

UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ VE SAYISAL ARAZİ MODELİ ENTEGRASYONU İLE ALMUS FAY ZONU'NUN JEOLJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ö. Gürsoy^a, Ş. Kaya^b, K. Ş. Kavak^a

^aCumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Sivas, ogursoy@cumhuriyet.edu.tr

^bİstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul, skaya@itu.edu.tr

^aCumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Sivas, kaank@cumhuriyet.edu.tr

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Uzaktan Algılama, Sayısal Arazi Modeli, Almus Fay Zonu

ÖZET

Bu çalışmada, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)'den ayrılan Almus Fay Zonu'nun (AFZ) jeolojik özellikleri uzaktan algılama yöntemleri ve Sayısal Arazi Modeli (SAM) entegrasyonu ile incelenmiş ve AFZ'nin aktivitesi araştırılmıştır. Bu amaçla Landsat 7 uydusu tematik haritalayıcı (TM) görüntüleri ile bölgeye ait 1:25 000 ölçekli topografik haritalar kullanılmıştır. Böylelikle SAM ile uzaktan algılama verileri karşılaştırılarak yorumlanabilirliğin artırılması amaçlanmıştır.

SAM görüntüsü kullanılarak eğim (slope) ve bakı (aspect) görüntüleri oluşturularak, çalışma bölgesinin topografyasının eğimi ve çizgisellik ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. Eğim analiz görüntüsünde açık gri bölgeler büyük eğimle, koyu gri bölgeler ise küçük (sığ) eğimle gösterilmiştir. Bakı analizinde ise, kuzey referans alınarak yani kuzey 0 derece alınıp, hesap ona göre yapılır. Burada aspect filtresi 0° ile 360° arasında değişen değerler üretir.

Ayrıca bölgenin topografyasının karakteristik özelliklerini ortaya koymak için 1:25 000 ölçekli topografik haritaların sayısallaştırılması sonucu hazırlanan SAM kullanılarak kabartma ve renklendirme analizleri yapılmıştır.

Görüntü işleminde, uydu görüntüleri ana bileşenler yöntemi ile bant kombinasyon analizi yöntemi kullanılarak zenginleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan çok spektrumlu Landsat 5 TM' 1, 2, 3, 4, 5, 7. bantları arasında en az üç bant kombinasyonunun belirlenmesi için varyans-kovaryans analizi yapılarak bantların birbirlerine göre korelasyon katsayıları hesaplanmıştır.

Sayısal arazi modeli bilineer enterpolasyon yöntemi ile belirlenmiştir. Bu modele vektör-raster dönüşümü uygulanmış ve en büyük yükseklik değerine 255 gri renk değeri ve en küçük yükseklik değerine 0 gri renk değeri atanarak model raster formata dönüştürülmüştür. Uydu görüntüsü ile SAM ve AFZ karşılaştırılarak jeolojik bir değerlendirme için büyük yapıların birarada görünebilme olanağı sağlanmış ve model üzerinde çizgisellikler saptanmıştır.

Çalışma bölgesinin depremselliğinin araştırılmasına yönelik çalışmalar kapsamında AFZ ve civarında 1900 Yılından günümüze gelen kadar oluşmuş depremler incelenmiştir.

Ayrıca çalışma alanında bir arazi çalışması da gerçekleştirilerek fay ölçümlerinin kinematik analizleri değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme kapsamında bölgedeki fayların türü ve yapısı belirlenmiştir.

Sonuç olarak, çalışma alanında yapılan arazi çalışmaları sonucunda Almus Fay Zonu'nun doğrultu atımlı karakterini gösterebilecek belirgin bir yüzey verisi gözlenmemiştir. İnceleme alanına ait Landsat TM verilerine uygulanan yersel ve spektral zenginleştirme işlem yöntemlerini kapsayan görüntülerin analizi sonucunda Almus Fay Zonu'na ait çizgiselliğin varlığı gözlenmiştir. Zonun doğudaki devamı Reşadiye doğusuna kadar izlenmiş ancak Almus'un doğusunda zona ait çizgiselliğinin olmadığı ortaya çıkarılmıştır. Landsat TM uydu görüntüsü ve SAM görüntüsünün karşılaştırılması ile elde edilen görüntüye bant kombinasyonları ve ışık verilerle faya ait çizgisellikler ortaya çıkarılmıştır.

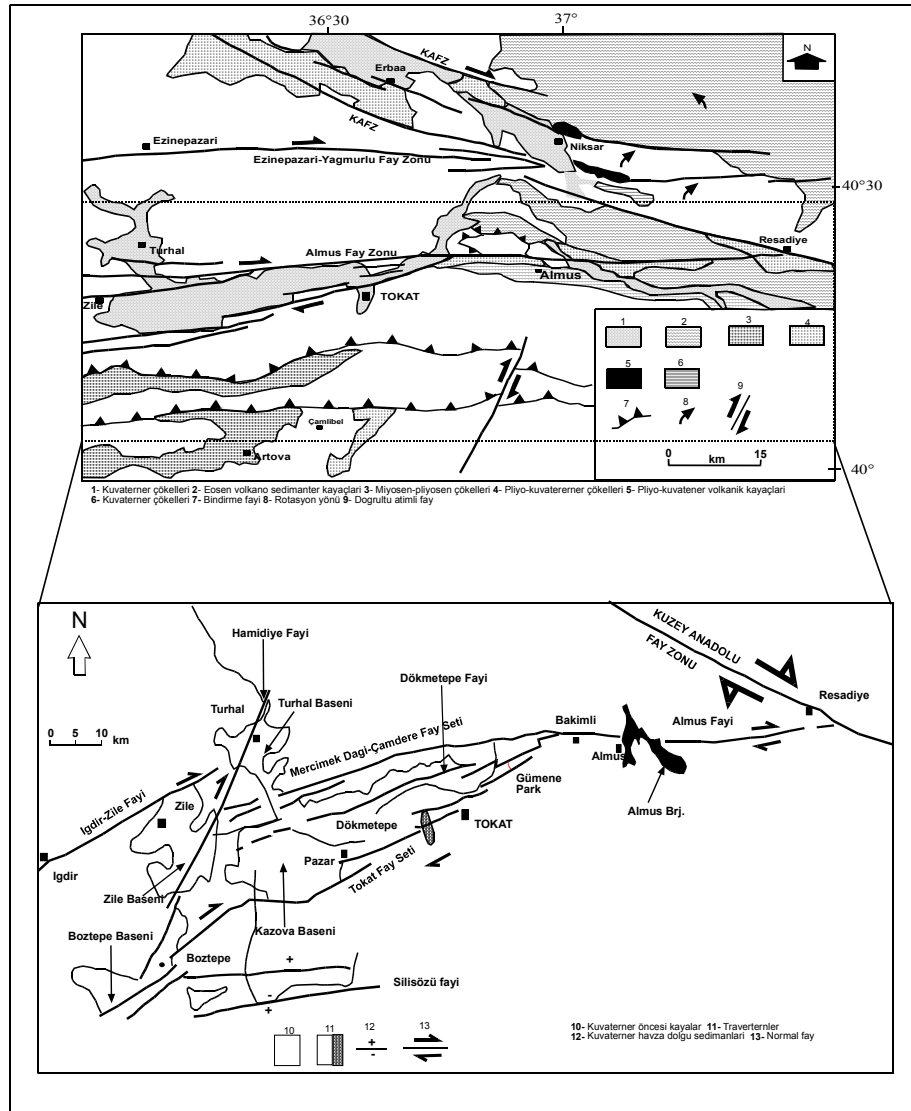
1. GİRİŞ VE AMAÇ

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacını, Kuzey Anadolu Fay Zonu'na (KAFZ) bağlı ve aktif bir ayrılma (splay) fayı olduğu düşünülen Almus Fay Zonu'nun (AFZ) jeolojik özelliklerinin ortaya konması oluşturmaktadır. Bu amaçla, zona ait Landsat TM uydu görüntülerinden yararlanarak bölgede etkin olan AFZ' nin ortaya çıkarılmasını amaçlayan görüntü işleme çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca bölgeyi içine alan 1:25 000 ölçekli topografik haritalardan üretilen sayısal arazi modelleri yardımıyla da bölgedeki morfolotektonik yapıları belirlemeye yönelik uygulamalar da gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarıyla fay zonunda gözlenen morfolotektonik yapıların belgelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu zona ait birkaç noktada gözlenen fay düzlemlerden alınan ölçmeler kinematik analizle değerlendirilmiştir.

1.2 Çalışma Alanı

AFZ, KAFZ' ye bağlı olduğu düşünülen bir ayrılma (splay) fayını oluşturur (**Bozkurt ve Koçyiğit, 1995**). AFZ, en doğuda Reşadiye'den başlayıp önce D-B doğrultulu olarak devam eden daha sonra ise Tokat civarında KD-GB yönüne dönen yaklaşık 130 km uzunluğundaki aktif bir fay zonuna karşılık geldiği ifade edilmektedir (Şekil 1.1). Birçok araştırmacı tarafından diğer ayrılma fayları olarak ifade edilen Yağmurlu- Ezinepazarı ve Taşova- Çorum faylarına paralel olarak geçtiği düşünülen (**Bozkurt ve Koçyiğit, 1995**) AFZ, çalışma alanını oluşturmaktadır.



Şekil 1.1: Çalışma Alanı (Bozkurt ve Koçyiğit)

1.3 Kullanılan Veriler

Bu çalışma kapsamında, bölgenin 1:25 000 ölçekli topografik haritalarından tarama ve vektörel çizim yöntemiyle hazırlanan sayısal arazi modelleri ile 22 Haziran 2000 tarihli Landsat TM uydu görüntüleri bölgenin jeolojik özelliklerinin ortaya çıkarılmasına katkıda bulunmuş ve depremsellik incelemelerinde sayısal-grafik sitesinden alınan veriler kullanılmıştır. Ayrıca arazi çalışmalarıyla fay zonuna ait gözlemler gerçekleştirilmiş ve fay zonundan alınan ölçümler yapısal analiz yöntemi olarak da bilinen kinematik yöntemlerle değerlendirilmiştir.

2. FAY ZONU VE DEPREMSELLİK

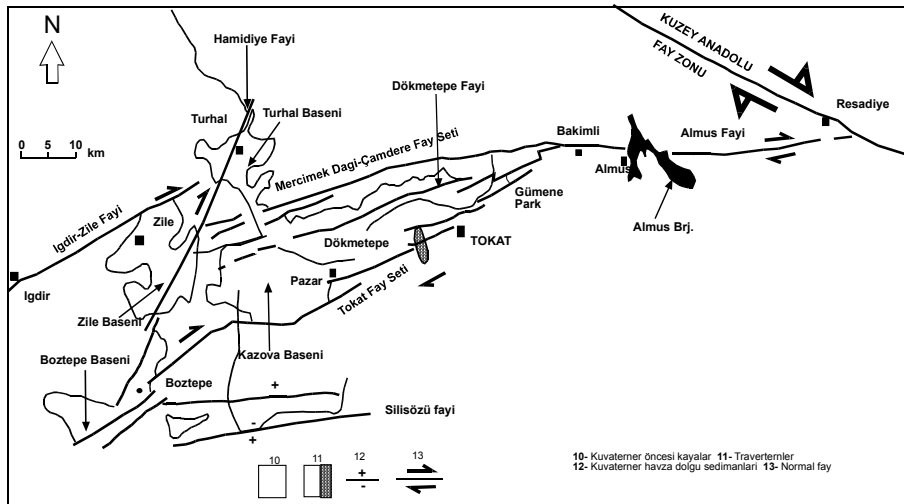
İlk olarak **Bozkurt ve Koçyiğit (1995)** tarafından çalışılan AFZ, doğuda Reşadiye'den başlayıp batıda Iğdır kasabasına kadar devam eden ve yaklaşık 130 km mesafede uzanan sağ yanal doğrultu atımlı aktif bir fay sistemi olarak tanımlanır (Şekil 2.1) ve olağanüstü iyi gelişmiş bir yüzey ifadesine sahip olduğu araştırmacılar tarafından ifade edilir.

Fay zonunun genişliği, doğuda birkaç yüz metre olup batıya doğru 12 km ye kadar ulaşır. Bu bölüm boyunca aktif bir doğrultu atımlı depresyon alanı olan Kazova Havzası yer almaktadır. Fay, Reşadiye'nin güneydoğusunda, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) ana kolundan ayrılır ve batıya doğru yaklaşık D-B yönünde Bakımlı Köyü'ne kadar uzanır. Burada güneybatıya doğru 7-15° büküm yapar ve iki ana kola (Mercimekdağ-Çamdere ve Tokat fay setleri) ayrılarak, basit bir atkuyruğu (hors-tail) fay örneği meydana getirir. Batıya doğru Gümenek civarında, Tokat fay seti tekrar iki kola ayrılır; kuzeyde yer alan kol ana fay kolunu içerir ve burada Dökmektepe fayı olarak adlandırılır. Bu fay, 1939 Erzincan depreminin yüzey kırıklarından etkilenmiş olup Kazova Havzası'nda halen aktiftir. Bahsedilen fay setlerine ilave olarak, AFZ aynı zamanda, çok sayıda daha küçük fay segmenti de yer alır (Şekil 2.1).

AFZ, **Bozkurt ve Koçyiğit (1996)** tarafından, KAFZ'nun ana splaylerinden biri olarak yorumlanmıştır. Sıkışmalı-kısalmalı (compresional-contractonal) tektonik rejimden etkilenen genç ünite, Akitaniyen-Burdigaliyen (Alt Miyosen) yaşlı molas sedimentleridir ve doğrultu atımlı tektonik rejimden etkilenen en yaşlı ünite, geç Pliyosen yaşlı gevşek konglomeralardır. AFZ'nin başlangıç yaşı **Bozkurt ve Koçyiğit (1995)** tarafından Burdigaliyen-geç Pliyosen olarak hesaplanmış olup bu da KAFZ üzerindeki sağ yanal hareketin başlangıç yaşının Erken-Orta Pliyosen ile bağdaşmaktadır (**Tokay, 1973**), (**Barka, 1984**).

Bozkurt ve Koçyiğit (1995) göre; AFZ 11 km bir toplam atıma sahip olup bu değer Mercimekdağ-Çamdere fay seti üzerindeki Permo-Triyas yaşlı rekristalize kireçtaşı bloğunun sağ yanal ötelenmesine eşittir. Farklı segmentler üzerindeki molas sedimentlerinin yükselmelerine göre 750 m toplam bir düşey atıma da sahip olan AFZ' nin inçerdiği fayların önemli bir açılma (extensional) bileşenine sahip olduğu ileri sürülür (Şekil 2.1).

Bozkurt ve Koçyiğit (1996) ise AFZ'nin Kazova Havzası'nı oluştururken, aktif bir negatif çiçek yapısı **Woodcock (1986)** sergilediğini de ifade eder. Araştırmacılar KAFZ'ye bağlanan Yağmurlu-Ezinepazarı, Taşova-Çorum, Laçın ve Merzifon fay zonlarına benzer olarak AFZ'nin da bir ayrılma (splay) fayı olduğunu (**Şengör ve Barka, 1992**) ve bu faylarla birlikte KAFZ'nin balık kılıçına (fishbone) benzer bir görünüm sergilediklerini ve bu ayrılma fayları arasında kalan kıtasal blokların saatin ters yönde hareket ettiğini de belirtirler. Araştırmacılar; **Hubert-Ferrari ve diğ. (2001)** Esençay, Ezinepazarı ve Almus fay zonlarının atkuyruğu şeklinde faylar olduğunu ifade ederler.

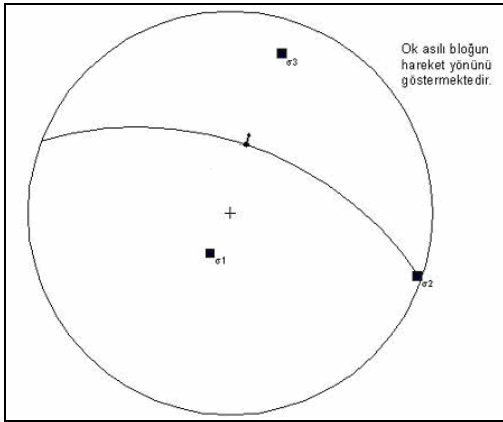


Şekil 2.1: Almus Fay Zonu (Koçyiğit ve Bozkurt, 1995)



Şekil 3.2: Permo-Triyas Yaşlı Tokat Karışığına Ait Mermerler İçerisinde Gözlenen ve Kazova Havzası'nı Güneyden Sınırlayan Tokat Fay Setine Ait Normal Fay Düzlemi.

Bu faydan alınan fay düzlem durumu kinematik analiz yöntemlerinden **Carey (1979)** yöntemi ile bilgisayarda değerlendirilmiş ve bölgede etkin olan normal faylanmanın varlığı gerilme eksenleriyle ortaya konmuştur (Şekil 3.3). Şekilde görülebileceği gibi en büyük gerilme eksenini olan σ_1 düşeye yaklaşık olarak gözlenirken σ_3 ve σ_2 yataya yakın olduğu saptanmıştır. Bu sonuçta bölge de normal bir fayın varlığını göstermektedir.



Şekil 3.3: Arazide Yapılan Fay Ölçümlerinin Carey Yöntemiyle Kinematik Analizi

Tokat fay setinin geneli için düşünülen doğrultu atımlı fay sisteminden ziyade normal faylanmanın varlığı kinematik ölçümle, fay zonunun arazide görünümü ise morfotektonik olarak ifade edilebilir. Yani arazideki jeomorfolojik görünümün doğrultu atımlı bir fay zonundan ziyade normal fay sistemiyle oluşmuş olabileceğini söylemek yerinde olur. Bu da araştırmacıların; **Bozkurt ve Koçyiğit (1996)** fay zonu ile ilgili gerçekleştirdikleri ikinci çalışma görüşleriyle uyusmaktadır.

4. UYDU VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE SAYISAL ARAZİ MODELİ

4.1 Uydu Görüntülerinin Geometrik Dönüşümü

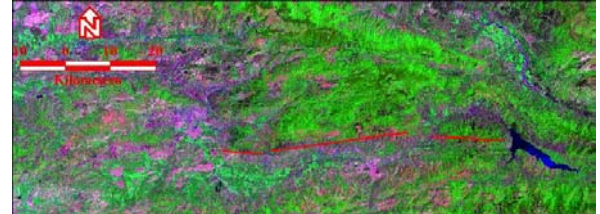
Landsat 5 TM verileri 1:25 000 ölçekli standart topografik haritalar üzerinde grafik olarak elde edilen yer kontrol noktaları kullanılarak jeoreferanslandırılmıştır. Yer koordinat sistemleri ile görüntü koordinat sistemleri arasındaki bağıntıyı sağlayan transformasyon eşitlikleri 1. derece lineer transformasyon işlemleri sonucunda bulunur. En küçük kareler yöntemine göre dönüşüm katsayıları bulunarak uzaktan algılama verileri UTM projeksiyon sistemine dönüştürülmüştür. Dönüşümde 5 adet yer kontrol noktası homojen olarak dağıtılarak kullanılmıştır. Dönüşüm toplam 0.7 piksel Karesel Ortalama Hata (KOH) ile yapılmıştır. Yeniden örnekleme yöntemi olarak da en yakın 4x4 pikselin ağırlıklı ortalaması alınan kübik konvolüsyon yöntemi kullanılmıştır.

4.2 Bant Kombinasyonu Analizi

Çalışmada kullanılan çok spektrumlu Landsat 5 TM'nin 1, 2, 3, 4, 5, 7. bantları arasında en az üç bant kombinasyonunun belirlenmesi için varyans-kovaryans analizi yapılarak bantların birbirlerine göre korelasyon katsayıları hesaplanmıştır (Tablo 4.1). Buna göre korelasyon katsayıları birbirleriyle en düşük olan 1, 4 ve 7. bantlar bu çalışmada RGB kombinasyonu sağlayacak bantlar olarak seçilmiştir.

| Bant/Bant | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1.000 | | | | | |
| 2 | 0.937 | 1.000 | | | | |
| 3 | 0.916 | 0.947 | 1.000 | | | |
| 4 | 0.275 | 0.377 | 0.279 | 1.000 | | |
| 5 | 0.757 | 0.780 | 0.823 | 0.445 | 1.000 | |
| 7 | 0.784 | 0.822 | 0.838 | 0.269 | 0.871 | 1.000 |

Tablo 4.1: Landsat TM Bantları Arasındaki Bant Kombinasyon Analizi

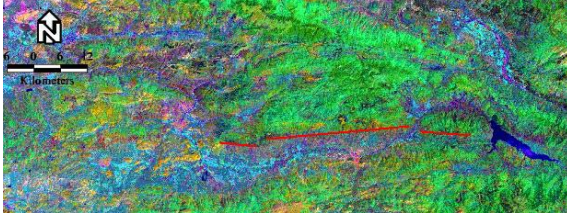


Şekil 4.1: Bant Kombinasyon Analizi Sonucuna Göre Oluşturulan 7-4-1 Bantlarının Kombinasyon Görüntüsü

4.3 Ana Bileşenler Dönüşümü Analizi

Bu çalışmada kullanılan 174/32 ve 175/32 zonlarına ait Landsat TM görüntüsünün ana bileşenler dönüşümü, çalışma alanının 3-2-1 ve 7-4-1 kombinasyonu sonucunda ortaya çıkan gösterimlerden farklı olarak elde edilen RGB gösterimi ortaya çıkarılmıştır.

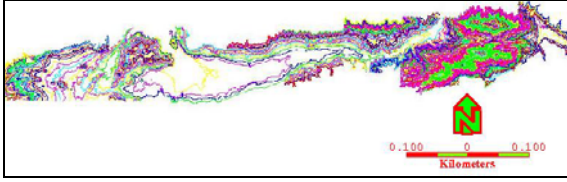
Ana bileşenler dönüşümü sonucunda bölgede yüzeyleyen her bir jeolojik birimi veya diğer yeryüzü örtülerini vurgulayan renk sayısı bölgeye ait 7-4-1 kombinasyonu sonucu oluşan renk sayısına göre daha fazladır. Bu da bölgede birbirinden ayrılabilir farklı örtü türlerinin daha kolay ayrılmasına neden olur (**Kavak, 2004**).



Şekil 4.2: Landsat TM Görüntüsünün 3, 2 ve 1. Bantlarından Elde Edilen Ana Bileşenler Dönüşümü Sonuç Görüntüsü

4.3 Sayısal Arazi Modeli

Yapılan çalışmada, çalışma bölgesine ait 1:25 000 ölçekte üretilmiş 16 adet standart topografik haritaları 20 m. de bir sayısallaştırılıp, veri grubu oluşturulmuştur (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Bölgenin Ayrı Renklerde Sayısallaştırılmış Veri Grubu

Bu veriler Er Mapper v6.0 programında düzenlenerek yüzeyin SAM'ı hazırlanmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Bölgenin Raster Yapıda Sayısal Arazi Görüntüsünün Tamamı

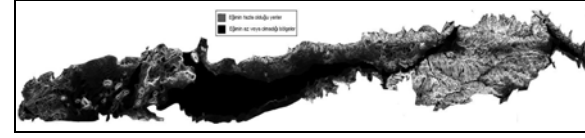
4.4 Eğim (Slope) ve Bakı (Aspect) Analizi Görüntüleri

Er Mapper v6.0 programı üzerinde SAM yüklü tabakalara eğim-derece ve bakı filtrelemeleri uygulanarak bölgenin eğim ve bakı analiz görüntüleri elde edilmiştir. Eğim analiz görüntüsünde açık gri bölgeler büyük eğimle, koyu gri bölgeler ise küçük (sığ) eğimle gösterilmiştir (Şekil 4.5). Açık ve koyu kesimler arasında meydana gelen çizgisellikler ise olası faylara işaret etmektedir.

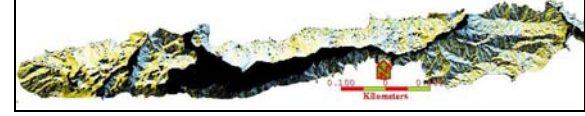
Bakı, topografik yüzeyin verilen bir noktada kumpas yönünde ölçüsüdür. Bakı azimut cinsinden yatayın yaptığı açı olarak hesaplanır. Burada kuzey referans alınarak yani kuzey 0 derece alınır ve hesap ona göre yapılır. Burada aspect fitresi 0° ile 360° arasında değişen değerler üretir. Buna göre doğuya bakan eğimler 90° lik bakıya, güney yönündeki eğimler 180° ve batı yönündeki eğimler ise 270° lik bir bakıya sahip olurlar. Şekil üzerinde siyah bölümler kuzeyi, beyaz bölümler güneyi, sarı bölümler doğuyu ve mavi bölümler batıyı göstermektedir. (Şekil 4.6).

Ayrıca bölgenin topografyasının karakteristik özelliklerini ortaya koymak için hazırlanan SAM kullanılarak kabartma ve renklendirme analizleri yapılmıştır. Renklendirme analizinde düzlük kısımlar yeşil ve tonlarında, yükseltinin arttığı kısımlar ise mor, yükseltideki zirveler ise gri tonda gösterilmiştir (Şekil 4.7).

Kabartma analiz görüntüsünde ise topografya yapısı yüzey pürüzlülüğü ile gösterilmiştir. Burada pürüzlülüğün az olduğu yerler daha düz alanları, pürüzlülüğün fazla gözüktüğü kısımlar ise daha eğimli kısımları göstermektedir (Şekil 4.8).



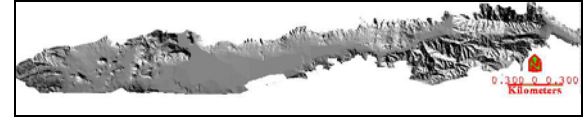
Şekil 4.5: Eğim Analiz Görüntüsü



Şekil 4.6: Bakı Analiz Görüntüsü



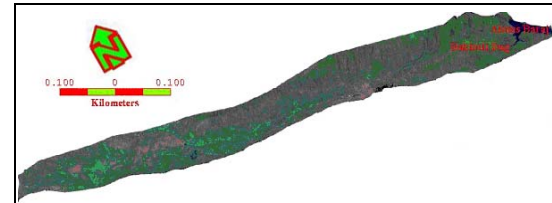
Şekil 4.7: Renklendirme Analiz Görüntüsü



Şekil 4.8: Kabartma Analiz Görüntüsü

5. SAM İLE UZAKTAN ALGILAMA VERİSİNİN ENTEGRASYONU

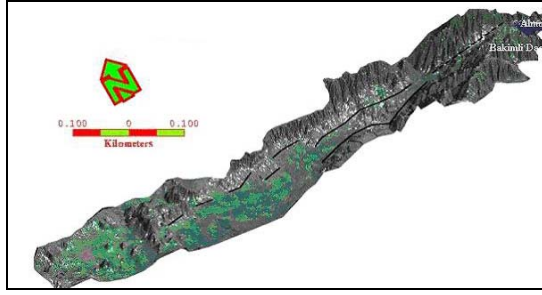
Sayısallaştırılmış eşyüksekti eğrilerinin veri dosyası grid yöntemiyle modellenmiştir. Bu veri grubunun raster veriye çevrilmesinde, çalışmada kullanılan Landsat 5 TM'nin çözünürlüğü olan 30 m. baz alınmıştır. İki veri grubunun karşılaştırılmasından sonra uzaktan algılama verilerinin karşılığı olan parlaklık değerine bir yükseklik değeri atanmış olur (Kaya, 1999). Çakıştırılma işleminde uydu görüntüsü üzerinde bant kombinasyonları yapılarak, daha etkili görüntü elde edilir (Şekil 5.1)



Şekil 5.1: Uzaktan Algılama Verisi (Landsat TM 7-4-1 Bantları) İle Sayısal Arazi Modeli Çakıştırılmış Görüntü

Modele yükseklik faktörü de verilerek SAM oluşturulur. Raster verideki SAM da en yüksek noktanın gri değeri 255, en düşük noktanın gri değeri 0 alınarak enterpolasyon yapılır ve vektör-raster dönüşümü sonucunda gri değerler

çıktı sonucu olarak alınır (Şekil 9.2). Oluşturulan modele ışıklandırma yapılarak çizgiselliklerin açığa çıkması da kolaylaştırılır (Şekil 5. 2).



Şekil 5. 2: Uzaktan Algılama Verisi (Landsat TM) İle Sayısal Arazi Modeli Çakıştırılmış Görüntüsünün Işıklandırılmış Hali

6. SONUÇLAR

İnceleme alanında yapılan arazi çalışmaları sonucunda AFZ'nin doğrultu atımlı karakterini gösterebilecek belirgin bir yüzey verisi gözlenmemiştir. Fay zonunun Kazova Havzası'nı sınırlarını oluşturması doğrultu atımdan ziyade normal faylanmayla açıklanabilecek bir sistemi göstermektedir. Ayrıca arazide yapılan fay ölçümleri sonucu yapılan Carey kinematik analiz yönteminde büyük gerilme eksenini σ_1 'in düşüye yaklaşık çıkması (Şekil 3.4) fayın normal fay olduğunu işaret etmektedir. Bu sonuç daha önce yapılan çalışmada; **Bozkurt ve Koçyigit (1996)**, AFZ'nin negatif çizek yapısında olduğunu belirtmesiyle de açıklanmıştır.

Deprem episantr dağılımları AFZ'yi içine alan bölgede etkin bir depremselliğin bulunmadığını göstermektedir.

İnceleme alanına ait Landsat TM verilerine uygulanan yersel ve spektral zenginleştirme işlem yöntemlerini kapsayan görüntülerin analizi sonucunda AFZ'ye ait çizgiselliğin varlığı gözlenmiştir (Şekil 6.1). Zonun doğudaki devamı Reşadiye doğusuna kadar izlenmiş ancak Almus'un doğusunda zona ait çizgiselliğinin olmadığı ortaya çıkarılmıştır.

Arazide fay zonunun tüm özelliklerini yansıtan veriler ve sismik aktivitenin yeterli derecede bulunamamasına rağmen fay zonunun varlığını gösteren yersel zenginleştirme işlemleri arasında sayılabilecek eğim ve baki haritaları yanında bölgeye ait SAM'in analiz sonuçları Turhal'ın güneyinden başlayan ve Almus'a kadar devam eden bir zonun varlığına işaret etmektedir. Çakıştırılmış görüntüye ışık verilerek faya ait çizgisellikler ortaya çıkarılmıştır. (Şekil 6.1).



Şekil 6.1: Uydu Görüntüsünün SAM İle Çakıştırılıp, Işıklandırılarak, Fay Çizgiselliğinin Gösterimi

KAYNAKLAR

- Bozkurt, E., and A. Koçyigit, 1995.** Almus Fault Zone: Its age, total offset and relation to the North Anatolian Fault Zone, Turkey, *Journal of Earth Science*, 4/2, 93-104
- Bozkurt, E., and A., Koçyigit, 1996.** The Kazova basin: An active negative flower structure on the Almus Anatolian Fault Zone, a splay fault system of the North Anatolian Fault Zone, Turkey, *Tectonophysics*, 265, 239-254
- Carey, E., 1979.** Recherche des directions principales de contraintes associe'es au jeu d'une population de failles. *Revue de Géologique Dyn. Géographie Physique Paris*, 21, 57-66.
- Kavak, K.Ş., 2004.** Determination of Paleotectonic and Neotectonic Features around the Menderes Massif and the Gediz Graben (western Turkey) using Landsat TM Image, *International Journal of Remote Sensing*, 26/1, 59-78.
- Kaya, Ş., 1999.** Uydu görüntüleri ve sayısal arazi modeli kullanılarak Kuzey Anadolu Fayı Gelibolu-İşıklar Dağı kesiminin Jeomorfolojik-jeolojik özelliklerinin incelenmesi. *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tokay, M., 1973.** Kuzey Anadolu Fay zonunun Gerede ile Ilgaz arasındaki kısmında jeolojik gözlemler, *Kuzey Anadolu Fayı ve deprem kuşağı sempozyumu*, Ankara, 12-29.
- Yararlanılan İnternet siteleri ya da yazar adı olmayan kaynaklar:
- URL 1,** Sayısal Grafik İnternet Sitesi, *Depremsellik Verileri*, <http://www.sayisalgrafik.com>, 1 Ekim 2005.