



## LANSAT 8 OLİ UYDU GÖRÜNTÜLERİ VE GÖLGELİ RÖLYEF VERİLERİ İLE DOĞU ANADOLU FAY ZONU (BİNGÖL-KARLIOVA ARASI)'NUN ÇİZGİSELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

***Kemal KIRANŞAN\****

### Öz

*Çizgisellik, jeolojik yapıların ve jeomorfolojik birimlerin klimatolojik, hidrografik faktörler ve bitki özelliklerine göre belirli doğrultularda yönelmeleridir. Araştırma alanı, Doğu Anadolu Fay Zonu (Bingöl-Karlıova arası)'dur. Bu çalışmanın amacı, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile çizgiselliklerin belirlenmesi ve faylarla ilişkilerinin ortaya konulmasıdır. Veriler, 10 Haziran 2015 tarihli Landsat 8 Oli uydu görüntüleri, gölgeli rölyef, jeoloji ve topoğrafya haritaları ile literatür verileridir. Landsat 8 OLİ uydu verisine Histogram Eşitleme ve Filtreleme uygulanmış; SYM verisinden ise farklı ışıklandırma açıları ile gölgeli rölyef verileri elde edilmiştir. Bu verilerden PCI Geomatica'da çizgisellikler otomatik çıkarılmıştır. Doğruluk analizleri için faylara 200 m'lik tamponlar oluşturulmuş ve bunların içindeki çizgisellikler fay kabul edilmiştir. Çizgisellik ve drenaj veri ile yoğunluk ve yönelme analizleri yapılarak faylar ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak çizgiselliklerin faylar ile çakışma yüzdesi %36 ile %53,5; arasında değişmektedir. Yoğunluk ve yönelme analizlerinde ise sahada DAFZ dışında başka fay zonlarının varlığı görülmüştür.*

**Anahtar Kelimeler:** Landsat 8 OLI, Sayısal Yükselti Modeli, Kabartma Haritası, Doğu Anadolu Fay Zonu, Çizgisellik



## DETERMINATION OF LINEAMENTS OF EASTERN ANATOLIAN FAULT ZONE (BETWEEN BINGOL KARLIOVA) WITH LANSAT 8 OLI SATELLITE IMAGES AND HILLSHADE DATA

### **Abstract**

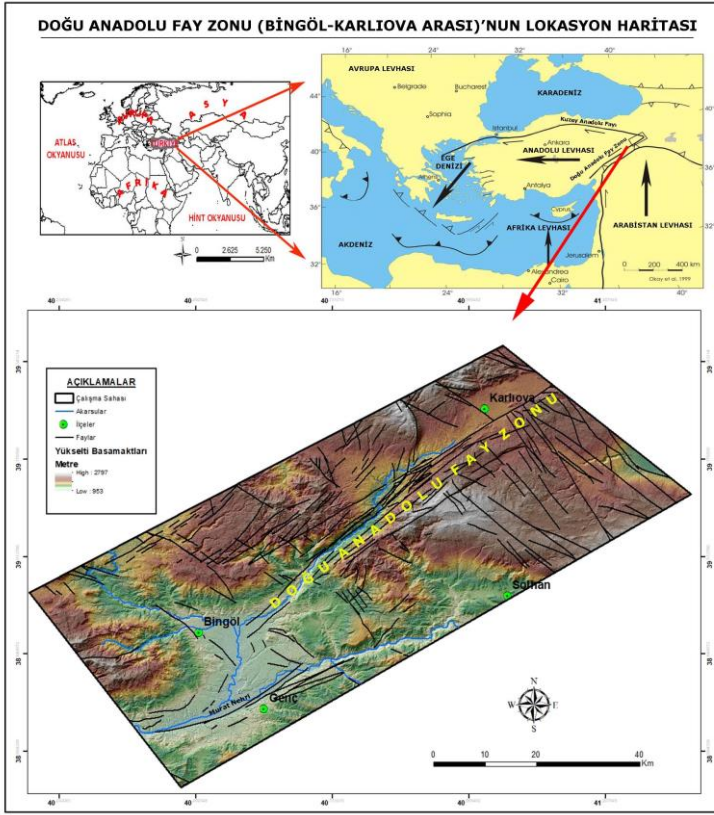
*Lineament is orientation in certain directions according to climatological, hydrographic factors and vegetation properties of geological and morphological units. The research area is the Eastern Anatolian Fault Zone. The aim is to determine lineaments with Remote Sensing and GIS and to search relations with faults. The data are Landsat 8 satellite images, shaded relief, geology, topography maps and literature. Histogram equalization and filter was applied to Landsat 8 and shaded relief was obtained with different lighting angles from SYM. Lineaments was extracted automatically from PCI Geomatica. 200 m buffers was created to faults for accuracy analysis and lineaments in the buffer was accepted as fault. Density and orientation analysis was made with lineament and drainage data and was compared with faults. As a result, the percent superposition with faults of the lineaments between 36 % and 53.5 %. Presence of other fault was observed outside DAFZ at analysis in field.*

**Keywords:** Landsat 8 OLI, Digital Elevation Model, Relief Map, East Anatolian Fault Zone, Lineament

### **1. GİRİŞ**

Çizgisellik, şekil olarak çevresindeki birimlerden kolayca ayrılabilen ve büyük ihtimalle yeraltı yapılarına karşılık gelen haritalanabilir yüzey özellikleridir (O'Leary vd., 1976). Çizgisellik, yüzeydeki jeolojik yapıların yönlenmelerinin birleşimi olarak ortaya çıkar. Vadilerin ve sırtların aynı yönde uzanması, toprak türleri, nem miktarı ya da bitki örtüsünün değişimine bağlı olarak ton değişiminin çizgisel bir görünüm alması olarak tanımlanabilir (Hung vd., 2005). Uzaktan algılama yöntemleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile çizgisellik analizi, jeoloji araştırmalarında yaygın tercih edilen bir araştırma tekniği olmak ile birlikte (Süzen ve Toprak, 1998; Sarp ve Toprak, 2007), bu analiz ile üretilen

Lansat 8 Oli Uydu Görüntüleri ve Gölge Rölöyef Verileri ile Doğu Anadolu Fay Zonu (Bingöl-Karlıova Arası)'nın Çizgiselliklerinin Belirlenmesi çizgisellikler sadece fay hatların karşılık gelmemektedir (Karaca vd., 2003). Vadiler, sırtlar gibi doğrusal unsurlar olan yapısal çizgisellikler, tabiatın ve topografyanın tarif edilmesi için önemli unsurlar içerirler (O'Leary vd., 1976). Uydu görüntülerinin yer bilimlerinde uygulanması, multidisipliner çalışmaların son zamanlarda artmasıyla hız kazanmıştır. Uydu görüntüleri, arazi çalışmalarından önce büro çalışmaları safhasında çalışılan saha ile ilgili ön bilgilerin elde edilmesi, çeşitli yorumların ve analizlerin yapılması gibi konularda önemli katkılar sağlar. Aynı zamanda arazi çalışmaları sonrasında elde edilen verilerin Uzaktan Algılama verileri ile entegre edilmesi aşamasında da uydu görüntüleri önemli roller üstlenir. Çalışma sahası, Bingöl ile Karlıova arasında uzanan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve çevresini kapsar (Şekil 1). Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) Türkiye'nin doğusunda Karlıova ile Antakya arasında KD-GB doğrultusunda uzanan sol yanal doğrultu atımlı bir fay zonudur. DAFZ, kuzeybatıda Anadolu ve güneydoğuda Arap-Afrika levhaları arasında, ortalama 30 km genişlik ve 700 km uzunluğunda, büyük bir makaslama kuşağıdır (Arpat ve Şaroğlu, 1972; Koçyiğit vd., 2003; Aksoy vd., 2007).



**Şekil 1:** Doğu Anadolu Fay Zonu ve Çevresinin Lokasyon Haritası

## 2. YÖNTEM

Bu çalışmanın temel amacı, “Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri veri ve yöntemleri ile çizgiselliklerin belirlenmesi ve bunların faylarla ilişkilerinin ortaya konulmasıdır.” Bu çalışmada uzaktan algılama verilerini, 172-33 Path-Row indeksine sahip 10 Haziran 2015 tarihli Landsat 8 OLİ TIRS uydu görüntülerinin 8. bantı oluşturur. CBS verileri, 30 m çözünürlüklü Sayısal Yükselti Modeli, sayısal akarsu, fay ve yerleşme verilerinden meydana gelir. Sayısal akarsu ve yerleşme verileri, basılı topoğrafya haritalarının ArcGIS yazılımında

Lansat 8 Oli Uydu Görüntüleri ve Gölge Rölöyef Verileri ile Doğu Anadolu Fay Zonu (Bingöl-Karlıova Arası)'nın Çizgiselliklerinin Belirlenmesi sayısallaştırılmasıyla oluşturulmuştur. Basılı jeoloji haritalarının sayısallaştırılmasıyla da sayısal fay verileri ve jeoloji haritası elde edilmiştir.

Çizgisellik analizlerinin yapılmasında otomatik yöntem kullanılmış ve çalışma birbirine paralel olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada Landsat 8 OLI uydu görüntüsünün 8. bandına histogram eşitleme yapılmıştır. Daha sonra histogram eşitlenmiş 8. bant görüntüsüne 4 yönde Kenar Sağlama Filtresi (Sobel) uygulanarak filtrelenmiş görüntüler elde edilmiş ve bu görüntüler üzerinde PCI Geomatica programında çizgisellikler oluşturulmuştur. 30 m çözünürlüklü Sayısal Yükselti Modeli verisi ile 270°, 315° ve 45° ışıklandırma açısı kullanılarak kabartı haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan kabartı haritaları ayrı ayrı kullanılarak PCI Geomatica programında çizgisellik haritaları elde edilmiştir. Landsat 8 görüntüsünden 4 yönde elde edilen çizgisellikler ArcGIS programında birleştirilerek tek çizgisellik haritasına dönüştürülmüştür. Bu çizgisellik haritasında üst üste gelen çizgiler, akarsu ve beşeri unsurlara (yol, tarla sınırı v.b) ait çizgiler silinmiştir. Ayrıca Bingöl Ovası'na karşılık gelen sahada beşeri unsurların çok fazla olması nedeniyle bu sahaya maskeleyme yapılarak buradaki çizgisellikler göz ardı edilmiştir.

İkinci aşamada çizgiselliklerin doğruluk analizleri yapılmıştır. Doğruluk analizleri için çakıştırma, yoğunluk ve yönlenme analiz teknikleri kullanılmıştır. Çakıştırma analizinde tampon bölge (buffer zone) yöntemi kullanılmıştır. Çakıştırma analizi için kaynak harita olarak kullanılan fay haritası, 1/100.000 ölçeğindeki haritalardan elde edilmiştir. 1/100.000 ölçeğindeki bir haritada 1 cm gerçekte 1000 m'ye karşılık gelmektedir. 1 mm ise 100 m'ye karşılık gelir. Kaynak haritadaki 1 mm'lik kayma hatası her zaman göz önüne alınmalıdır. Bunun için tampon bölge miktarı 100 m'den az olmamalıdır. 100 m'den çok yüksek değerde (örnek 500 ya da 1000 m) bir tampon değeri seçilmesi, çizgiselliklerin doğruluk değerini arttırabilir. Ancak bu durum, faylar ile ilişkisi olmayan

çizgiselliklerin fay olarak kabul edilmesi sonucunu doğurur. Bunun için her iki olumsuz sonuçla karşılaşmamak için bu çalışmada tampon miktarı 200 m olarak belirlenmiştir. Bunun için çalışma sahası içinde yer alan faylara 200 m'lik tampon bölgeler oluşturulmuş ve bu tampon bölgeler içine düşen çizgisellikler çakıştırılmıştır. Bu işlem sonunda faylar ile çakışan çizgisellikler fay olarak kabul edilmiştir. Ortaya çıkan istatistikler değerlendirilerek yorumlar yapılmıştır. Çizgisellik verileri kullanarak çalışma sahasının çizgisellik yoğunluğu analizleri yapılmış ve sahada yer alan başka fay zonlarının varlığı ortaya konulmuştur. Bu aşamada ayrıca oryantasyon analizleri (Gül diyagramları) yapılarak çizgiselliklerin yönelimleri ile fayların yönelimleri karşılaştırılmıştır. Yine bu aşamada çalışma sahasının drenaj ağı haritası oluşturulmuş ve bu veri kullanılarak akarsu yoğunluk analizleri ve gül diyagramları yapılmış ve çizgisellikler ile ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

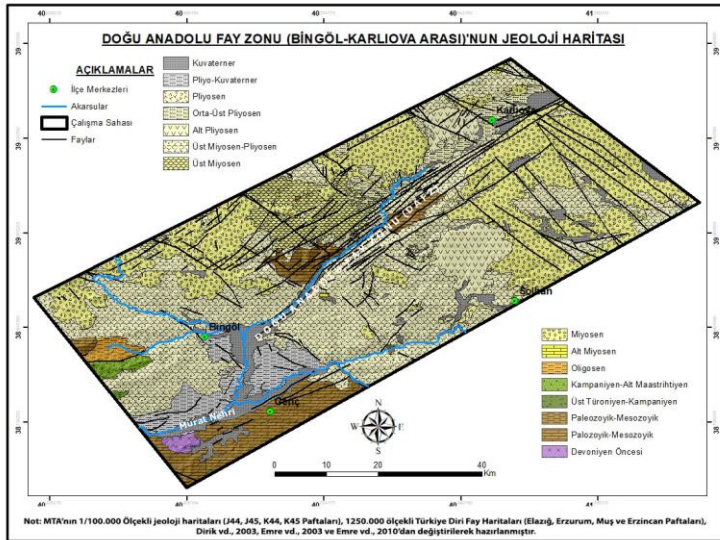
### 3. BULGULAR

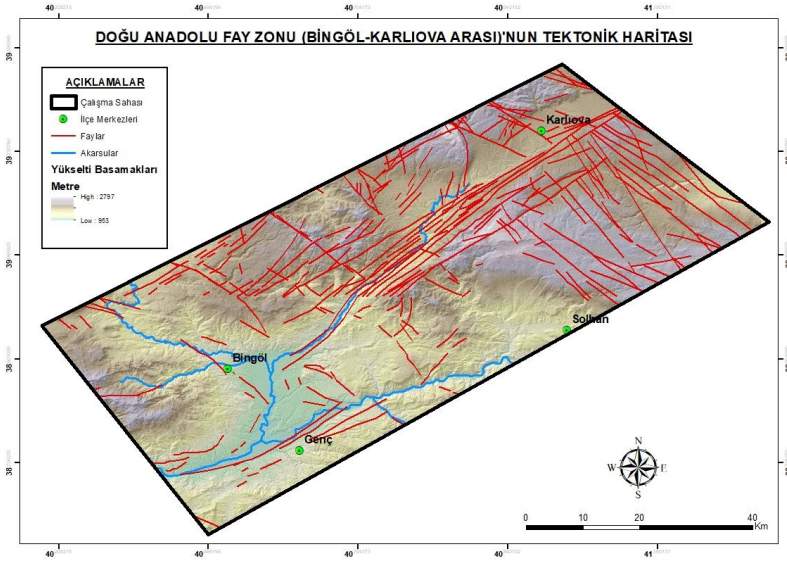
#### 3.1. Doğu Anadolu Fay Zonu ve Çevresinin Jeolojik-Jeomorfolojik Özellikleri

Çalışma sahası ve çevresinin en yaşlı kayaçlarını Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlı metamorfik kayaçlar (mikaşist, şist, gnays) meydana getirir. Bunlar özellikle sahanın güney kesimlerinde yüzeylenir (Şekil 2). Bunların üzerine tektonik dokanakla Kretase yaşlı birimler gelir ve ultrabazik kayaçlar, pelajik kireçtaşı ve kırıntılı kayaçlardan oluşur (Sümengen, 2011). Sahanın batı kesimlerinde dar bir alanda yüzeylenir. Kretase yaşlı birimler uyumsuz olarak Oligosen yaşlı denizel birimler tarafından örtülür. Bu birimler sahanın batısında dar bir alanda yüzlek verir. Bu sedimanter birimlerin üzerine uyumsuz olarak Miyosen-Pliyosen zaman aralığında çökelmiş olan volkano-sedimanter birimler gelir. Bu birimler sahada en fazla yüzeylenen birimlerdir. Tüm bu birimlerin üzerine ise Kuvaterner yaşlı alüvyonlar gelir ve ova tabanlarında geniş alanlar kaplar.

Lansat 8 Oli Uydu Görüntüleri ve Gölge Rolyef Verileri ile Doğu Anadolu Fay Zonu (Bingöl-Karlıova Arası)'nın Çizgiselliklerinin Belirlenmesi

Çalışma alanında bulunan en önemli tektonik yapı, Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) dur (Şekil 3). Doğu Anadolu Fay Zonu içerisinde kalan en önemli faylar "Göynük ve Genç Segmentleri" dir. Doğu Anadolu Fayı'nın doğuda ilk segmenti olan Göynük Segmenti, Karlıova'nın Kargapazarı Köyü'nden başlayarak güneybatıya doğru Bingöl doğusunda yer alan Sarıççek (Tarbasan) köyüne kadar yaklaşık 65 km kadar uzanmakta ve burada Bingöl-Genç çek-ayır havzasında kaybolmaktadır. DAFZ'nun bir diğer üyesi olan Genç Segmenti, ilk defa Arpat ve Şaroğlu (1972) tarafından belirlenmiştir. Genç Segmenti, yaklaşık 50 km uzunluğunda olup, Gökdere ile Söğütlü doğusu arasında uzanarak Bingöl Çek-Ayır Havzası'nı güneyinden sınırlayıp havza gelişimini kontrol etmektedir (Herece, 2008). Bingöl Havzası'nda Doğu Anadolu Fay Zonu dışında yer alan diğer sol yanal atımlı faylar, Sancak-Uzunpazar Fay Zonu, Kilisedere Fayı, Çevrîmpınar Fayı ve Karapınar Fayı'dır. Bingöl Havzası'nda bulunan bir diğer fay sistemi, KB-GD uzanımlı sağ yönlü doğrultu alımlı faylardır. Bu fayların en önemlileri, Sudüğünü Fay Zonu ve Karakoçan-Bingöl Fay Zonu'dur.



**Şekil 2:** Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Jeoloji Haritası**Şekil 3:** Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Tektonik Haritası

Çalışma alanında yer alan başlıca jeomorfolojik birimler, yüksek dağlık alanlar, platolar, ovalar, boğazlar, heyelanlar, vadi tabanları, birikinti koni ve yelpazeleridir. Çalışma sahasında yer alan en yüksek dağlık kütle Akçakara Dağı'dır. Sahanın güney tarafında KD-GB yönünde uzanır ve 2940 m yükseltiyeye sahiptir. Çalışma sahasının batısında nispeten daha genç yaşta olan Karaömer Dağı (2373 m) ve Gerindol Dağı (2488 m) bulunur. Sahanın kuzeyinde ise 1800-2000 yükseltilerinde uzanan Karir Dağı yer alır. Sahanın doğu kesiminde Şerafettin Dağları, Karlıova Düzlüğü ve Şeytan Dağları'nın doğu kesimleri bulunur.

Çalışma sahasında yer alan bir diğer jeomorfolojik birim ovalardır. Sahada yer alan en önemli ova, Bingöl Ovası'dır. Bingöl Ovası, Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde yer alan ve Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda uzanan tektonik



Lansat 8 Oli Uydu Görüntüleri ve Gölge Rölöyef Verileri ile Doğu Anadolu Fay Zonu (Bingöl-Karlıova Arası)'nın Çizgiselliklerinin Belirlenmesi denetimli bir ovadır. Ovanın uzunluğu 26 km, genişliği ise ortalama 16 km civarındadır. Kuzeyden güneye doğru eğimli bulunan ova, güney ve batıdan tektonik hatlarla sınırlandırılmıştır. Bingöl Ovası, büyük bir ihtimalle Orta Pliyosen sonlarında DAF boyunca belirmiş dar ve derin hendek biçimindeki morfolojinin, Üst Pliyosen sonlarında meydana gelen tektonik hareketlerle değişikliğe uğraması sonucu ortaya çıkmıştır (Tonbul, 1990). Çalışma sahasında yer olan bir diğer jeomorfolojik birim Karlıova Havzası'dır. Havza, Doğu Toroslar'ın doğu bölümünde yer almakta olup, Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Doğu Anadolu Fayı (DAF) ve Varto Fayı'nın kesiştiği bir alana karşılık gelmektedir. Bu yapı Karlıova üçlü eklemi (triple-junction) olarak adlandırılmaktadır. Havzanın oluşum ve gelişimi bu fayların denetiminde olmuştur. Havza Doğu Anadolu Fayı'nın uzanışına bağlı olarak KD-GB yönlü bir uzanımına sahiptir. Tektonik olarak çok önemli bir yerde olan Karlıova Havzası kuzeyde Karagöl, Şeytan ve Bingöl dağları, güneyde Şerafettin Dağları, batıda Turna Dağı ile sınırlandırılmıştır. Yakın çevresi ile düşünüldüğünde Karlıova Havzası morfolojik anlamda tam bir havzaya karşılık gelmektedir. Kuzeyden çevreleyen dağlık saha ile havza tabanı arasında yükselti farkı 500 m'den fazladır. Yükselti farkının fazla oluşu havzayı kateden faylar nedeniyle meydana gelen alçalma ve yükselmelere bağlıdır (Avcı, 2014).

Bingöl Havzası'nda çeşitli seviyelerde bulunan sekiler önemli bir alan kaplamaktadır. Pleyistosen başlarından itibaren Bingöl Havzası'nın boşaltılmaya başlamasıyla, bugünkü ova yüzeyinin yaklaşık yarısına karşılık gelen geniş seki sistemleri gelişmiştir. Bu sekilerin bazıları oluşumlarından sonraki genç tektonik hareketlerle deformasyona uğramış olup başlıca dört seviye halinde görülürler. Sahada bulunan bir diğer önemli jeomorfolojik birim, eski birikinti yelpazeleri ve sekileridir. Bu birimler, En alt Pleyistosen yüzeylerine yamanmış olarak özellikle Bingöl Ovası'nın batısındaki dağlık alan önünde gelişmişlerdir. Çalışma sahasında boğazlar, sahanın batısında ve doğusunda Murat Nehri tarafından oluşturulmuş

olup, havzaları birbirine bağlayan yarma vadiler şeklindedir (Tonbul, 1990). Çalışma sahasında heyelanlar, Bingöl Havzası'nın güneybatısı ile kuzeydoğusu arasında geniş alanlar kaplar. Buralarda yer alan heyelanlar, litolojik (volkano-sedimanter kayaçlar) ve tektonik yapı (sol ve sağ yanal atımlı faylar) ya bağlı olarak gelişmişlerdir. (Avcı ve Sunkar, 2018).

### 3.2. Çizgisellik Analizleri

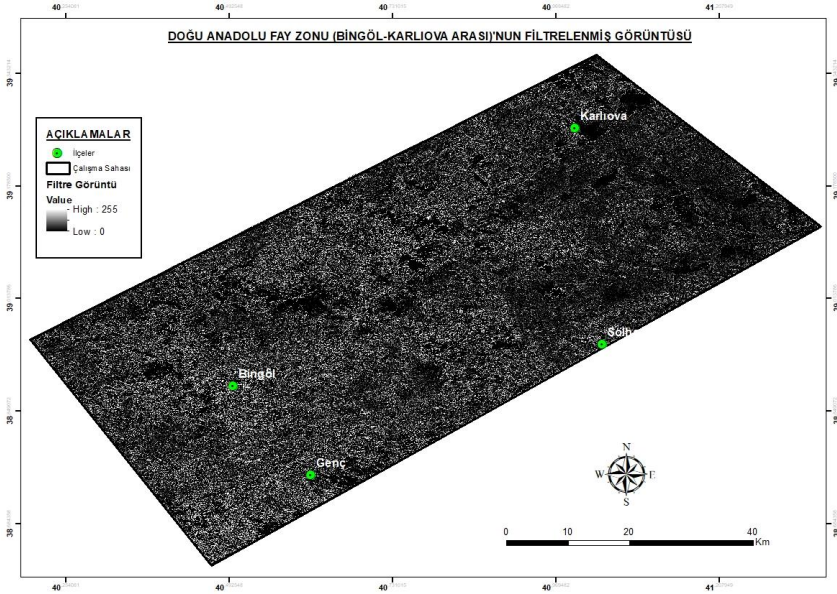
Landsat 8 OLİ görüntüsünün 8. bandı kullanılarak çizgisellik belirlenmesi çalışmasından önce görüntüye histogram eşitleme uygulanmış ve daha sonra bu görüntü üzerinde çizgisel yapıları belirginleştirebilmek amacıyla Kenar Sağlama Filtrelerinden Sobel Filtresi uygulanmıştır. Filtreleme analizi, görüntü üzerinde bulunan belirli objelerin belirginleştirilmesi ya da bastırılması amacıyla kullanılan bir görüntü işleme yöntemidir. Kenar Sağlama Filtresi linear, çizgisellik özelliği bulunan coğrafi objelerin (akarsular, yollar, faylar vb.) belirginleştirilmesi için uygulanır (Lillesand ve Keifer, 1999; Jensen, 1996). Sobel filtresi, (Tablo 1) çalışma sahasına ait 8. band uygu görüntüsü üzerine çizgiselliklerin belirginleştirilmesi amacıyla uygulanmış ve 4 yöndeki çizgisellikler ön plana çıkarılmıştır (Şekil 4).

**Tablo 1: Sobel Filtresi**

SOBEL	K-G (Vertical Edge Detect)	KD-GB (Right Diagonal Edge)	D-B (Horizontal Edge Detect)	KB-GD (Left Diagonal Edge)
	-1 0 1	-2 -1 0	-1 -2 -1	0 1 2
	-2 0 2	-1 0 1	0 0 0	-1 0 1
	-1 0 1	0 1 2	1 2 1	-2 -1 0

Filtrelenmiş görüntülerden belirginleşmiş çizgiselliklerin ortaya çıkarılması için PCI Geomatica yazılımında yer alan Line Extraction modülü kullanılmıştır.

Lansat 8 Olu Uydı Görüntüleri ve Gölge Rölüf Verileri ile Doğu Anadolu Fay Zonu (Bingöl-Karlıova Arası)'nın Çizgiselliklerinin Belirlenmesi Geomatica yazılımının kullanılmasının nedeni, LINE modülü ile özelleştirilmiş bir algoritma ile otomatik çizgisellik yapmasıdır. Bu algoritma ile bölgelere uygun parametreler seçilip çizgisellik çıkarıldığında, manuel yöntemler ile saptanmış çizgisellikler ile karşılaştırılırsa, algoritmanın yüksek doğrulukta sonuçlar verdiği ortaya konulmaktadır (Hung vd., 2005).



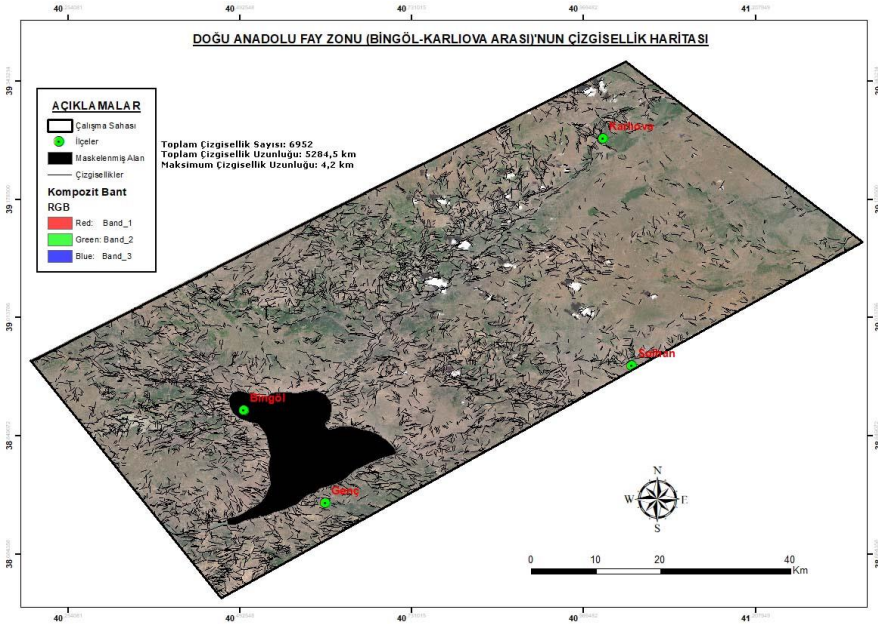
Şekil 4: Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Doğu-Batı yönünde Filtrelenmiş Görüntüsü

Bu çalışmada göz önüne alınan parametre değerleri, Tablo 2'de verilmiştir. PCI Geomatica yazılımında dört farklı yönde çizgisellikler çıkarılmış ve çizgisellikler ArcGIS programına aktarılmıştır. ArcGIS programında dört farklı yönde elde edilmiş çizgisellikler birleştirilerek tek çizgisellik haritası elde edilmiştir. Bu çizgisellik haritası üzerinde üst üste gelen çizgiler, akarsu ve beşeri unsurlara (yol, tarla sınırı v.b) ait çizgiler silinerek nihai çizgisellik haritası oluşturulmuştur. Ayrıca Bingöl Ovası'na karşılık gelen sahada beşeri unsurların çok fazla olması nedeniyle bu sahaya maskeleme yapılarak buradaki çizgisellikler göz ardı

edilmiştir. Çizgisellik haritasında toplam çizgi sayısı 6952, toplam çizgisellik uzunluğu ise 5284,5 km ve en uzun çizgisellik ise 4,2 km uzunluğundadır (Şekil 5).

**Tablo 2: Landsat 8 OLI Verisinde Çizgisellik İçin Kullanılan Parametre Değerleri**

PARAMETRELER	DEĞERLER
RADI (Filter radius):	10
GTHR (Gradient threshold)	100
LTHR (Length threshold)	30
FTHR (Line fitting error threshold)	3
ATHR (Angular difference threshold)	10
DTHR (Linking distance threshold)	40



**Şekil 5: Landsat 8 Uydu Görüntüsünden Elde Edilen Çizgisellik Haritası**

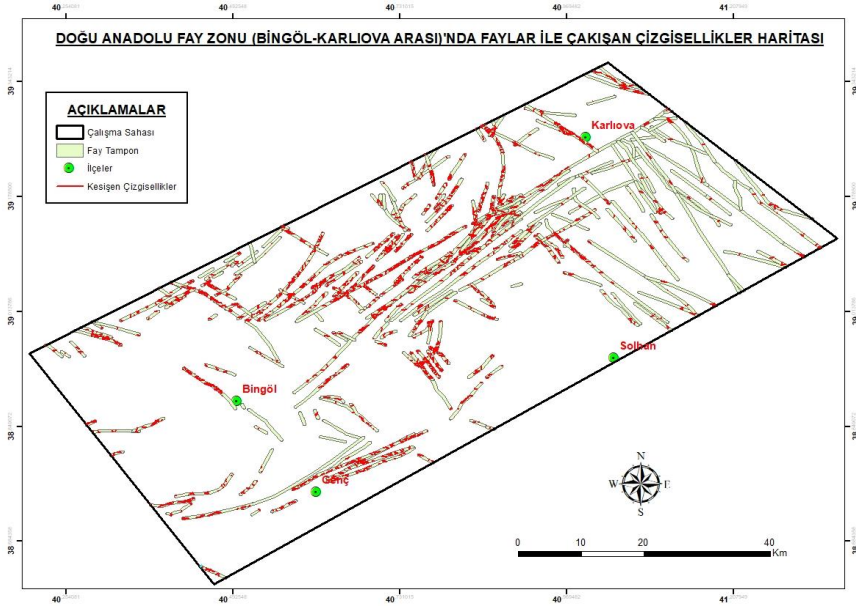
Lansat 8 Oli Uydu Görüntüleri ve Gölge Rolyef Verileri ile Doğu Anadolu Fay Zonu (Bingöl-Karlıova Arası)'nın Çizgiselliklerinin Belirlenmesi Hillshade (kabartma) haritaları, arazinin değişik ışıklandırma açıları altında parlak ve gölge alanlar şeklinde gösterimidir (Meijninger, 2001). Arazideki yapısal unsurların yönelimleri öncelikli olmakla birlikte, 225°, 270°, 315° ve 45° ışıklandırma açılarının özellikle tektonik amaçlı çalışmalarda iyi sonuçlar verdiği literatürde belirtilmektedir (Meijninger, 2001; Schowengerdt and Glass, 1983; Dhont vd., 1998; Chorowicz vd., 1999). Bu çalışmada 30 m çözünürlüklü Sayısal Yükselti Modeli verisi ile 270°, 315° ve 45° ışıklandırma açısı kullanılarak kabartma haritaları oluşturulmuştur. Kabartma haritalarından uygun parametre değerleri (Tablo 3) ve Line Extraction modülü kullanılarak çalışma sahasının çizgisellikleri tespit edilmiş ve ArcGIS yazılımına aktarılmıştır. Bu çizgisellik haritası üzerinde üst üste gelen çizgiler, akarsu ve beşeri unsurlara (yol, tarla sınırı v.b) ait çizgiler silinerek nihai haritalar elde edilmiştir (Şekil 6). 3 farklı ışıklandırma açısı ile oluşturulan gölge rolyeften elde edilen çizgiselliklerin istatistiksel verileri tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 3: Gölge Rolyef (Kabartma-Hillshade) Verisinde Çizgisellik İçin Kullanılan Parametre Değerleri**

PARAMETRELER	DEĞERLER
RADI (Filter radius):	12
GTHR (Gradient threshold)	90
LTHR (Length threshold)	30
FTHR (Line fitting error threshold)	10
ATHR (Angular differenc )	30
DTHR (Linking distance threshold)	20



Lansat 8 Oli Uydu Görüntüleri ve Gölge Rölöyef Verileri ile Doğu Anadolu Fay Zonu (Bingöl-Karlıova Arası)'nın Çizgiselliklerinin Belirlenmesi ise % 41'dir. Doğruluk analizlerinde genelde düşük değerlerin ortaya çıkmasının temel nedenleri, fay haritalarının bir bütün olmayıp farklı kişiler tarafından farklı zamanlarda ve farklı amaçlar için yapılmış olması ve çalışma sahasında var olan yoğun bitki örtüsü ve zorlu arazi şartları nedeniyle haritalanmamış başka fayların var olmasıdır.



**Şekil 7:** Landsat 8 OLI verisinden Elde Edilen Çizgiselliklerin Faylar İle Çakıştırılması

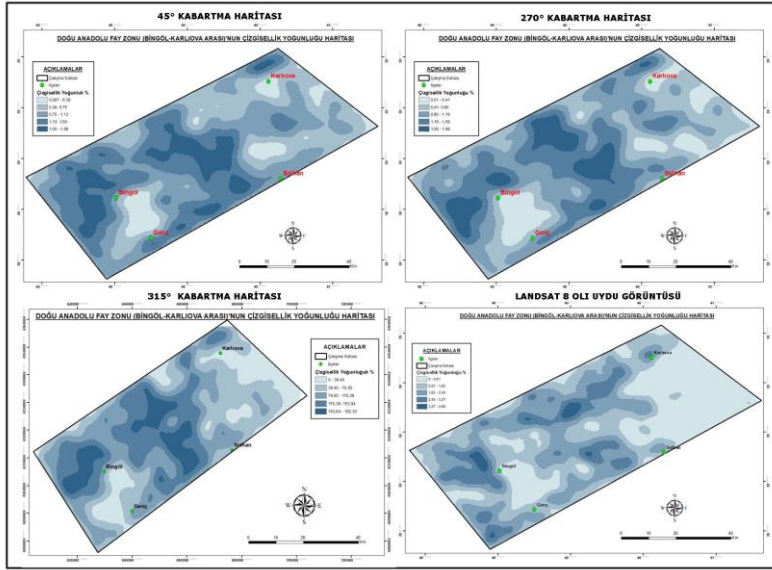
**Tablo 4: Landsat 8 ve Gölge Rolyeften Elde Edilen Çizgiselliklerin Doğruluk Analizi**

	<b>Landsat 8</b>	<b>315°</b>	<b>270°</b>	<b>45°</b>	<b>Drenaj Ağı</b>
	<b>Verisi</b>	<b>Kabartma</b>	<b>Kabartma</b>	<b>Kabartma</b>	<b>Verisi</b>
Toplam çizgisellik Uz.	5284,5 km	3461,3 km	3951,8 km	3952,5 km	4584,3 km
Toplam fay Uzunluğu	1896,3 km				
Çakışan çizgisellik uzunluğu	1015,5 km	698,3 km	774,5 km	778,1 km	1016,2 km
Çakışan çizgisellik yüzdesi	% 53,5	% 36,8	% 40,8	% 41	% 53,5

Bu çalışmada her iki veri kullanılarak üretilmiş olan çizgisellik haritalarından çizgisellik yoğunluk analizleri yapılmıştır. Bu yoğunluk haritaları karşılaştırmalı olarak incelendiğinden ilginç sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Genel olarak kabartma verisinden elde edilen yoğunluk haritaları birbirine benzer özellikler gösterir. Bu yoğunluk haritalarında DAFZ belirgin olmakla birlikte bunun dışında başka fay zonlarının varlığı dikkat çeker. Bunlardan biri sahanın orta kesimlerinde KB-GD doğrultusunda uzanır. İkincisi, sahanın batısında kabaca K-G doğrultusunda uzanır. Üçüncüsü ise sahanın güney kesimlerinde DAFZ'na paralel uzanan fay zonedir. Landsat 8 OLI yoğunluk haritasına haritasına bakıldığında sahada birkaç tane fay zonu bulunur. KD-GB doğrultulu DAFZ bölgede en iyi bilinen fay zonedir. Haritada DAFZ dışında başka fay zonlarının da var olduğu görülmektedir. Bunlardan biri sahanın batısında KB-GD



Lansat 8 Oli Uydu Görüntüleri ve Gölgeyi Rölyef Verileri ile Doğu Anadolu Fay Zonu (Bingöl-Karlıova Arası)'nın Çizgiselliklerinin Belirlenmesi doğrultusunda uzanmaktadır. Sahanın orta ve güney kesimlerinde DAFZ'na paralel iki fay zonu daha bulunur. (Şekil 8).

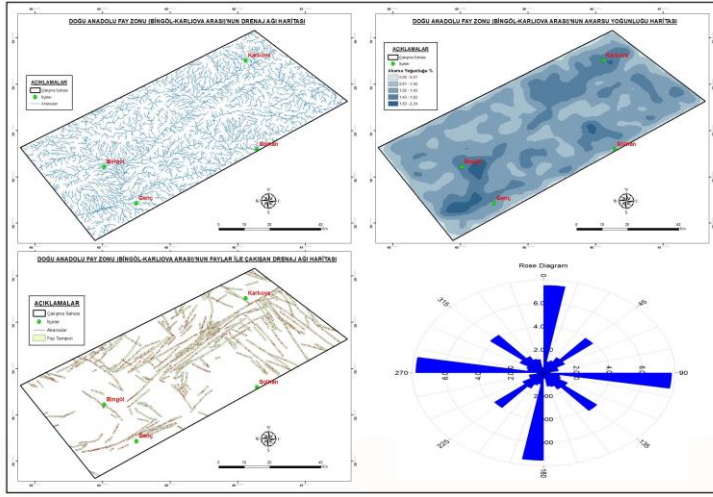


**Şekil 8:** Çizgisellik Verilerinden Oluşturulan Yoğunluk Haritaları

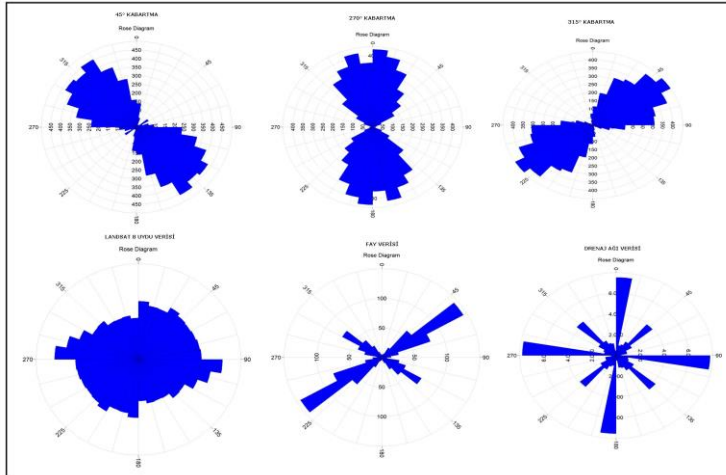
Yeryüzünün makro yer şekilleri ve geniş bölgelerde yer şekillerinin ana çizgileri genellikle tektonik bir kuruluşa sahiptir (Erinç, 2010). Büyük vadi sistemleri ve akarsular çoğunlukla faylar tarafından oluşturulan çöküntü alanlarında yer alırlar. Çizgiselliklerin doğruluk analizlerinde kullanılan bir diğer veri seti de drenaj ağı verileridir. Drenaj ağı verileri, bir bölgede topoğrafya ve morfolojinin genel karakterini ortaya koymak ve aynı zamanda bölgenin geometrisi üzerinde fayların etkisini göstermede çok önemli katkılar sağlar (Süzen ve Toprak, 1998). Bu çerçevede sahanın drenaj ağı haritası oluşturulmuştur. Bu veri kullanılarak akarsu yoğunluk analizleri, gül diyagramları oluşturulmuş ve çizgisellikler ile ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Akarsu yoğunluğu haritasında akarsular özellikle DAFZ içerisinde yoğunlaşmıştır. Akarsuların gül diyagramlarında baskın

yönler K-KD ve G-GB doğrultuları ile yaklaşık D-B doğrultularıdır. Bu doğrultular, sahada DAFZ dışında başka fay zonlarının varlığına işaret etmektedir. Bu yönler aynı zamanda Landsat 8 gül diyagramı ile uyumludur. Drenaj ağı verisi faylar ile karşılaştırıldığında çakışan toplam uzunluk 1016,2 km ve çakışan yüzdeler ise %53,5'tir (Şekil 9).

Çizgisellik oryantasyon analizleri, literatürde çizgisellikle ilişkili olan araştırmalarda genellikle rose (gül) diyagramları ile analiz edilmektedir. Bu çalışmada ise çizgiselliklerin baskın yönlenmelerini ortaya koymak amacıyla yönlenme (oryantasyon-gül diyagramları) analizleri yapılmıştır (Şekil 10). Tüm veriler kullanılarak gerçekleştirilen gül diyagramlarına bakıldığında farklı ışıklandırma açıları ile oluşturulan kabartma verilerinin gül diyagramları birbirinden farklı özellikler gösterir. 315° kabartma gül diyagramı fay verisi ile tamamen uyumlu görülürken, 270° ve 45° kabartma verileri ise sahada kabaca K-G doğrultulu ve KB-GD doğrultulu başka fay zonlarının varlığını ortaya koyar. Landsat 8 verisine ait gül diyagramında DAFZ yer almakla birlikte bunun dışında K-G ve kabaca D-B doğrultusunda uzanan başka fay zonlarının varlığı görülmektedir. Drenaj ağı verisine ait gül diyagramında ise baskın yönler, Landsat 8 verisi ile uyumlu görülmektedir.



Şekil 9: Akarsu Verisinden Oluşturulan Çeşitli Haritalar ve Gül (rose) Diyagramı



Şekil 10: Çizgisellik Verilerinden Oluşturulmuş Karşılaştırmalı Gül (rose) Diyagramları

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Uzaktan Algılama-Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) veri ve yöntemleri, arazi çalışmaları öncesi ve sonrasında çalışılan saha ile ilgili ön bilgilerin elde edilmesi, çeşitli yorumların ve analizlerin yapılması gibi konularda önemli katkılar sağlar. Doğu Anadolu Fay Zonu ve çevresi, Türkiye'nin önemli aktif tektonik sahalarından biridir. Bununla birlikte literatürde DAFZ çevresinde yer alan fayların tümüyle haritalanmadığı görülmektedir. Çizgisellik analizleri sonucunda Landsat 8 OLI uydu görüntüsü üzerinde toplam 5284,5 km çizgisellik uzunluğu; 315° kabartma verisinden 3461,3 km, 270° kabartma verisinden 3951,8 km ve 45° kabartma verisinden ise 3952,5 km çizgisellik uzunluğu tespit edilmiştir. Drenaj ağı haritasında ise 4584,3 km akarsu uzunluğu elde edilmiştir. Fay haritasında toplam fay uzunluğu 1896,3 km'dir. Doğruluk analizlerinde faylara 200 m'lik tamponlar atıldığında faylar ile Landsat 8 OLI'den elde edilen çizgiselliklerin çakışma yüzdesi %53,5 olarak bulunmuştur. Kabartma (gölgeli rölyef) verisinden elde edilen çizgiselliklerin faylar ile çakışma yüzdesi ise %36 ile %41 arasında değişmektedir. Drenaj ağının faylar ile çakışma yüzdesi ise %53,5'tir. Doğruluk analizlerinde genelde düşük değerlerin ortaya çıkmasının temel nedenleri, fay haritalarının bir bütün olmayıp farklı kişiler tarafından farklı zamanlarda ve farklı amaçlar için yapılmış olması ve çalışma sahasında var olan yoğun bitki örtüsü ve zorlu arazi şartları nedeniyle haritalanmamış başka fayların var olmasıdır.

Genel olarak kabartma verileri, Landsat 8 uydu verisi ve drenaj ağı verilerinden elde edilen yoğunluk haritaları birbirine benzer özellikler gösterir. Bu yoğunluk haritalarında DAFZ belirgin olmakla birlikte bunun dışında başka fay zonlarının varlığı görülmüştür. Tüm veriler kullanılarak oluşturulan oryantasyon analizlerinde DAFZ sahada belirgin olmakla birlikte bu zonun dışında DAFZ'na

Lansat 8 Oli Uydu Görüntüleri ve Gölge Rolyef Verileri ile Doğu Anadolu Fay Zonu (Bingöl-Karlıova Arası)'nın Çizgiselliklerinin Belirlenmesi ters yönlerde uzanan başka fay zonlarının varlığı ortaya konulmuştur. Literatürde DAFZ iyi bir şekilde tanımlanmış ve çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Ancak çalışma sahasında DAFZ dışında yer alan diğer fay zonları ile ilgili literatürde çok az çalışma bulunmaktadır. Bu yüzden bu çalışmada üretilmiş olan haritalarda tespit edilen yeni fay zonları, başka yeni araştırmalarda arazi çalışmaları, jeolojik, jeomorfolojik ve hidrografik verilerle yerinde denetlenerek yeniden haritalandırılmalıdır.

**KAYNAKÇA**

ArcGIS Spatial Analysis, (2014).

Aksoy, E. İnceöz, M., Koçyiğit, A. (2007). "Lake Hazar Basin: A Negative Flower Structure on the East Anatolian Fault System (EAFS) SE Turkey." Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 319-338.

Arpat, E., Şaroğlu, F. (1972). "Doğu Anadolu Fayı ile İlgili Gözlemler ve Düşünceler." Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, 78, 44-50.

Avcı, V. (2014). *Karlıova Havzası ve Çevresinin (Bingöl) Genel ve Uygulamalı Jeomorfolojisi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ.

Avcı, V., Sunkar, M., (2018). "Palu (Elazığ) - Bingöl arasında Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde görülen heyelanların litolojik birimler ve fay hatlarıyla ilişkisi." MTA Dergisi, 157: 23-38

Chorowicz, J. Dhont, D. and Gündoğdu, N. (1999). "Neotectonics in the eastern North Anatolian fault region (Turkey) advocates crustal extension: mapping from SAR ERS imagery and Digital Elevation Model", Journal of Structural Geology, 21, 511-532.

Dhont, D. Chorowicz, J., Yürür, T. and Köse, O. (1998). "Polyphased block tectonics along the North Anatolian Fault in the Tosya basin area (Turkey)." Tectonophysics, 299, 213-227.

Erinç, S. (2010). *Jeomorfoloji I*. Der Yayınları, İstanbul.

Herece, E. (2008). *Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası*. MTA Özel Yayın Serisi-13

Hung, L.Q. Batelaan, O. and De Smedt, F. (2005). "Lineament extraction and analysis, comparison of Landsat ETM and Aster imagery. Case study: Suoimuoi tropical karst catchment. Vietnam." *Proc. of SPIE* Vol. 5983, 59830T, 1-12.

Jensen, J. R. (1996). *Introductory Digital Image Processing*. Prentice Hall Series in Geographic Information Science, New Jersey. 316 pages.

- Lansat 8 Oli Uydu Görüntüleri ve Gölge Rolyef Verileri ile Doğu Anadolu Fay Zonu (Bingöl-Karlıova Arası)'nın Çizgiselliklerinin Belirlenmesi  
 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
- Koçyiğit, A., Aksoy, E., İnceöz, M. (2003), "Basic Neotectonic Characteristics of the Sivrice Fault Zone in the Sivrice-Palu area, East Anatolian Fault System (EAFS)", Turkey. Excursion Guide Book, International Workshop on the North Anatolian, East Anatolian and Dead Sea Fault Systems: Recent Progress in Tectonics and Palaeoseismology, 31 August to 12 September 2003, METU (Ankara, Turkey).
- Lillesand, T.M. and Keifer, R.W. (1999). *Remote Sensing and Image Interpretation*. 4th Edition.
- Meijninger, B.M.L. (2001). *Geographic information systems analysis of north western Greece: A tectonic investigation of north-western Greece by means of remote sensing analysis and digital terrain analysis*, Msc. Thesis, Utrecht University, Faculty Of Earth Sciences , Department of Geology & ITC International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. 45p.
- O'Leary, D. W. Friedman, J. D. Pohn, H. A. (1976). "Lineament, linear, lineation: Some proposed new standards for old terms." Geological Society America Bulletin, Vol.87, 1463-1469.
- Özdemir, M. A. ve İnceöz, M., (2003). "Doğu Anadolu Fay Zonunda (Karlıova-Türkoğlu ara-sında) Akarsu Ötelenmelerinin Tektonik Verilerle Karşılaştırılması." Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi,C: 5, S: 1, s: 89-114, Afyon.
- Sarp, G., Toprak, V. (2007), "Otomatik Olmayan Yöntemler Kullanılarak Landsat ETM Uydu Görüntüsünden Çizgisellik Belirlenmesi", TMMOB Harita ve

Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim–02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.

Schowengert, R.A. and Glass, C.E., (1983). "Digitally processed topographic data for regional tectonic evaluations." Geological Society of America Bulletin, 94, 549-556.

Suzen, M.L., and Toprak, V. (1998). "Filtering of satellite images in geological lineament analyses: An application to a fault zone in Central Turkey." International Journal Remote Sensing, 1101–1114.

Sümengen, M. (2011). 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları (K45 paftası), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Tonbul, S., (1990). "Bingöl Ovası ve Çevresinin Jeomorfolojisi ve Gelişimi." Atatürk D.T. Coğ. Y. K. Coğrafya Araştırmaları, Sayı: 2, Ankara.



## EXTENDED ABSTRACT

### Introduction

Lineament is formally mappable surface properties that correspond to underground structures probably and that distinguish easily from the surrounding structures. Application of satellite images in earth sciences accelerated recently increasing of multidisciplinary studies. The study area covers the Eastern Anatolian Fault Zone (EAFZ) extending between Bingöl and Karlıova. East Anatolian Fault Zone (EAFZ) is left lateral strike slip fault zone extending in NE-SW direction between Karlıova-Antakya in Turkey's east. EAFZ is a large shear belt between Anatolia in northwest and Arab-African plates in the southeast, approximately 30 km wide and 700 km long.

### Method

The remote sensing data used in this study is the 8th Band of Landsat 8 satellite images 1 August 2002. GIS data consist 30 m resolution Digital Elevation Model, digital stream, fault and settlement data. The study was conducted in two stages First stage, Histogram equalization and filter was applied to Landsat 8. Hillshade maps was created with 30 m resolution Digital Elevation Model data using the 270°, 315° and 45° lighting angle. Lineaments automatically obtained in the PCI Geomatica program. All the lineaments were combined in the ArcGIS program and transformed into a single linearity map. In this lineament map, overlapping lines, streams and lines of human elements (road, field boundary, etc.) were deleted. Lineaments was ignored with masking because of much human elements in the Bingöl Plain. Second stage, accuracy analysis was made. 200 m buffer zones was created according to faults. Lineaments that exist into buffer zones was superposed. Lineaments coinciding with faults was accepted as fault. Results was evaluated as statistics. Lineament density analysis was made using lineaments data and other fault zones that existed in the field was indicated. Being made orientation analysis (Rose diagrams), orientations of lineaments was compared with faults orientations. Also, drainage network map of the study field was created at this stage. Stream density analyzes and rose diagrams was made using this data and relations with lineaments was determined.

### Findings (Results)

Paleozoic-Quaternary rocks are found in the study area. These rocks are incompatible with each other. The most important tectonic structure in the area is the Eastern Anatolian Fault Zone. There are also other fault zones that

cut the DAFZ by right angles. The main geomorphological units in the study area are high mountainous areas, plateaus, plains, canyon valley, and aluvial fans. At result of the analysis length of lineaments that obtained from Landsat 8 data are 5284,5 km. Count of lineaments are 6952. A total of lineaments length are 3461.3 km in 315 ° shaded relief data, 3951.8 km in 270 ° shaded relief data and 3952.5 km in 45 ° shaded relief data. At accuracy analysis, total length of lineaments of Landsat 8 coinciding with faults are 1015.5 km. The percentage is 53.5%. Total length of lineaments of 315° relief coinciding with faults are 698.3 km. The percentage is 36.8 %. Total length of lineaments of 270° relief coinciding with faults are 774.5 km. The percentage is 40.8 %. Total length of lineaments of 45° relief coinciding with faults are 778.7 km. The percentage is 41 %. Lineament density analysis was made with lineament data. When density maps compared, interesting results emerge. Density maps obtained from relief data show similar characteristics. Although DAFZ is prominent in these density maps, the presence of other fault zones is noteworthy. Landsat 8 OLI density map has several fault zones. Relief rose diagrams are different from each other. While the 315 ° relief rose diagram is fully compatible with the fault data, the relief data of 270 ° and 45 ° reveals the presence of other fault zones in the K-G direction and NW-SE direction. Although the rose diagram of the Landsat 8 data includes DAFZ, there are roughly other fault zones extending along K-G and D-B directions. The dominant directions in the rose diagram of the drainage network data are consistent with the Landsat 8 data.

### **Conclusion and Discussion**

Remote Sensing-Geographical Information Systems (GIS) data and methods contribute to related field that studied before and after field work matters such as beign obtained preliminary information, being made various interpretations and analyzes. East Anatolian Fault Zone and the environment is one of Turkey's most important active tectonic area. The superposition percentage of Landsat 8 OLI lineaments is 53.5%. The percent superposition of the hillshade lineaments with the faults varies between 36% and 41%. The percent superposition of the drainage network lineaments are % 53.5. Density maps obtained from relief data, Landsat 8 satellite data and drainage network data show similar characteristics. Although DAFZ is prominent in these density maps, there are also other fault zones. Although DAFZ is evident in orientation analysis, there are other fault zones extending in opposite directions to DAFZ. In the literature, DAFZ is well defined and numerous studies have been conducted. However, there are no studies in the literature regarding other fault zones in the field. So, in this study new fault zones detected in the produced maps were researched being checked with other surveys and field studies, geological, geomorphological and hydrographic data.