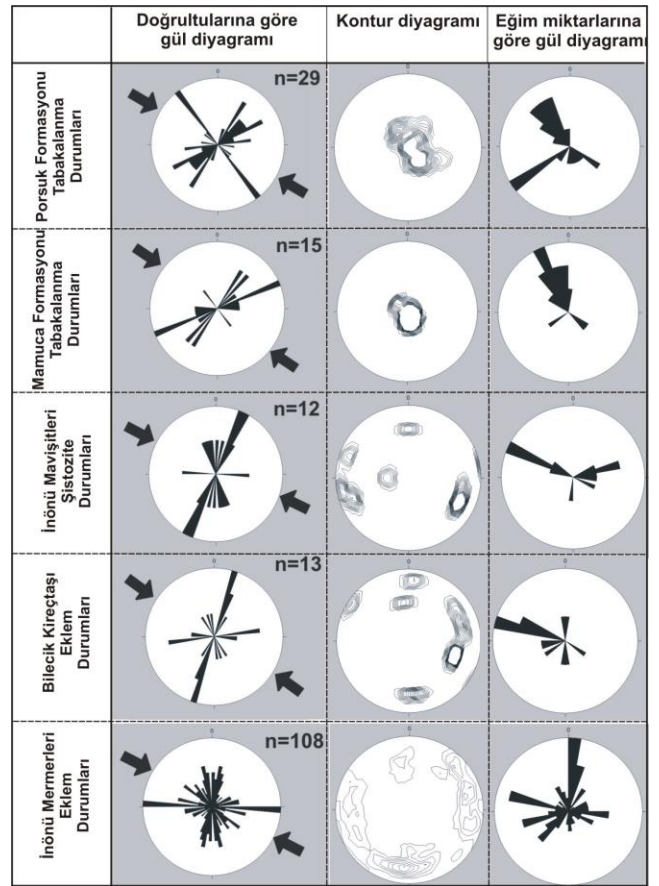
RADAR görüntüleri, doğal gereği benekli/saçımlı yapıyı andıran parazitlere sahiptir. Bu parazitlerin varlığı, görüntü üzerindeki verilerin elde edilmesini ve sağlıklı yorumlar yapılmasını engellemektedir. Bu yüzden, yapılacak olan uygulamalardan önce bu parazitlerin iyileştirilmesi gerekmektedir. Görüntülerdeki gelişigüzel bir parlaklığa sahip olan bu bileşenler (parazitler), bazı filtreler yardımıyla ortadan kaldırılmıştır.

RADAR görüntülerinin işlenmesi aşamalarından sonuncusu ise, kenar belirleme/zenginleştirme çalışmalarıdır. Filtrelenmiş görüntüye, diğer yönlere göre hangi yönün daha iyi sonuç verdiği tespit edilerek kenar belirleme zenginleştirilmesi uygulanmıştır.

3. Bulgular

3.1. Saha çalışmaları

Çalışma alanındaki jeolojik birimlerden, Porsuk Formasyonu'ndan 29 adet tabakalanma, Mamuca Formasyonu'ndan 15 adet tabakalanma, İnönü Mavişitleri'nden 12 adet şistozite, Bilecik Kireçtaşlarından 13 adet eklem ve İnönü Mermerlerinden 108 adet eklem olmak üzere, toplam 177 adet düzlemsel yapının durumları (doğrultu, eğim yönü ve eğim miktarı) ölçülmüştür. Burada, tabaka ve şistozite düzlemlerinin Wullf ağı alt yarımküresindeki kontur ve gül diyagramlarının sonuçları birbirleriyle ve bölgesel anlamda Batı Anadolu'nun sıkışma rejimiyle karşılaştırılmıştır. Bu sıkışma rejimi içerisinde gelişen eklem, özellikle makaslama türü eklem olup, bunun yanı sıra boyuna ve tansiyon türü eklem de görülmektedir (Şekil 3).

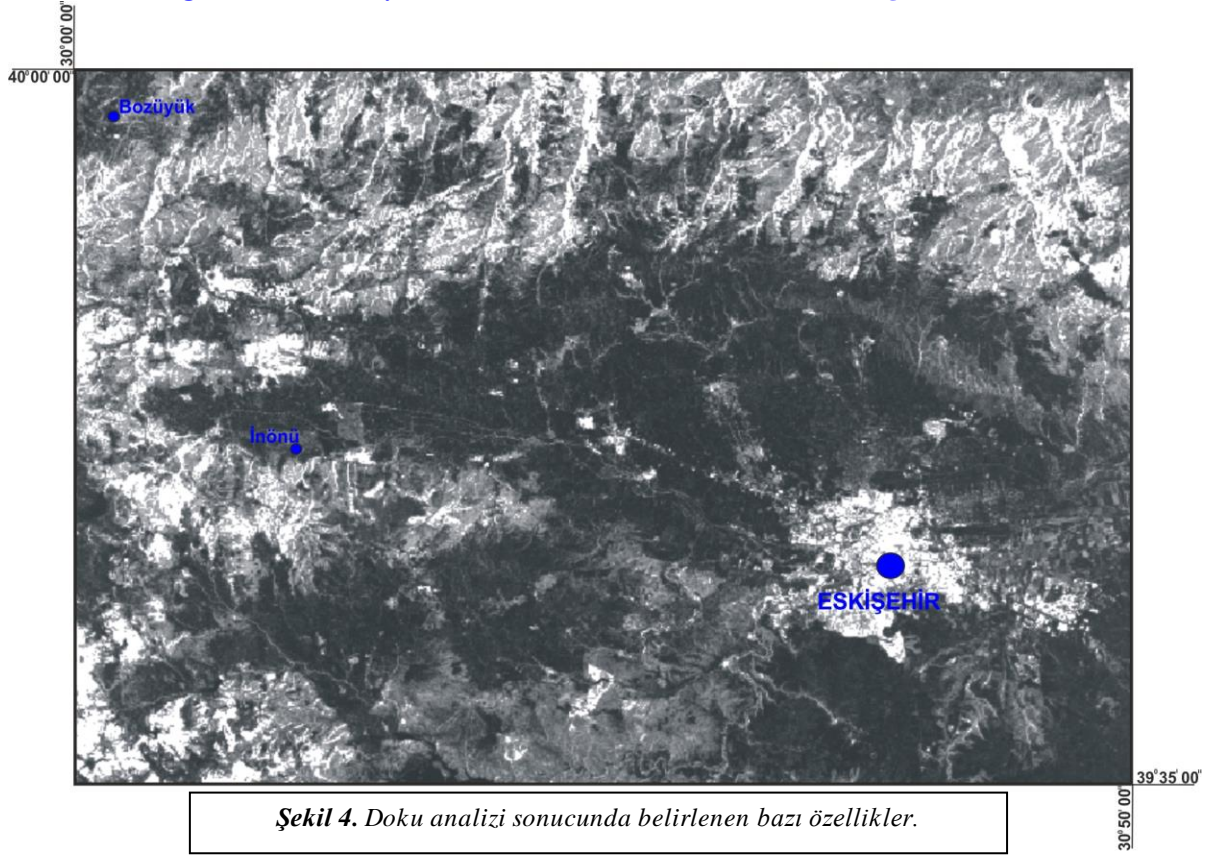


Şekil 3. Eskişehir civarından derlenen katman, şistozite ve eklem durumlarına ait kontur ve gül diyagramları.

3.2. Uzaktan algılama çalışmaları

3.2.1. Doku Analizi

Çalışma alanına ait RADAR görüntüsü incelendiğinde özellikle Kuzey kesimleri ve B-GB kesimlerinde nispeten açık renkli görülen alanların yüksek kottaki alanları, görüntünün merkezinde koyu renkli görülen alanların ise daha düşük kottaki yerleri ve ovaları temsil ettiği görülmektedir. Görüntünün GD kesiminde ise, açık renkli ve parlak bir görünüme sahip alanların Eskişehir ili yerleşim merkezine ait alan olduğu görülmektedir (Şekil 4).



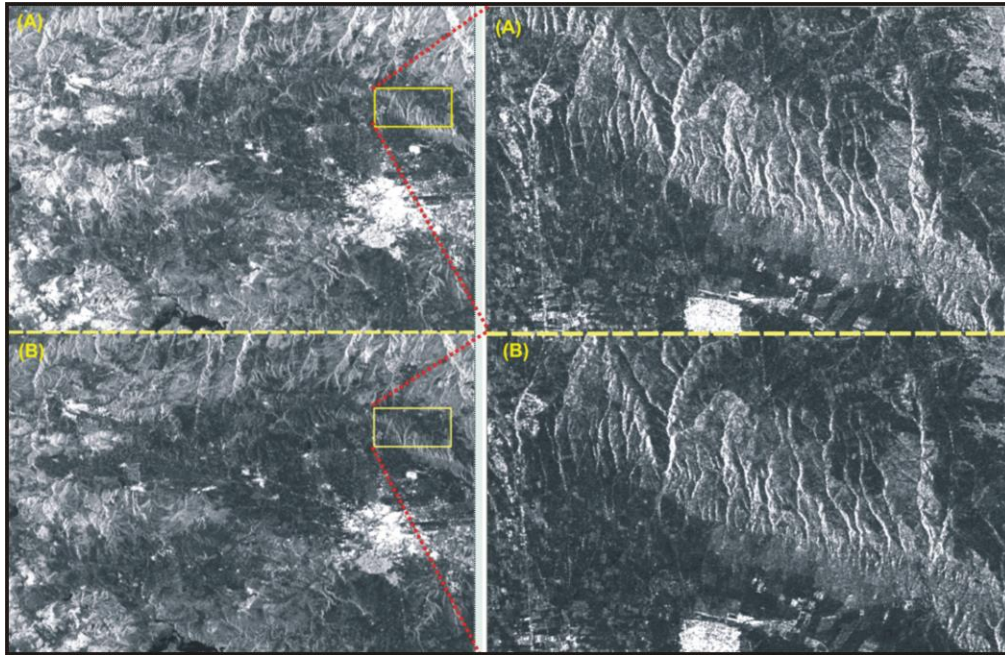
Şekil 4. Doku analizi sonucunda belirlenen bazı özellikler.

3.2.2. Parazitlerin ortadan kaldırılması

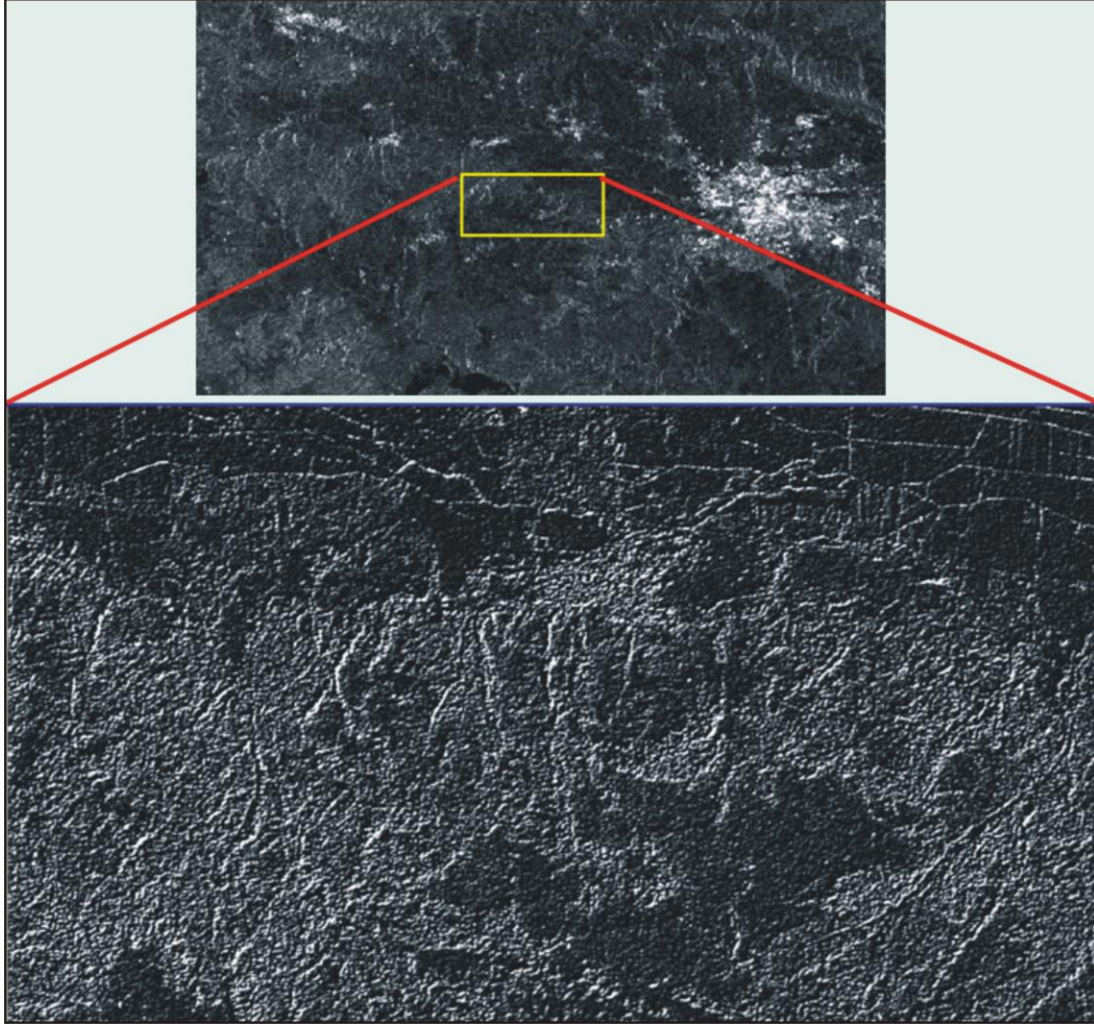
Çalışma alanına ait ALOS-PALSAR görüntüsüne uygulanan filtremeler ile en iyi sonucu Frost filtresinin verdiği belirlenmiştir. Böylece parazitlerin neden olduğu görüntünün okunmasına engel olan istenmeyen bileşenler ortadan kaldırılmıştır. Çalışma alanına ait işlenmemiş (filtreden geçirilmemiş) görüntü ile Frost filtresinden geçirilmiş görüntü Şekil 5’de sunulmuştur.

3.2.3. Kenar Belirleme

Frost filtresinden geçirilmiş görüntüye, diğer yönlere göre daha iyi sonuç verdiği görülen KB-GD yönünde kenar belirleme zenginleştirilmesi uygulanmıştır (Şekil 6). Bu kenar belirleme/zenginleştirme işleminden sonra belirlenen çizgisellikler “Sonuçlar ve Tartışma” bölümünde ve Şekil 7’de sunulmuştur.



Şekil 5. (a)İnceleme alanının, işlenmemiş PALSAR görüntüsü; (b) Frost filtresi uygulanmış görüntü.



Şekil 6. Çalışma alanına ait PALSAR görüntüsüne KB yönlü kenar belirleme filtresinin uygulanması

4. Sonuçlar ve tartışma

Bu çalışmada Eskişehir Fayı ve yakın civarının yapısal analizi; saha gözlemleri ve ALOS-PALSAR görüntüsü üzerinde yapılan uzaktan algılama çalışmalarıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında; katman, eklem/çatlak, şistozite durumlarından (doğrultu, eğim yönü, eğim miktarı) 177 adet ölçüm gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler, Wulf ağı alt yarımküresindeki kontur ve gül diyagramlarının sonuçlarına bakıldığında, KB-GD doğrultulu bir sıkışma rejiminin varlığı saptanmıştır.

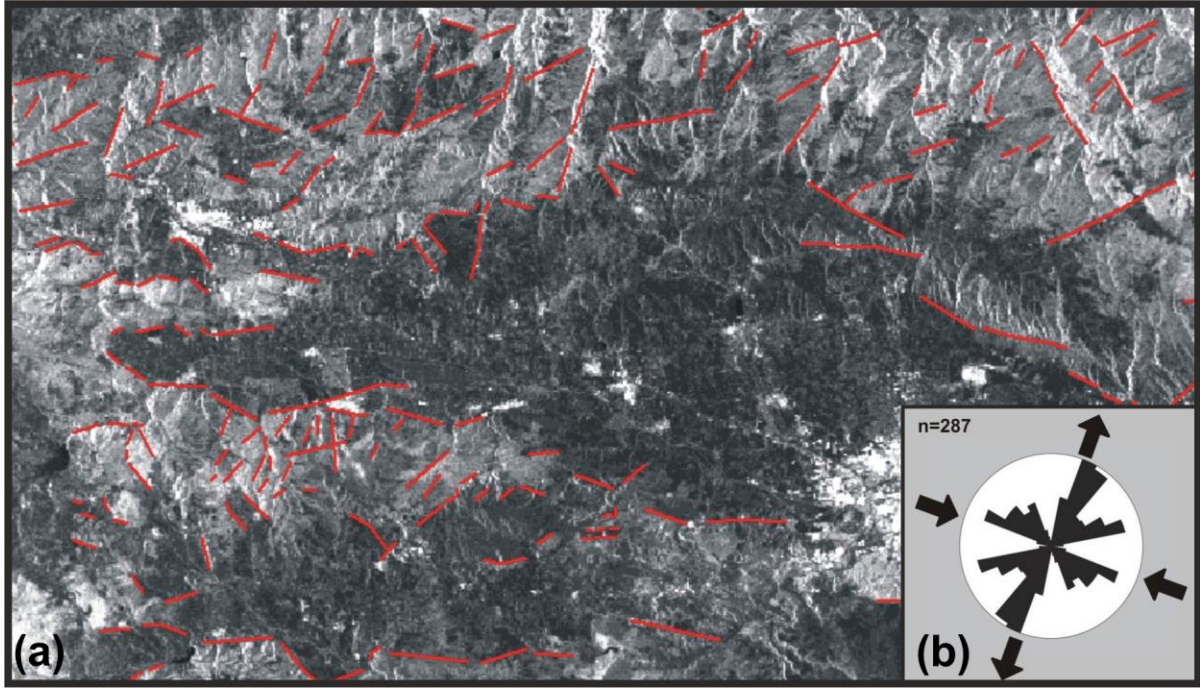
Burada, tabaka ve şistozite düzlemlerinin kontur ve gül diyagramlarının sonuçları birbirleriyle ve bölgesel anlamda Batı Anadolu'nun KB-GD doğrultulu sıkışma ve KD-GB doğrultulu genişleme rejimleriyle uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Uzaktan algılama çalışmaları ile, çalışma alanının RADAR(ALOS-PALSAR) görüntüsü üzerinde öncelikle doku analizi, parazitlerin ortadan kaldırılması, görsel yorumlama ve kenar belirleme/zenginleştirme işlemleri uygulanmıştır.

Bu işlemlerden sonra, uydu görüntüsü üzerinde çizgisellikler belirlenmeye çalışılmış; yapısal, jeolojik ve morfolojik unsurlar dışındaki etkenlerle oluşmuş çizgisellikler dikkate alınmamıştır. Elde edilen 287 adet çizgiselliğin doğrultuları ölçülmüştür (Şekil 7a) ve göre gül diyagramı (Şekil 7b) hazırlanmıştır. Görüntülerden elde edilen çizgiselliklerin, sahadan elde edilen verilerin doğrultuları ve sıkışma yönleriyle uyumlu oldukları sonucuna varılmıştır.

Hem saha çalışmalarıyla hem de uzaktan algılama çalışmaları sonucunda çalışma alanı için KB-GD doğrultulu sıkışma, KD-GB doğrultulu bir genişleme rejimi belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Batı Anadolu genelinde hakim olan sıkışma-genişleme yönleriyle uyumludur.

Özellikle çizgisellik analizi ve nispeten saha çalışmaları sonucunda elde edilen sıkışma-genişleme yönleriyle uyumsuz verilerin ise, çalışma sahasında paleotektonik dönemle ilişkili yapılar olabileceği gibi, jeolojik birimler arasındaki sınırları temsil ettikleri veya ton farklılığının bir sonucu olarak oluştukları söylenebilir.



Şekil 7. (a) Kenar zenginleştirmesi sonucunda belirlenen çizgisellikler; **(b)** bu çizgiselliklerin doğrultularına göre hazırlanan gül diyagramı sonucunda elde edilen sıkışma-genişleme yönleri.

5. Katkı belirtme

Bu çalışma, Erdem GÜNDOĞDU'nun Yüksek Lisans tezinin bir kesimini oluşturmakta olup, ÇOMÜ-BAP 2007/045 numaralı proje tarafından desteklenmiştir. Ayrıca arazi çalışmalarındaki katkılarından dolayı Jeoloji Yüksek Mühendisi Seray ÇINAR YILDIZ'a; yapıcı eleştirileri ile bu çalışmaya katkı koyan Doç. Dr. Volkan KARABACAK (ESOGÜ) ve Doç. Dr. Cahit Çağlar YALÇINER'e (ÇOMÜ) teşekkür ederiz.

6. Kaynaklar

- Gözler M. Z., Cevher F. ve Küçükayman A., 1985. Eskişehir Civarının Jeolojisi ve Sıcak Su Kaynakları. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 103: 40-54.
- Gözler M. Z., Cevher F. Ergül E. ve Asutay H. J., 1997. Orta Sakarya ve Güneyinin Jeolojisi, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Rapor No:9973 Ankara (yayımlanmamış).
- Ketin İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri. MTA Dergisi, 66: 20-34.
- 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.
- 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.
- Okay A.İ., 1987. Notes on the Geology of Northwest Turkey. Guide Book for the Field Excursion Along Western Anatolia, Turkey, MTA: 1-11.
- 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.
- 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.
- Sesören A., 1999. Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar. Mart Matbaacılık Sanatları Ltd. Şti., İstanbul, 128s.
- 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 19:6, 1101-1114.