

**UYDU GÖRÜNTÜLERİ VE SAYISAL ARAZİ MODELİ KULLANILARAK
KUZEY ANADOLU FAYI GELİBOLU-İŞIKLAR DAĞI KESİMİNİN
JEOMORFOLOJİK-JEOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

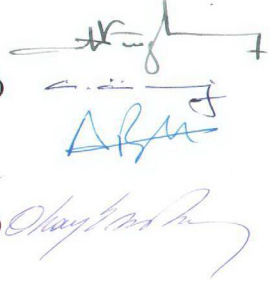
DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Şinasi KAYA
(501930028012)

100730

100730

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 03 Mayıs 1999
Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Temmuz 1999

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Oğuz MÜFTÜOĞLU
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Cankut ÖRMECİ (İTÜ)
Prof. Dr. Aykut BARKA (İTÜ)
Prof. Dr. Oğuz EROL
Prof. Dr. Okay EROSKAY (KÜ)



ÖNSÖZ

Bu çalışmada, Uydu görüntüleri ve Sayısal Arazi Modeli kullanılarak Kuzey Anadolu Fayı Gelibolu-Işıklar dağı kesiminin Jeomorfolojik –Jeolojik özellikleri incelenmiştir. Yeni teknolojiler kullanılarak geniş uygulama olanağı bulabilecek bu çalışmayı öneren, yönlendiren ve çalışma ortamı sağlayan danışman hocam sayın Prof. Dr. Oğuz MÜFTÜOĞLU' na çok teşekkür ederim. Bilgi ve birikimi ile bu teze yön veren, uzaktan algılama verileri ile jeomorfolojik ve jeolojik özelliklerin değerlendirilmesini benle zaman sınırı tanımadan tartışan ve her zaman desteğini gördüğüm sayın hocam Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü öğretim üyesi Prof. Dr. Aykut BARKA'ya minnettarım. Jeomorfolojik değerlendirmede yardımcı olan sayın hocam Prof. Dr. Oğuz EROL'a, çalışmalarımıza daima destek olan Uzaktan Algılama Anabilim Dalı başkanı Prof. Dr. Cankut ÖRMECİ'ye çok teşekkür ederim. Doktora çalışmamı destekleyen Türkiye Deprem Vakfı'na ve vakıf başkanı Prof.Dr. Rifat YARAR'a, Auto CAD Map yazılımını sağlayan Kent Bilgi Sistemleri A.Ş.'ye teşekkür ederim.

Çalışmanın uzaktan algılama bölümünde bir çok problemi tartıştığımız çalışmamın arkadaşım Yük. Müh. Nebiye MUSAOĞLU'na, yardımlarından dolayı Doç. Dr. Dursun Z. Şeker, Yük. Müh. Cem GAZİOĞLU ve diğer çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Eğitimim boyunca maddi manevi her zaman bana destek olan babam Kadir KAYA'ya, annem Hacer KAYA'ya, kardeşlerim Nedai, Recai, Hülya, Kadir'e, fedakarlıklarına minnettar olduğum eşim Yük. Mimar Nuran KAYA ve kızım İrem Naz KAYA'ya sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
KISALTMALAR.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
SEMBOL LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xiii
1. GİRİŞ VE AMAC.....	1
2. UZAKTAN ALGILAMANIN TEMEL PRENSİPLERİ.....	3
2.1 Spektral Işınım.....	3
2.2 Elektromanyetik Spektrum.....	4
2.3 Elektromanyetik Enerjinin Etkileşimi ve Spektral Özellikler.....	4
2.4 Uzaktan Algılama Verilerinin Geometrik düzeltilmesi.....	6
2.4.1 Yeniden örnekleme (resampling).....	8
2.5 Sınıflandırma.....	9
2.5.1 Kontrolsüz sınıflandırma.....	10
2.5.2 Kontrollü sınıflandırma.....	10
3. ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLERİN ÖZELLİKLERİ.....	12
3.1 Topografik Veriler.....	12
3.2 Uzaktan Algılama Verileri.....	15
3.2.1 Landsat 5 TM verileri.....	17
3.2.2 Spot Pankromatik verileri.....	18
4. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YÖNTEM.....	20
4.1 Bant Kombinasyonu Analizi.....	20
4.2 Uydu Verilerinin Rektifikasyonu ve UTM Projeksiyonunun Özellikleri.....	22
4.3 Uydu Verilerinin Sınıflandırılması.....	24
4.4 Veri Entegrasyonu.....	26
4.4.1 Veri yapıları ve entegrasyonu.....	26
4.4.2 Farklı uydulardan alınmış verilerin karşılaştırılması (merge).....	28
4.5 Görüntü Zenginleştirme.....	29
4.5.1 Ana Bileşenler Dönüşümü (Principal Components Analysis).....	30
4.6 Sayısal Arazi Modeli.....	33
4.6.1 Sayısal Arazi Modeli ve Uzaktan Algılama veri entegrasyonu.....	35
4.7 Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	41
5. JEOMORFOLOJİK DEĞERLENDİRME.....	44
5.1 Bölgenin Konumu.....	44
5.2 Bölgenin Jeomorfolojik Özellikleri.....	44
5.2.1 Akarsu ağı.....	48

5.2.2 İklim koşulları.....	49
5.2.3 Bitki örtüsü ve Toprak yapısı.....	49
5.3 Veri Kaynakları ve Uzaktan Algılama.....	51
5.4 Morfometrik ve Eğim Haritalarının Hazırlanması.....	52
5.4.1 Klasik yöntem (Erol yöntemi).....	52
5.4.2 Bu çalışmada uygulanan yöntem.....	53
5.4.3 Uygulanan yöntemin test edilmesi.....	58
5.5 Profiller.....	59
5.6 Aşınım Yüzeylerinin Belirlenmesi (Yüzey Yamaç İlişkisi).....	63
5.7 Uzaktan Algılama Verileri İle Jeomorfolojik Değerlendirme.....	72
6. JEOLJİK DEĞERLENDİRME.....	76
6.1 Uzaktan Algılama ve Jeoloji.....	76
6.2 Kuzey Anadolu Fayı, Marmara Denizi ve 1912 Depremi.....	79
6.3 Uzaktan Algılama ve Sayısal Arazi Modeli Yardımıyla Gaziköy-Saroz Segmentinin Geometrisinin İzlenmesi.....	84
6.4 Saroz Baseni Kuzey Kenar Çizgiselliğinin Yorumlanması.....	92
6.5 Işıklar-Koru Dağı Yükseliminin Kısılma Hızı ve Sıyrılma Düzlemi Derinliğinin Tahmini.....	95
6.6 Kuzey Anadolu Fayı Üzerindeki Yerdeğiştirimin Değerlendirilmesi.....	98
6.6.1 Gelibolu-Işıklar dağı atımı.....	98
7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	104
KAYNAKLAR.....	107
ÖZGEÇMİŞ.....	114

KISALTMALAR

GPS	: Global Positioning System
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
TM	: Thematic Mapper
UTM	: Universal Transversal Mercator
Spot P	: Spot Pankromatik
GCP	: Ground Control Point
KOH	: Karesele Ortalama Hata
IHS	: Intensity, Hue, Saturation
PCA	: Principal Components Analysis
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
ISODATA	: Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 : Yeniden örnekleme yöntemlerinin karşılaştırılması.....	9
Tablo 3.1 : Çalışmada kullanılan 1/25 000 ölçekli haritaların indeksi.....	12
Tablo 3.2 : Landsat 5 TM'nin spektral bölgeleri ve özellikleri.....	17
Tablo 4.1 : Landsat 5 TM bantları arasındaki korelasyon katsayıları matrisi.....	21
Tablo 4.2 : Transformasyon katsayıları.....	23
Tablo 5.1 : Eğimlerle eşyüksekti eğrisi arasındaki ilişki.....	53
Tablo 5.2 : Yerçekli jenerasyonları(Işıklar-Koru dağı bölgeleri).....	65

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 : Uzaktan Algılama Sistemi.....	3
Şekil 2.2 : Elektromanyetik Spektrum.....	4
Şekil 2.3 : Yeryüzü örtü tipleri için spektral yansıtma eğrileri.....	5
Şekil 2.4 : Orijinal Görüntü ile çıktı görüntüsü arasındaki geometrik dönüşüm.....	7
Şekil 2.5 : Olasılık yoğunluk fonksiyonları.....	11
Şekil 3.1 : Sayısallaştırılan haritalardan elde edilen veri grupları(G18-b3 pafta).....	13
Şekil 3.2 : Sayısallaştırılan eşyükselti ve drenaj verileri.....	13
Şekil 3.3 : Topografik verilerin gruplandırılması.....	14
Şekil 3.4 : Uydudan dünyaya bakış.....	16
Şekil 3.5 : Çalışma bölgesine ait 11.07.1992 tarihli Landsat 5 TM görüntüsü (bant 7,4,1 kombinasyonu).....	18
Şekil 3.6 : Çalışma bölgesine ait Spot Pankromatik Görüntüsü.....	19
Şekil 4.1 : Bölgeye ait Landsat 5 TM görüntüsü(4,7,1. bantlar).....	22
Şekil 4.2 : Sınıflandırılmış uydu görüntüsü.....	25
Şekil 4.3 : Hava fotoğrafı ile karşılaştırılmış Landsat 5 TM görüntüsü.....	25
Şekil 4.4 : Vektör ve Raster yapıda veri gösterimi.....	26
Şekil 4.5 : Yeryüzünün vektör-raster veri yapısında gösterimi.....	27
Şekil 4.6 : Raster-vektör veri entegrasyonu.....	27
Şekil 4.7 : IHS dönüşümü uygulanan yöntemin akış şeması.....	28
Şekil 4.8 : Landsat 5 TM ve Spot P görüntülerinden elde edilen karşılaştırılmış görüntü.....	29
Şekil 4.9 : 1.2.3. Ana bileşen görüntüsü.....	31
Şekil 4.10 : Ana bileşenler dönüşümü uygulanmış görüntü (Saroz-Koru dağı bölgesi).....	32
Şekil 4.11 : Ana bileşenler dönüşümü uygulanmış görüntü (Işıklar dağı bölgesi).....	33
Şekil 4.12 : Sayısal Arazi Modeli (Grid yöntemi, Işıklar dağına doğru bakış).....	35
Şekil 4.13 : Bilineer enterpolasyon yöntemi.....	37
Şekil 4.14 : Raster yapıdaki sayısal arazi modeli.....	38
Şekil 4.15 : Uzaktan algılama verileri ile karşılaştırılmış sayısal arazi modeli.....	39
Şekil 4.16 : Sayısal arazi modeli(Grid yöntemi ve uydu verileri ile karşılaştırılmış görüntü).....	39
Şekil 4.17 : Uzaktan algılama verileri(Landsat 5 TM 4,7,1 bant kombinasyonu) ile karşılaştırılmış sayısal arazi modeli,Kuzey doğudan Saros körfezine doğru Kuzey Anadolu Fayı boyunca bakış.....	40
Şekil 4.18 : Uzaktan algılama verileri(Landsat 5 TM 7,4,1 bant kombinasyonu) ile karşılaştırılmış sayısal arazi modeli, Güney batıdan Koru-Işıklar dağı doğru Kuzey Anadolu Fayı boyunca bakış.....	40
Şekil 4.19 : Sınıflandırılmış uydu verisi ile karşılaştırılmış sayısal arazi modeli.....	41
Şekil 4.20 : Coğrafi Bilgi Sistemi kavramı.....	43
Şekil 5.1 : Çalışma bölgesinin konumu ve Landsat 5 TM algılayıcısı 7,4,1 bant kombinasyonu görüntüsü.....	46

Şekil 5.2 : Bölgenin morfolojik birimleri.....	47
Şekil 5.3 : Kuzey Anadolu Fayı Gaziköy-Saroz Segmenti rift vadisi görünümü (Saros'dan Gaziköy-Işıklar dağına doğru bakış).....	47
Şekil 5.4 : Bölgenin akarsu ağı.....	48
Şekil 5.5 : Işıklar dağı bölgesinin toprak ve bitki örtüsü haritası.....	50
Şekil 5.6 : (a) Topografik veriler ve gridler (b) Düğüm noktalarının Z yükseklik değerleri (c) Dönüşüm sonucu raster yapıdaki veri.....	54
Şekil 5.7 : Eğim haritası(raster veri yapısında).....	55
Şekil 5.8 : Eğim haritası(sınıflandırılmış).....	56
Şekil 5.9 : Sınıflandırılmış eğim haritası(Işıklardağı).....	57
Şekil 5.10 : Sınıflandırılmış eğim haritası(Koru dağı).....	57
Şekil 5.11 : Koru dağı kuzey kesiminin jeomorfoloji haritası.....	58
Şekil 5.12 : Eğim haritası ile çakıştırılmış jeomorfoloji haritası.....	59
Şekil 5.13 : Işıklar ve Koru dağı arasında alınan profiller.....	60
Şekil 5.14 : Topografya arazi kullanım ilişkisi.....	61
Şekil 5.15 : Topografya eğim ilişkisi.....	61
Şekil 5.16 : Alınan enine profillerin sayısal arazi modeli üzerinde gösterimi.....	62
Şekil 5.17 : Üst üste bindirilmiş profil serileri.....	62
Şekil 5.18 : Üst üste bindirilmiş profil serileri (abartma düşey ölçekte 4 kat).....	63
Şekil 5.19 : Marmara bölgesi aşınım yüzeyleri ve birikim sistemleri.....	64
Şekil 5.20 : Test edilen aşınım yüzeyleri.....	66
Şekil 5.21 : Aşınım yüzeyleri yüksekliklerine göre gruplandırılmış eşyüksele eğrili harita.....	67
Şekil 5.22 : Eğim ve yüksekliklerine göre sorgulanmış görüntü.....	67
Şekil 5.23 : Sorgulanan D-I yüzeyinin karşılaştırılması.....	68
Şekil 5.24 : Aşınım yüzeyleri yüksekliklerine göre gruplandırılmış eşyüksele eğrili harita ile aşınım yüzeylerinin çakıştırılması.....	69
Şekil 5.25 : Şekil 6.25 verinin bir bölgesinin büyütülmüş görüntüsü.....	69
Şekil 5.26 : Çalışma bölgesinin aşınım yüzeyleri.....	71
Şekil 5.27 : Uzaktan algılama verilerinin değişik ölçekte ve çözünürlükte gösterimi.....	74
Şekil 5.28 : Hava fotoğrafı.....	75
Şekil 6.1 : Merge görüntüsü ile çakıştırılmış sayısal arazi modeli, batıdan bakış.....	78
Şekil 6.2 : Merge görüntüsü ile çakıştırılmış sayısal arazi modeli, doğudan bakış.....	79
Şekil 6.3 : Anadolu bloğu ve çevresi fay kırıkları.....	80
Şekil 6.4 : Türkiyede bu yüzyılda 6 şiddetinden büyük olmuş depremler.....	81
Şekil 6.5 : Marmara bölgesinde tarihsel dönemde (son 2000 yılda) meydana gelen depremlerin dağılımı.....	81
Şekil 6.6 : Son 300 yılda Marmara bölgesinde meydana gelmiş önemli depremlerin dağılımı.....	82
Şekil 6.7 : KAF Gaziköy-Saroz Segmenti çevresinin morfotektonik haritası.....	84
Şekil 6.8 : Landsat 5 TM görüntüsü üzerinde Gaziköy-Saroz Segmentinin izlenmesi.....	85
Şekil 6.9 : Yeniköy-Sofuköy bölgesinin uydu görüntüleri.....	87
Şekil 6.10 : Yeniköy-Sofuköy bölgesinin sayısal arazi modelinden görünümü.....	89
Şekil 6.11 : (a) Gaziköy-Saroz Segmenti doğrultu değişiminin belirlenmesi ve analizi (b) GPS verilerinin hareket vektörleri.....	90
Şekil 6.12 : Çakıştırılan zenginleştirilmiş uzaktan algılama verileri ve sayısal arazi	

modeli üzerinden Gaziköy-Saroz Segmentinin izlenmesi.....	91
Şekil 6.13 : Çizgiselliğe iki örnek.....	92
Şekil 6.14 : Saroz baseni kuzey kenar çizgiselliği.....	94
Şekil 6.15 : En yüksek noktalara göre çizilen profilin gösterimi.....	96
Şekil 6.16 : Kısalma hızı ve sıyrılma düzlemi derinliği teorisi.....	96
Şekil 6.17 : Işıklar dağı çevresinde KAF ile kıvrımlar arasındaki ilişki.....	97
Şekil 6.18 : Landsat 5 TM 4,7,1 bant kombinasyonu görüntüsü.....	99
Şekil 6.19 : KAF Gaziköy-Saroz Segmenti jeolojisi ve atımı.....	100
Şekil 6.20 : Işıklar yarım antiklinali, aşınım düzlükleri ve Işıklar dağı kıvrımlanmalarının sayısal arazi modeli üzerinden görünümü.....	100
Şekil 6.21 : Landsat 5 TM görüntüsü üzerinde Ece limanı ve çevresinin değerlendirilmesi.....	102
Şekil 6.22 : Sayısal arazi modeline doğudan güneybatıya doğru bakış(Gelibolu)...	103
Şekil 6.23 : Sayısal arazi modeline Ece limanı ve kuzeydoğuya doğru bakış (Gelibolu).....	103
Şekil 6.24 : Işıklar-Koru dağı ve Gelibolu topografik profilleri.....	103

SEMBOLLER

μ_m	: Dalga uzunluğu birimi
R_x	: x yönündeki karesel ortalama hata
R_y	: y yönündeki karesel ortalama hata
T	: Karesel ortalama hata
X_{Ri}, X_{Ri}	: i. yer kontrol noktasının düzeltme değeri
n	: Yer kontrol noktası sayısı
$COV_{Q,R}$: Q ve R bantları arasındaki kovaryans katsayısı
Q_i	: Q bandının parlaklık değeri
R_i	: R bandının parlaklık değeri
μ_Q	: Q bandının ortalama değeri
μ_R	: R bandının ortalama değeri
k	: Piksel no
ρ	: Korelasyon katsayısı
$Cov_{i,j}$: i,j bantlarının kovaryansı
δ_i	: i bandının standart sapması
δ_j	: j bandının standart sapması
H	: Nokta yükseklikleri
S	: Grid değerinin boyutu
D-I	: D-I aşınım yüzeyi sistemleri
D-II	: D-II aşınım yüzeyi sistemleri
D-III	: D-III aşınım yüzeyi sistemleri
SY	: Yüksek seki sistemleri
SA	: Alçak seki sistemleri

UYDU GÖRÜNTÜLERİ ve SAYISAL ARAZİ MODELİ KULLANILARAK KUZEY ANADOLU FAYI GELİBOLU-IŞIKLAR DAĞI KESİMİNİN JEOMORFOLOJİK-JEOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

1970'li yılların başından beri bilimsel anlamda kullanılan uzaktan algılama verileri, uydu ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak, yeryüzünün araştırılması için bir çok bilim dalında (ormancılık, kartoğrafya, jeomorfoloji, jeoloji, hidroloji, şehircilik, tarım, deniz bilimleri vb.) kullanım olanağı bulmuştur. Günümüzde, farklı yapılarıdaki verilerin uzaktan algılama verileri ile aynı koordinat sistemine dönüşümü yapılarak, entegre edilebilmesi ve bu verilerin birlikte değerlendirilebilmesi olanağı olması nedeniyle de bir çok problemin çözümü kolaylaşmıştır.

Bu çalışmada, uzaktan algılama verileri ve sayısal arazi modeli kullanılarak, Kuzey Anadolu Fayı Gaziköy-Saroz Segmenti ve Kuru-Işıklar dağı çevresinde jeomorfoloji, jeoloji ve tektonik yapı incelenmiştir. Bu amaçla 1/25 000 ölçekli topografik haritalar ile Landsat 5 TM ve Spot P uydu verileri kullanılmıştır. Uzaktan algılama verileri UTM projeksiyon sistemine dönüştürülerek, eşyüksekti eğrileri 20 m. de bir sayısallaştırılan topografik haritalar ile entegrasyonu sağlanmıştır. Uydu verileri sınıflandırılarak arazi kullanımı kısa zamanda elde edilmiş ve yersel verilerle karşılaştırılmıştır. Farklı uydulardan farklı özellikte alınan verilerin çakıştırılması ile yüksek çözünürlüklü görüntü elde edilmiştir. Görüntü zenginleştirme yöntemi olarak ana bileşenler dönüşümü uygulanarak orijinal görüntüye göre çok sayıda farklı yeryüzü özellikleri ayırt edilerek, bu özellikler keskin sınırlarla belirlenmiş ve daha detaylı yorumlanabilir görüntüler üretilmiştir. Sayısal arazi modeli bilineer enterpolasyon yöntemi kullanılarak üretilmiştir. Vektör-raster dönüşümü yapılarak, en büyük yükseklik değeri 255 gri renk değerine, en düşük yükseklik değeri 0 gri değerine atanarak raster yapıda sayısal arazi modeli oluşturulmuştur.

Bu çalışmada yukarıda açıklanan yöntemler kullanılarak üretilen verilerle, Gelibolu-Saroz-Işıklar dağına içine alan bölgenin jeomorfolojik özellikleri belirlenmiştir. Daha önce klasik yöntemlerle yapılan bu jeomorfolojik çalışmaların, sayısal arazi modeli kullanıldığında, geniş alanlarda çok daha hızlı ve doğru olarak yapıldığı ortaya konmuştur. Bu çalışmada eğim gruplarına göre düzlükler ile (eğimi < % 5) yamaçlar (eğimi > %5) ayırt edilmiştir ve sayısal arazi modeli üzerinden yüzey profilleri elde edilmiştir. Yüzey yamaç ilişkileri ortaya konarak daha önce bu bölgede yapılan çalışmalara paralel olarak 5 aşınım yüzeyi tespit edilmiştir. Bunlar; D-I(Alt-Orta Miyosen), D-II(Üst Miyosen), D-III(Üst Pleistosen), SY(Enalt-Orta Pleistosen), SA (Üst Pleistosen) yüzeyleridir.

Uzaktan algılama verileri geniş bir alanda, farklı ölçekte görüntüye bakabilme olanağı sağlar. Jeolojik olarak bir bölgenin bir bütünlük içinde

değerlendirilebilmesi için büyük yapıları bir arada görebilme imkanı sağlayan uydu görüntüleri ve sayısal arazi modelleri birlikte kullanılabilir. Yapılan çalışmada uydu görüntüleri üzerinden Kuzey Anadolu Fayı Gaziköy-Saroz Segmentinin geometrisi incelenmiş olup şimdiye kadar düz bir çizgi olarak gösterilen bu segment üzerinde, Mürseli köyü doğusunda ve Mürseli-Yayaköy arasında basamak şeklinde iki süreksizlik belirlenmiştir. Bu basamakların genişleme türü olduğu söylenebilir. Fayın süreksizliği ile ilgili diğer bir özellik, Saroz baseni doğusunda Yeniköy-Sofular çevresinde saatin tersi yönünde yaklaşık 7°'lik bir doğrultu değiştirmesidir. Bu saptama ayrıca değişik uydu verilerinden ve farklı açılardan görünüm olanakları olan sayısal arazi modeli kullanılarak belirlenmiştir. Uydu verilerinde görülen Evreşe ovası ile Kuru dağı arakesitinin çizgiselliğinin fay olmadığı, Kuru dağı antiklinalini oluşturan tabakaların sebep olduğu bir çizgisellik olduğu, farklı bakış yönlerine göre üretilen görüntülerde ayrıca belirlenmiştir. Sayısal arazi modeli üzerinden alınan profiller yardımıyla, Işıklar-Kuru dağı yükseliminin kısalma miktarı 1.5 - 2.5 km. , kısalma hızı 0.3 - 0.5 mm/yıl ve sıyrıлма düzleminin derinliği 5 - 7 km. olarak hesaplanmıştır. Gene bu çalışmada, Kuzey Anadolu Fayının bu kesiminde önerilen 65 km.'lik atım verisi olan, Gelibolu - Işıklar dağı ötelenmesi sayısal arazi modeli ve uydu verileri kullanılarak test edilmeye çalışılmıştır. Yapılan profil analizlerinde bu iki yarım antiklinalinin bu yapılar ~ 500 m. yükseklikte iken beraber oldukları sonucuna varılmış olup, jeolojik ve jeomorfolojik veriler kullanıldığında Gelibolu yarım antiklinalinin uzun zamandır yükselmediği ve aşındığı sonucuna varılmıştır. Buna karşılık Işıklar dağı'nın halen yavaş da olsa yükseldiği söylenebilir.

Bu araştırmadan çıkan sonuçlar uydu verileri ile sayısal arazi modellerinin bir arada kullanıldığında herhangi bir aktif tektonik alanın jeomorfolojik ve jeolojik özelliklerinin hızlı ve doğru bir şekilde tanımlanmasının yapılabileceğini göstermektedir.

STUDY OF GEOMORPHOLOGICAL AND GEOLOGICAL CHARACTERISTICS ALONG THE NORTHERN STRAND OF THE NORTH ANATOLIAN FAULT BETWEEN GELİBOLU AND IŞIKLAR MOUNTAIN BY USING REMOTE SENSING DATA AND DIGITAL ELEVATION MODELLING

SUMMARY

Since the early 1970s, parallel to the developments in satellite and computer technology the remote sensing data have been utilized in a variety of subjects, forestry, cartography, geomorphology, geology, hydrology, urbanism, agriculture, etc., for the purpose to study the earth surface. At present, solution of a number of problems have been made easier through the advent of integrating the different data with the remote sensing data by transforming them into the same co-ordinate system, so that they are analyzed together.

In this study, Gaziköy-Saros segment of the Northern Anatolian Fault and geomorphological, geological and tectonic structures around the Koru-Işıklar mountain have been analyzed by using the remote sensing data and digital elevation model. For this purpose, topographic maps of 1/25 000 scale and Landsat 5 TM and Spot P satellite data have been used. By transforming the remote sensing data into UTM projection system, its integration has been achieved with the topographic maps the contour lines which are digitized every 20 meters interval. Details of land use was easily obtained by classifying the satellite data and compared with the ground data. By matching different characteristics from different satellites, high resolution images were obtained. The image enhancement method is applied by using principal components analysis, result of which precise boundaries of a great number of land features were obtained compared to the original images. Using the bilinear interpolation method produced digital elevation model. The digital elevation model in the raster form was obtained by making vector-raster transformation and attributing the maximum altitude value to 255 grey colour value and minimum altitude value to 0 grey color value.

With the data processed by using the methods explained above, geomorphological features of the area covering Gelibolu-Saros-Işıklar mountain have been determined. It has been proved that the geomorphological characteristics studied by classical methods, could be achieved much faster and more accurately in large areas when digital elevation model is used. In this study, flat terrains (slopes $< 5\%$) and slopes (slopes $> 5\%$) have been sorted and their surface profiles have been obtained from the digital elevation model. By indicating the surface - slope relations, 5 erosion surfaces have been found out parallel to the previous studies in the area. These are D-I (Lower-Middle Miocene), D-II (Upper Miocene), DII (Upper Pleistocene), SY (Lower-Middle Pleistocene), SA (Upper Pleistocene) surfaces.

Remote sensing data makes it possible to look at images with different scale. If satellite images and digital elevation models are jointly used geological structures can be studied in a regional scale. In this study, geometry of the Gaziköy-Saros Segment of the North Anatolian Fault was analyzed and two small releasing step over one to the east of Mürseli village and the other one between Mürseli and Yayaköy, were identified, which so far has been considered as a straight line. The another discontinuity of the fault is located that about 7° anti-clockwise directional change located between Yeniköy-Sofular to the east of Saros basin. This angular changes has defined both various satellite data and digital elevation model from and looked at from different angles. It has been also suggested that the linearity of the Evreşe Plain and Koru Mountain intersection that is seen in the satellite data was not a fault but a linearity caused by the layers forming the Koru Mountain Anticline. Profiles produced from the digital elevation model are used to calculate the amount of shortening as 1.5 – 2.5 km. This amount given about 0.3 – 0.5 mm/year shortening rate if the age of the fault is considered as 4 – 5 Ma. By using the same profiles we also calculated 5 – 7 km. dept of detachment which produces the Işıklar, Saroz and Koru mountain folds. Comparison of profiles of Işıklar and Gelibolu half anticlines suggests that these half anticlines were together until when they were ~ 500 m. elevation and then they were cut and offset by the fault. Since then the Işıklar contoured to uplift while the Gelibolu part has been stable and subjected to ~ 20 % erosion.

This study clearly illustrates that satellite and digital elevation data are very useful tools to analyze many different aspects of geomorphological and geological characteristics of any active tectonic regions.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Uzaktan algılama uyduları bilimsel anlamda yeryüzünün araştırılması için 1970 yılından sonra uzaya yerleştirilmiştir. İlk çalışmalar uydu verilerinin çözünürlüklerinin düşük olması nedeniyle tarım arazilerinin izlenmesi üzerine yapılmıştır. Günümüzde uydu teknolojisi ve elde edilen uydu görüntülerindeki hızlı gelişmeler, çok farklı uygulama alanlarında sorunların hızlı ve ekonomik çözümüne büyük kolaylıklar getirmiştir. Uydu görüntülerinin çözünürlüklerinin iyileştirilmesi, renkli görüntü elde edilebilmesi, uyduların sağladığı sinoptik görüş,uydu verilerinin çok zamanlı ve kolay erişimli olması, hızlı bilgi toplayarak aranan bilgileri hızla ortaya koyabilmesi, uydu görüntülerinin hava fotoğrafları, yersel veriler ve sayısal arazi modelleriyle birlikte kullanılabilir olması özellikle yerbilimlerine önemli katkılar sağlamaktadır. Bu gelişmelerin temelinde bu teknolojiye paralel olarak gelişen bilgisayar teknolojisindeki gelişme yatmaktadır.

Günümüzde klasik yöntemlerle bilgi toplanması, bilgilerin bir araya getirilmesi, değerlendirilmesi ve yorumlanmasının oldukça fazla zaman gerektirmesi, ekonomik giderlerinin yüksek olması ve çok sayıda araştırmacıya gereksinim duyulması nedeniyle alternatif arayışlar bilim ve teknolojinin gelişimine paralel olarak artmaktadır. Uzay ve Bilgisayar teknolojisine bağlı olarak gelişen Uzaktan Algılama sistemleri ve yöntemleri ile elde edilen Uydu verileri ve gene bilimsel gelişmeler doğrultusunda oluşan teknolojiler yardımıyla farklı disiplinlerin aradığı bir çok bilgiye kısa zamanda ulaşma imkanı doğmuştur.

Bu çalışmada , Kuzey Anadolu Fayı'nın batı kesiminde Saroz Körfezi Gaziköy Segmentini de içine alan bölgede yer alan Kuru Dağı ile Işıklar Dağının (Ganos Dağı) çevresi ile Gelibolu Yarımadasında bulunan Ece Limanı'nın kuzey-doğu bölgesinin jeolojik, jeomorfolojik yapısı ve Ganos Fayı'nın geometrik ve kinematik özellikleri Landsat 5 TM, Spot P, hava fotoğrafları, sayısal arazi modelleri kullanılarak incelenmiştir. Bu çalışma sırasında bölgede daha önce klasik yöntemlerle yapılmış jeolojik ve jeomorfolojik çalışmalar ve ilgili sonuçları göz

önüne alınmıştır. Bölgeye ait Landsat 5 TM ve SPOT Pankromatik Uydu görüntüleri zenginleştirilerek, klasik yöntemlerle elde edilmiş topografik, jeolojik ve jeomorfolojik bilgilerle entegre edilmiştir. Bundan amaç, büyük alanlarda çalışma, değerlendirme ve yorumlama olanağı sağlayan, sinoptik görüşe sahip Uzaktan Algılama teknolojisi yardımıyla değerlendirme ve yorumlama yöntemlerinin yerbilimlerinde kullanılabilirliğini sağlamaktır. Ayrıca bölgenin eğim haritaları yapılarak, yüzey yamaç ilişkisi ortaya konmuş, aşınım yüzeyleri (Koru Dağı ve Işıklar Dağı bölgesinde) belirlenmiş, Arazi profilleri ve Sayısal Arazi Modeli hızlı ve yüksek doğruluklu elde edilerek, Uzaktan Algılama verileriyle birleştirilmiş ve üç boyutlu değerlendirilebilir, yorumlanabilir ve sonuçlarına bilimsel boyutta güvenilir konuma getirilmiştir.

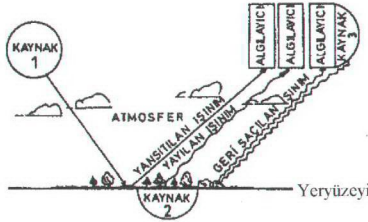
2. UZAKTAN ALGILAMANIN TEMEL PRENSİPLERİ

2.1 Spektral Işımım

Uzaktan algılamada, dalga uzunluğuna ve cismin ısısına bağlı olarak ışıyan enerji miktarı önemlidir(Örmeci,1987). Temel esas cisimden yayılan elektromanyetik enerjinin algılanmasıdır. Elektromanyetik enerji ışık hızı ile harmonik dalgalar şeklinde hareket eden bütün enerji şekillerini kapsar. Elektromanyetik ışınımın esas olduğu bir uzaktan algılama sistemi dört bileşeni içerir.

- 1-Işınımın kaynağı
- 2-Yeryüzü ile karşılıklı etkileşim
- 3-Atmosfer ile karşılıklı etkileşim
- 4-Algılayıcı

Bu sistemlerin bileşenleri arasındaki bağlantıyı elektromanyetik enerji sağlar (Şekil 2.1),(Curran,1985,Sunar,1991,Sabins,1997). Elektromanyetik enerji katı, sıvı veya gaz halinde cisimle temasta şiddet, doğrultu, dalga uzunluğu, polarizasyon ve faz gibi bakımlardan bir çok değişikliğe uğrar. Uzaktan algılamada bu değişiklikler saptanır ve kaydedilir. Ortaya çıkan görüntü ve veriler kayıt edilen elektromanyetik ışınımında değişikliğe neden olan cisim özelliklerinin belirlenmesini sağlar (Kaya, 1993).

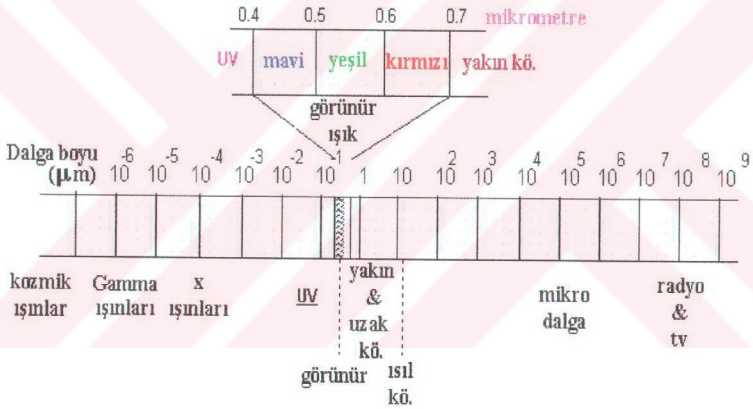


Şekil 2.1. Uzaktan Algılama Sistemi.

2.2 Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrum 3×10^8 m/sn hızla hareket eden dalga uzunluğu nanometrelerden kilometrelere kadar uzanan sürekli enerji ortamıdır. Bütün cisimler az veya çok enerji yayarlar. Uzaktan algılamada daha çok kullanılan dalga boyları $0.3 \mu\text{m}$ 'den $15 \mu\text{m}$ 'ye kadar uzanan görünür ve kızıl ötesi ışınlar, çok spektrumlu optik tarayıcılar ile 0.3 cm 'den 300 cm 'ye kadar uzanan mikrodalga ışınlar ise radarlar tarafından algılanır(Sekil 2.2).

Elektromanyetik Spektrum



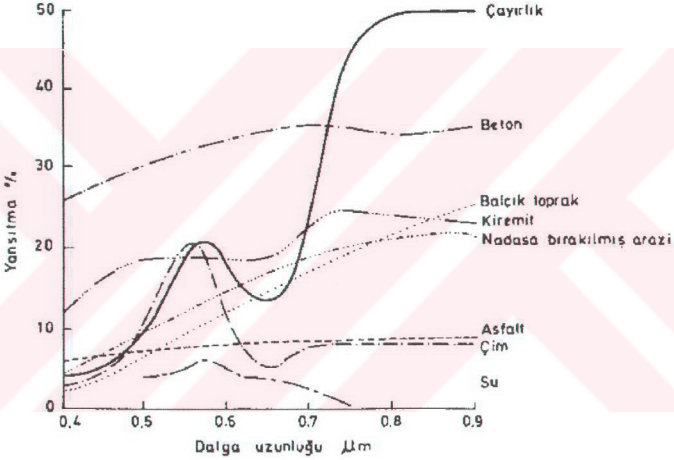
Sekil 2.2. Elektromanyetik Spektrum.

2.3 Elektromanyetik Enerjinin Etkileşimi ve Spektral Özellikler

Elektromanyetik ışınım, bir uzaktan algılama sistemi tarafından algılanmadan önce atmosfer içinden geçmek ve yüzeyden yansıdıktan sonra atmosferde belirli bir yol kat etmek zorundadır. Işınımın atmosferdeki bu ilerleyişi sırasında, atmosferik saçılma ve yutulma nedeniyle hızı, frekansı, yoğunluğu, spektral dağılımı ve doğrultusunda değişimler olur. Saçılma atmosferdeki askıda maddelerden yansıyan ışınımın yön değiştirmesi ile oluşur. Saçılan ışın dalga

boyuna bağılı olarak yeniden atmosferde yönlendirilir. Saçılmayan ışınım ise yine dalga boyuna bağılı olarak yutulur. Atmosfer yutulan ışınım tarafından ısınır. Yani kısa dalga uzunluğundan, uzun dalga uzunluğuna geçiş olur.

Yeryüzünden yansıyan elektromanyetik enerjinin büyüklüğü aynı zamanda yüzey örtü tipi ve özelliklerine bağılıdır. Bu nedenle toprak, bitki örtüsü, su, beton yapı veya diğer yer yüzü cisimlerinin spektral karakteristiklerinin bilinmesi, uydu görüntülerinin işlenerek yorumlanmasında çok önemli bir temel oluşturur (Şekil 2.3).



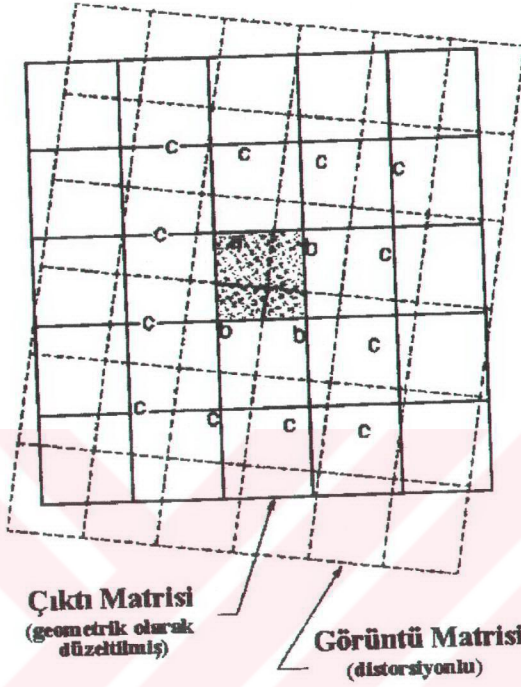
Şekil 2.3. Yeryüzü örtü tipleri için spektral yansıtma eğrileri

Yeryüzü örtü tiplerinin spektral karakteristiklerinin zamanlı ve uzaysal değişimleri, uydu verilerinin değerlendirilmesinde ve yorumlanmasında etkin rol oynar. Yer yüzü örtü tipinin gerek mevsimsel değişim süreçleri, gerek değişim süreçlerinin her evresindeki görünümü ile spektral duyarlılığa olan zamanlı ve coğrafi etkilerin anlaşılması veri analizi ve yorumlamada önemli kriterdir (Maktav ve Sunar, 1991). Veri analizi sürecinde iki temel adım söz konusudur.

Birinci adım uydu görüntülerinin radyometrik ve geometrik olarak düzeltilmesi, ikinci adım sınıflandırılmasıdır.

2.4 Uzaktan Algılama Verilerinin Geometrik Düzeltilmesi

Orijinal uydu görüntüleri, genelde geometrik distorsiyonları içerdiğinden harita amaçlı kullanılamazlar. Bu distorsiyonlar algılayıcının yüksekliğindeki, konumundaki ve algılayıcı platformun hızındaki değişimlerden, yer yüzü eğikliği ve atmosferdeki kırılma gibi bir çok etmenden kaynaklanmaktadır. Amaç, haritanın geometrik özelliklerine sahip uydu verilerini bir projeksiyon sisteminde elde etmektir(Sunar ve Kaya,1996). Geometrik düzeltme işleminde iki yaklaşım söz konusudur. Birinci yaklaşımda sistematik olan distorsiyonların hata kaynakları matematiksel olarak modellenerek düzeltme işlemi uygulanır. Sistematik olmayan(gelişigüzel) distorsiyonlar ile bilinmeyen sistematik distorsiyonların giderilmesini amaçlayan ikinci yaklaşımda ise, görüntüde homojen dağılmış, konumu belirgin (ör. Yol keşimeleri, farklı kıyı çizgisel özellikler gibi.) yer kontrol noktaları (GCP'ler) ile bu noktaların harita karşıkları arasındaki matematiksel bağıntı kurularak giderilir (Richards,1993). Görüntü koordinat sisteminde piksel koordinatları x ve y , referans koordinat sisteminde harita koordinatları X ve Y ile tanımlanır. Bu koordinat sistemleri polinom denklemleri kullanılarak ilişkilendirilebilir. Polinom derecesi veya kompleksliği görüntünün geometrisi ve harita projeksiyonu tipine bağlıdır. Uydu verilerinin geometrik düzeltilmesi için genellikle dünya yüzeyinde küçük alanlarda çalışıldığı için 1.derece afin transformasyonu yaygın olarak kullanılmakta ve yeterli sonuç vermektedir (Welch ve Usery,1984). Polinom en küçük kareler yöntemine göre hesaplanmaktadır (Lillesand ve Kiefer,1987). Orijinal girdi görüntüsü ile çıktı görüntüsü arasındaki geometrik dönüşüm Şekil 2.4'de gösterilmektedir.



Şekil 2.4 Orijinal görüntü ile çıktı görüntüsü arasındaki geometrik dönüşüm.

Matematiksel gösterimde iki koordinat sistemi arasındaki bağıntı,

$$x = f_1(X,Y) \quad (3.1)$$

$$y = f_2(X,Y)$$

ile ifade edilir.

f_1, f_2 : Transformasyon fonksiyonları,

x, y : Görüntü koordinatları (satır,sütun),

X, Y : Yer koordinatları (Referans sisteminde)

Genel gösterimiyle t . dereceden bir polinom şöyle ifade edilir.

$$X = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + \dots + a_n y^t \quad (3.2)$$

$$Y = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + \dots + b_n y^t$$

t. dereceden bir dönüşüm için toplam bilinmeyen katsayısı (a_i ve b_i) adedi; $((t+1)*(t+2))/2$ formülü ile bulunabilir. Aynı zamanda bu sayı denklem sisteminin çözülebilmesi için gereken minimum yer kontrol noktası sayısıdır. Dönüştürülen görüntü koordinatları ve buna karşı gelen referans koordinatları arasındaki dönüşümün doğruluğunu test etmek için aynı noktanın konumları arasındaki uzaklık hesaplanır (Erdas Field Guide,1991). Bu uzaklık Karesel Ortalama Hata (KOH) olarak adlandırılır.

$$R_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X^2_{Ri}} \quad (3.3)$$

$$R_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y^2_{Ri}} \quad (3.4)$$

$$T = \sqrt{R^2_x + R^2_y} \quad (3.5)$$

R_x, R_y : x ve y yönlerindeki KOH.

T : Karesel ortalama hata.

X_{Ri}, Y_{Ri} : i. yer kontrol noktasının düzeltme değeri.

n: yer kontrol noktası sayısı.

Yer kontrol noktalarının doğru tanımlanması konum doğruluğu için bir ön koşuldur. Yüksek doğruluğa sahip yer kontrol noktaları GPS (Global Positioning System) teknikleriyle üretilebilir (Gibbons,1992, Kardoulas ve diğ.,1996). Ancak iyi bir tanımlama için bu tekniğin maksimum yaklaşımı uydu görüntüsünden tanımlanabilen yer kontrol noktaları ile sınırlanmıştır. Bu da uydu verilerinin uzaysal çözünürlüğüne bağlıdır (Jansen ve Vander Wel,1994).

2.4.1 Yeniden Örnekleme (Resampling)

Yeniden örnekleme seçilen referans koordinat sisteminin, görüntünün x,y eksenine karşılık gelen yeni bir kareler ağı içerisine yeni veri dosya değeri hesaplayacak şekilde yeniden kayıt edilmesidir. Dönüşüm işleminden sonra geometrik düzeltmesi yapılmış görüntü için seçilen yöntem göre piksel değerleri yeniden hesaplanır. Kullanılan üç yöntem karşılaştırmalı olarak Tablo 2.1 de sunulmuştur. Bu işlem

orijinal uydu verileri için uygulandığı gibi sınıflandırılmış uydu verileri içinde uygulanabilir.

Tablo 2.1: Yeniden Örnekleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması (Mather,1987,Göksel,1996).

Yöntem	Teknik	Hesap zamanı	Avantaj	Dezavantaj
En yakın komşuluk	En yakın pikselin sayısal değerine dönüştürülür	1	Hesaplama kolaylığı, sayısal değerler değişmediği için veri değerleri kaybolmamaktadır.	Diyagonal doğrular ve eğriler üzerinde merdiven görüntüsü oluşmaktadır.
Bilineer enterpolasyon	En yakın 4 pikselin yaklaşık ağırlıklı ortalamasına dönüştürülür	10	Uzaysal olarak birinci yönteme göre daha doğru bir görüntü elde edilir.	Piksellerin ortalama değerlerinin alındığı katlama etkisi olmaktadır. Kenar düzeltmesi olduğundan bazı veri dosya değerleri kaybolmaktadır.
Kübik katlama Konvolüsyon	En yakın 16 pikselin ağırlıklı değeri ile dönüşüm yapılır.	20	En doğru örnekleme yöntemidir. Görüntü keskinleşmekte ve gürültü etkisi azalmaktadır.	Piksellerin sayısal değerleri değişmektedir. Hesaplama olarak yoğun olduğu için en yavaş yöntemdir.

2.5 Sınıflandırma

Yer yüzündeki cisimlerin elektromanyetik spektrumun değişik bölgelerinde yansıttıkları veya yaydıkları ışınım farklılık göstermektedir. Bu farklılıktan yararlanılarak yer yüzündeki cisimler sınıflandırılabilir. Amaç uydu görüntülerindeki her pikseli spektral özelliklerine göre farklı gruplara ayırmak ve pikseli yansıtma değerlerine göre yer yüzünde karşılık geldiği kümeye atamaktır. Sınıflandırma işleminde dikkat edilecek hususlar şunlardır.

- 1- Algılayıcı, algılama zamanı ve spektral bantların amaca uygun olarak seçimi.
- 2- Yer yüzü özelliklerini ortaya koyabilecek kontrol alanlarının seçimi.
- 3- Amaca yönelik sınıflandırma algoritmalarının seçimi.

4- Belirlenen bu özelliklerin tüm görüntüye uygulanması ve sonuç görüntülerinde doğruluk analizinin yapılması.

Sınıflandırma yöntemleri kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri olarak ikiye ayrılır.

2.5.1 Kontrolsüz Sınıflandırma

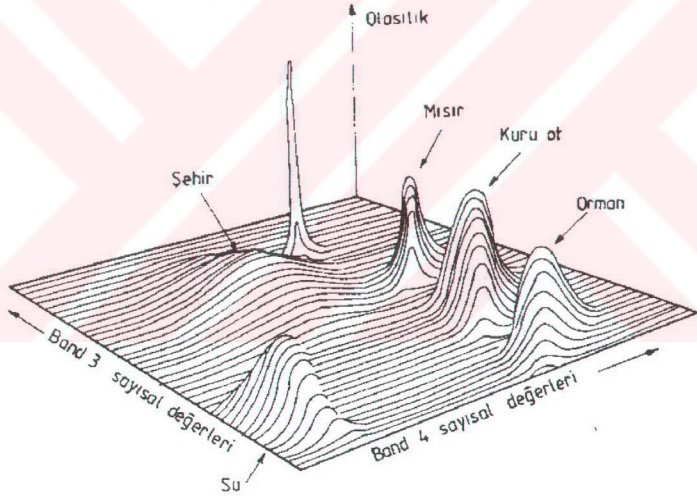
Çalışma bölgesinde özellikleri bilinen yeterince örnekleme bölgesi (test bölgesi) veya istatistiksel bilgi bulunmadığı durumlarda, spektral olarak ayrılabilir sınıflar belirlenmekte ve bunlardan bilgi elde etme yoluna gidilmektedir. Kontrollü sınıflandırma sonucunda oluşacak sınıflar spektral sınıflardır. Bu sınıflar görüntü dijital değerlerindeki doğal gruplaşmalara bağlı olup, oluşan spektral sınıfların ne olduğu önceden bilinmemektedir. Oluşan sınıfların özellikleri bölgeye ait hava fotoğrafları, topografik haritalar ve daha önce elde edilmiş var olan bilgilerle karşılaştırılarak belirlenir. Bu yöntemde spektral uzaklığın belirlenmesi için Öklit uzaklığı, Mahalanobis uzaklığı gibi uzaklık ölçüleri kullanılır (Erdas,Field Guide,1991). Kümeleme merkezi önce geçici olarak belirlenmekte olup, her bir pikselin açılan kümelerden hangisine dahil edileceği ise o görüntü elemanı ile açılan küme merkezi arasındaki uzaklığın hesaplanması ve başlangıçta kabul edilen uzaklık değeri ile karşılaştırılması sonucu belirlenir. Bu belirlemede en küçük uzaklık değeri esas alınır. Kümeye katılan her yeni piksel ile birlikte aritmetik ortalama hesaplanarak geçici küme merkezi n boyutlu uzayda ötelenmekte ve işlem geçici merkezin konumunda değişim olmayıncaya kadar iteratif olarak devam etmektedir.

2.5.2 Kontrollü Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırmada yer yüzünü temsil eden örnek bölgeleri (test bölgeleri) esas alınarak, sınıflandırılacak her bir cisim için spektral özellikleri tanımlı, özellik dosyaları oluşturulur. Test alanlarının örneklendiği özellik dosyası görüntü verileri üzerine tatbik edilerek her bir görüntü verisi en çok benzer olduğu sınıfa atanır. Kontrol aşamasında temsil edici nitelikteki kontrol bölgeleri ve her bir arazi örtü tipine ait spektral özellikler belirlenir. Bu aşamada, mevcut referans verileri ile bu verilerin uygulanacağı coğrafi bölgeye ait bilgilerden yararlanılır. Bütün veriler sınıflandırıldıktan sonra sonuçlar çıktı aşamasında farklı sunulur. Çıktı ürünleri

genellikle tematik haritalar, çeşitli arazi örtü sınıfları için tüm görüntüye veya belirlenmiş alt görüntüye ait olan istatistiksel tablolar veya coğrafi bilgi sistemlerine dahil edilecek nitelikteki veri dosyaları olarak oluşturulabilir.

Günümüzde kabul gören yöntem bir pikselin belirli bir sınıfa ait olma olasılığına dayanan En çok benzerlik (Maximum-Likelihood) yöntemidir. Bu olasılığın tüm sınıflar için eşit olduğu ve sınıf kontrol verilerini oluşturan noktalar kümesindeki dağılımın Gauss normal dağılımı olduğu kabul edilir. Bu kabulün ışığı altında normal dağılımın ortalama vektörü ve kovaryans matrisi ile tanımlanır. Belirli sınıfa ait olan görüntü elemanları için istatistiksel olasılık hesaplanır. Olasılık yoğunluk fonksiyonları sınıfı belirlenmemiş aday pikselin belirlenmesinde kullanılır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları

3. ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLERİN ÖZELLİKLERİ

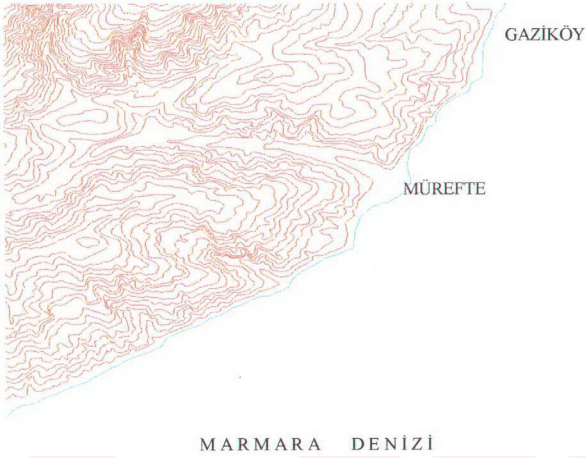
3.1 Topografik Veriler

Çalışma bölgesine ait Harita Genel Komutanlığı'nın ürettiği 19 adet 1/25 000 ölçekli standart topografik harita baz alınmıştır (Tablo 3.1). Bu haritalar 20 metrede bir eşyüksele eğrileri ve drenaj (akarsu) hatları sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına AUTO-CAD MAP R2 programı yardımıyla aktarılmıştır (Şekil 3.1, Şekil 3.2). Sayısallaştırmada GTCO A0 (48x36) boyutunda, 0.03" (inch) doğruluklu sayısallaştırıcı kullanılmış ve harita üzerindeki her bir özellik bir katman (layer) olarak alınmıştır. Bu, veri gruplarının analizine, sorgulanmasına ve bilgi sistemi tabanlı çalışmalara kolaylık getirecektir. Ayrıca bölgenin bütün drenajı ve yersel olarak üretilmiş verileri sayısallaştırılmış ve aynı koordinat (UTM, Universal Transversal Mercator) sistemine getirilmiştir.

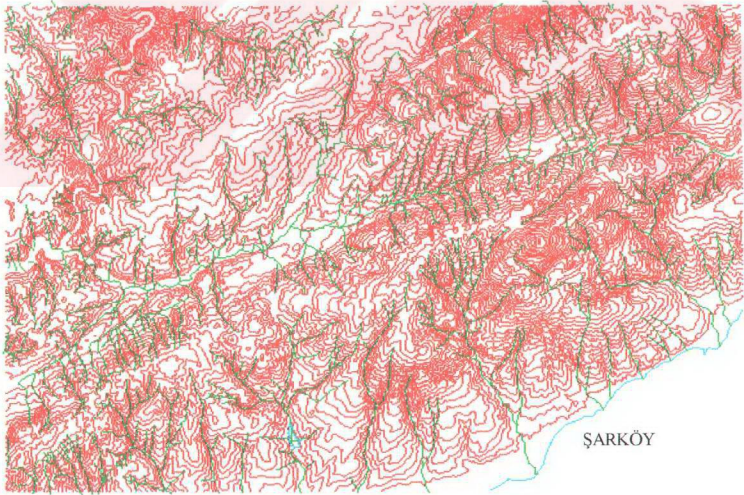
Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan 1/25 000 ölçekli haritaların indeksi.

ÇANAKKALE - BANDIRMA PAFTALARI

		G17-b4	G17-b3	G18-a4	G18-a3	G18-b4	G18-b3
		G17-c1	G17-c2	G18-d1	G18-d2	G18-c1	
		G17-c4	G17-c3	G18-d4	G18-d3		
H16-b1	H16-b2						
H16-b4	H16-b3						



Şekil 3.1 Sayısallaştırılan haritalardan elde edilen veri grupları(G18-b3 pafta)



Şekil 3.2 Sayısallaştırılan eşyüksekti ve drenaj verileri (Yeşil -Drenaj, Kırmızı- eşyüksekti eğrisi).

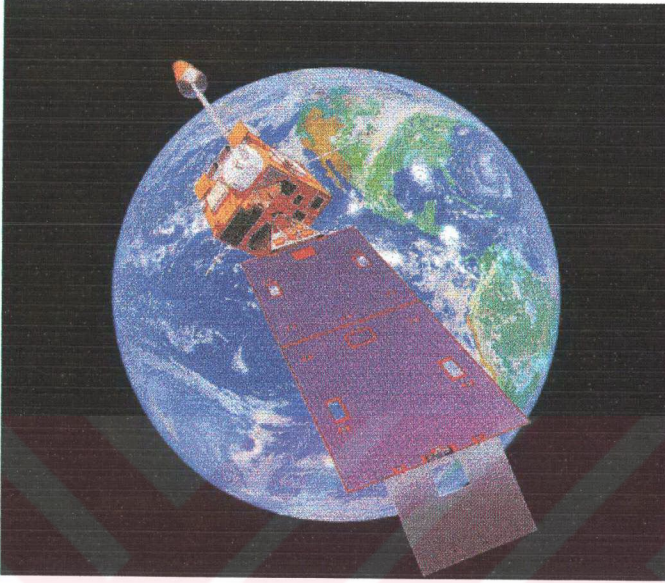


Şekil 3.3 Topografik verilerin gruplandırılması (Orijinal Ölçek 1/25 000).

Şekil 3.3’ de sayısallaştırılan eş yükselti eğrilerinin arazi yapılarını en iyi şekilde ortaya çıkarmak ve topografyanın iyi yorumlanabilmesi için eşyüksekti eğrileri gruplandırılmıştır. Her 20 metrede bir yükseklik değerleri farklı renklere atanarak Arc View ortamında sorgulanmıştır. Jeolojik ve jeomorfoljik açıdan, topografyanın bu tür değerlendirilmesi, yüzeylerin yorumlanmasına, yapıların aralarındaki ilişkilerin ortaya çıkarılmasına önemli katkı sağlamıştır. Ayrıca yapıların tamamını gösteren büyük alanlarda bilgisayar teknolojisine bağlı olarak çalışma kolaylığı getirilmiştir. Vektör verilerin analizi için AUTO CAD MAP R2, ARC VIEW programları kullanılmıştır. Hem topografik verilerin hem de uzaktan algılama verilerinin değerlendirilmesi İTÜ. Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü Uzaktan Algılama Anabilim Dalı laboratuvarı olanaklarından yararlanılarak yapılmıştır.

3.2 Uzaktan Algılama Verileri

1970 yılından beri gelişimini sürdüren uydu sistemleri ve algılayıcıların gelişimi ile yer yüzeyi hakkında değişik formlarda veri elde etme olanağı doğmuştur. Bu veriler yer yüzeyinde çeşitli kaynakların araştırılması, çevre kirliliğinin izlenmesi, doğal afetlerin tahribinin belirlenmesi, jeoloji, jeomorfoloji, hidroloji ve kentlerin düzenli büyümelerinin planlanması gibi bir çok disiplinde kullanım olanağını bulmuştur. Uydu yüksekliklerinin sağladığı geniş görüş, uydu algılayıcılarının hareket hızı, kullanılan spektral bant aralıkları ve sayısı ve tekrarlanabilir veri elde edilebilmesi nedeniyle büyük miktarda veri üretilmektedir. Bu nedenle uzaktan algılama verileri hız, doğruluk, maliyet açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Şekil 3.4’de uydudan dünyaya bakış verilmiştir. Uzaktan algılama verilerinin analizi için İMAGE-RESOURCE, ERDAS 7.5 ve ERDAS İMAGE 8.2 versiyonu ile ERMAPPER 5.5 programları kullanılmıştır.



Şekil 3.4 Uydudan dünyaya bakış

Uzaktan algılama verilerinin daha anlamlı ifade edilebilmesi için, 4 farklı çözünürlük tipinin incelenmesi gerekir.

- 1- Spektral çözünürlük
- 2- Uzaysal çözünürlük
- 3- Radyometrik çözünürlük
- 4- Zamansal çözünürlük

1-Spektral çözünürlük, algılayıcının kaydedebileceği elektromanyetik spektrumun belirli dalga aralığını ifade eder.

2-Uzaysal çözünürlük, bir pikselin temsil ettiği arazideki karşılığı alanı ifade eder veya algılayıcının kaydedebileceği en küçük objenin boyutunu ifade eder. Uzaysal çözünürlük anlık görüş alanı (Instantaneous field of view) olarak da tanımlanabilir.

3-Radyometrik çözünürlük, her bir banttaki toplam olabilecek veri değerini (gri renk) ifade eder. Bu da kaydedilen elektromanyetik enerjinin bölünebileceği bit

sayısını gösterir. Örneğin 8 bitlik bir veride her bir piksel 0'dan 255'e kadar değişen veri değeri alırken, 7 bitlik veri için bu 0'dan 127'ye kadardır.

4-Zamansal çözünürlük, aynı bölgenin hangi sıklıkta algılanabileceğini ifade eder.

Yukarıda belirtilen amaçlar doğrultusunda veri sağlayan uydulara örnek olarak; LANDSAT, SPOT, IRS-1C, JERS-1 ve NOAA uyduları gösterilebilir. Çalışmada LANDSAT 5 TM ve SPOT-P algılayıcılarından elde edilen uydu verileri değerlendirilmiştir.

3.2.1 Landsat 5 TM Verileri

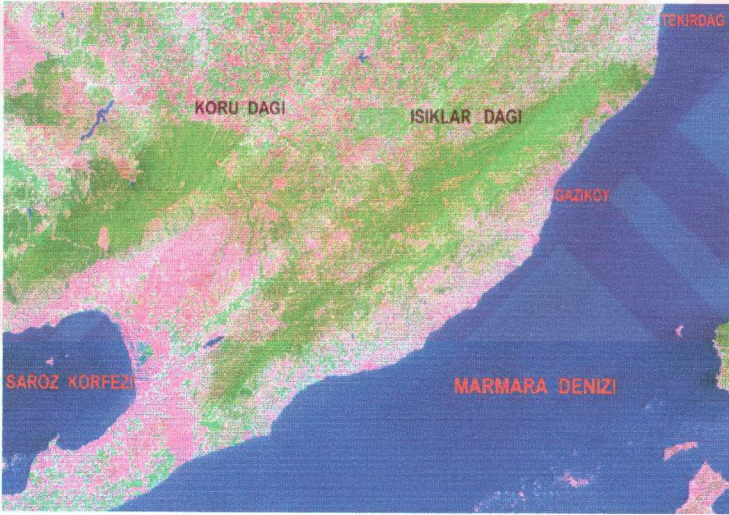
01.Mart 1984'de yer yüzü kaynaklarının araştırılması için NASA tarafından uzaya yerleştirilen ve halen veri üreten bir algılayıcıdır. Landsat 5 TM algılayıcısı 7 farklı spektral bantta algılama yapan, yörüngesi dünyadan 705 km. yüksekte olan, 30 m. çözünürlüklü, 6. Bant(Isıl bant) 120 m. çözünürlüğe sahip olan ve yer yüzünün tamamını 16 günde tarayan, sivil amaçlı yer yüzeyinin araştırılması için kullanılan bir uzaktan algılama sistemidir. Radyometrik çözünürlüğü 8 bit'dir. 1,2,3. Bantlar görünür bölgede kayıt yaparken, 4,5,7. Bantlar yansıyan kızıl ötesi bölgede algılama yaparlar. 6. Bant ise ısı kızı ötesi bölgede algılama yapıp, sıcaklık haritalarının yapımında kullanılır. Tablo 3.2'de Landsat 5 TM'in spektral bölgeleri ve bazı özellikleri ve Şekil 3.5'de çalışma bölgesine ait 11.07.1992 tarihli Landsat 5 TM algılayıcısından alınan 7,4,1 bant kombinasyonlu görüntü verilmiştir.

Tablo 3.2 Landsat 5 TM'in spektral bölgeleri ve özellikleri.

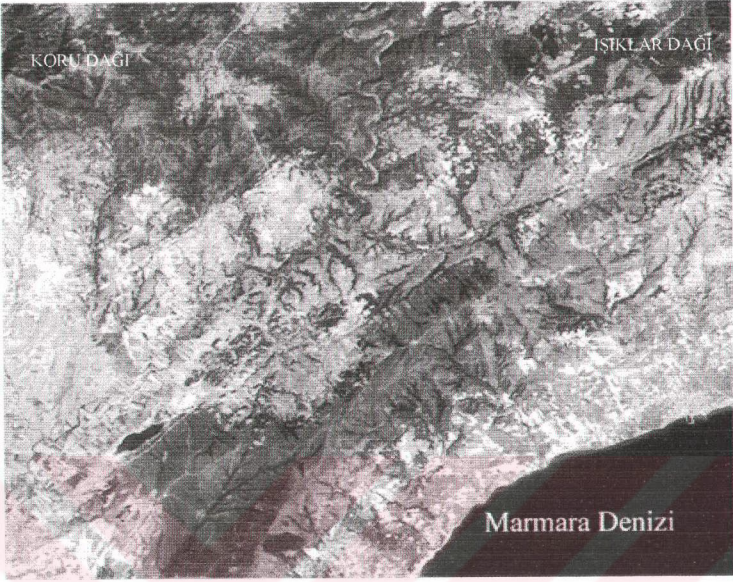
Landsat 5 TM	Spektral Bölge	Çözünürlük	Tarama Genişliği
Bant 1 (Mavi)	0,45- 0,52 μm .	30 m.	185 km.
Bant 2 (Yeşil)	0,52- 0,60 μm .	30 m.	
Bant 3 (Kırmızı)	0,63- 0,69 μm .	30 m.	
Bant 4 (Yakın kızıl ötesi)	0,76- 0,90 μm .	30 m.	
Bant 5 (Orta kızıl ötesi)	1,55- 1,75 μm .	30 m.	
Bant 6 (Isıl kızıl ötesi)	10,40-12,50 μm .	120 m.	
Bant 7 (Orta kızıl ötesi)	2,08-2,35 μm .	30 m.	

3.2.2 Spot Pankromatik Verileri

Fransa tarafından Şubat 1986'da uzaya gönderilen Spot uydusu, doğal kaynakların araştırılmasına yönelik olarak halen faaliyetine devam etmektedir. Spot P 26 günde bir aynı yeri algılar ve normal olarak nadir doğrultusunda olmayan eğik bir konumda da algılama yapılabilir. Bundan dolayı aynı bölgeyi daha sık tarayabilir. Steroskopik görüş ve değerlendirme olanağı vardır. Algılama genişliği nadir doğrultusunda 60 km. ve nadir dışı doğrultuda 80 km'dir. Spot P bütün renklere duyarlı, 10 m. çözünürlüklü, 8 bit radyometrik çözünürlüğe sahip, tek bantlı, 0.51µm ve 0.70 µm arasındaki spektral bölgedeki elektromanyetik enerjiyi algılayan bir algılayıcıdır. Şekil 3.6 da Spot P uydusundan alınan bölgeye ait görüntü verilmektedir.



Şekil 3.5 Çalışma bölgesine ait 11.07.1992 tarihli Landsat 5 TM görüntüsü (bant 7,4,1 kombinasyonu).



Şekil 3.6 Çalışma bölgesine ait Spot Pankromatik Görüntüsü.

4. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YÖNTEM

4.1 Bant Kombinasyonu Analizi

Uzaktan algılama yöntemi ile elde edilen çok spektrumlu görüntü verilerinin analizinde, spektral bantlar arasındaki korelasyon bir problem olarak karşımıza çıkar. Bu korelasyon yer yüzü cisimleri arasındaki doğal spektral korelasyonun, topografik eğimin ve komşu spektral bantların arasındaki spektral duyarlılıkların çakışması sonucu oluşur ve spektral bantların görsel ve sayısal olarak benzer olduğu anlamına gelir (Lillesand ve Kiefer,1987,Sunar,1995). Çalışmada kullanılan çok spektrumlu Landsat 5 TM'nin 1,2,3,4,5,7. bantları arasından en az üç bant kombinasyonunun belirlenmesi için varyans - kovaryans analizi yapılarak bantların birbirlerine göre korelasyon katsayıları hesaplanmıştır (Tablo 4.1). Landsat 5 TM'nin 6.bandının (thermal) karakteristik yapısı diğerlerinden farklı olduğu için ve bozucu etki yapmaması için değerlendirme dışı tutulmuştur. Uzaktan algılama verilerinin değerlendirilmesinde, fazla sayıda bantla çalışmak yerine aralarındaki korelasyonu düşük yeterli sayıda bantla çalışmak hem sınıflandırmada hem değerlendirmede hem de zaman açısından önemli avantajlar sağlayacaktır (Chavez ve Kwarteng, 1989, Frei,1993,Kaya,1996). Korelasyon katsayıları $-1 < \rho < +1$ arasında değişir ve $\rho=0$ için korelasyon yoktur (Mendenhall ve diğ.,1990).

$$Cov_{Q,R} = \frac{\sum_{i=1}^k (Q_i - \mu_Q)(R_i - \mu_R)}{k} \quad (4.1)$$

$Cov_{Q,R}$ = Q ve R bantları arasındaki kovaryans katsayısı

Q_i = Q bandının parlaklık değeri

R_i = R bandının parlaklık değeri

μ_Q = Q bandının ortalama değeri

$\mu_R = R$ bandının ortalama değeri

$k =$ piksel no

$$\rho = \frac{Cov_{i,j}}{\delta_i \cdot \delta_j} \quad (4.2)$$

$\rho =$ Korelasyon katsayısı,

$Cov_{ij} = i, j$ bantlarının kovaryansı,

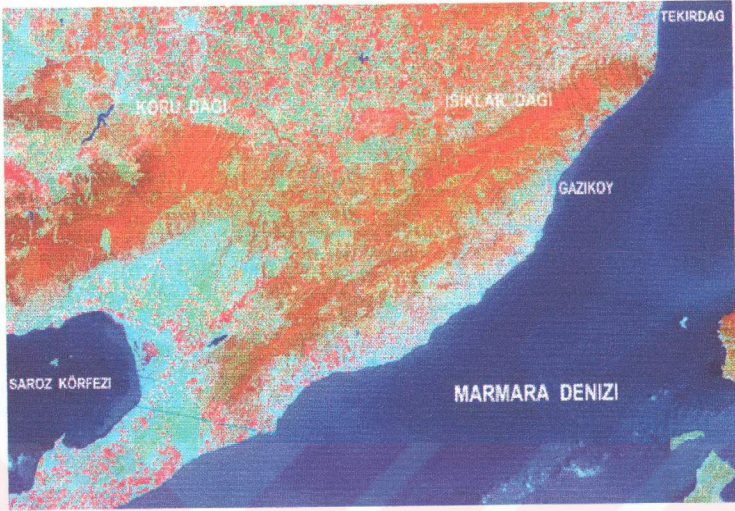
$\delta_i = i$ bandının standart sapması,

$\delta_j = j$ bandının standart sapması.

Korelasyon analizi sonucunda (Tablo 4.1) 1.bant ile 2 ve 3.bantlar arasında, 2.bant ile 3,4,5 ve 7.bantlar arasında 3.bant ile 4,5,7.bantlar arasında, 4.bant ile 5.bant ve 5.bant ile 7.bant arasında yüksek korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Değerlendirme sonucunda 1,4,7.bantlar minimum korelasyona sahip bant kombinasyonu olarak bulunmuştur.

Tablo 4.1 Landsat 5 TM bantları arasındaki korelasyon katsayıları matrisi.

Bant/Bant	1	2	3	4	5	7
1	1.000					
2	0.690	1.000				
3	0.600	0.955	1.000			
4	0.018	0.563	0.538	1.000		
5	0.260	0.805	0.856	0.841	1.000	
7	0.423	0.873	0.935	0.679	0.956	1.000



Şekil 4.1 Bölgeye ait Landsat 5 TM görüntüsü (4,7,1.bantlar).

4.2 Uydu Verilerinin Rektifikasyonu ve UTM Projeksiyonunun Özellikleri

Geometrik olarak düzeltilme getirilmemiş uzaktan algılama verilerinin üzerinde yer yüzü koordinatları bulunmaz. Bu nedenle yer yüzeyinde konuma dayalı üretilen bilgilerle veri entegrasyonunun sağlanması için yer yüzünü tanımlayan bir projeksiyon sisteminde bu verilerin koordinatlandırılması gereklidir. Landsat 5 TM verileri, 1/25000 ölçekli standart topografik haritalar üzerinden grafik olarak elde edilen yer kontrol noktaları kullanılarak jeoreferanslandırılmıştır. Yer kontrol noktaları görüntünün üzerinde keskin görünen noktaların harita üzerindeki karşılığı alınarak üretilmiştir. Bu noktalar, deniz ile karanın birleştiği kıyıda, yol kavşaklarında, akarsu kenarlarında vb. gibi çizgisel özellik taşıyan objelerin kesim noktalarında seçilmiştir. Uzaktan algılama verilerinin geometrik dönüşümünde maksimum hata piksel boyutunun yarısı olarak alınır(Welch ve Usery,1984). Landsat 5 TM için bu değer ± 15 m.(0.5 piksel) ve Spot P için ± 5 m.(0.5 piksel) alınmıştır. Bu amaçla tüm yüzeyden 50 adet yer kontrol noktası seçilmiştir. Yer koordinat sistemleri ile görüntü koordinat sistemleri arasındaki bağıntıyı sağlayan transformasyon eşitlikleri 1.derece lineer transformasyon işlemi sonucunda

bulunmuştur. En küçük kareler yöntemine göre dönüşüm katsayıları bulunarak uzaktan algılama verileri UTM sistemine dönüştürülmüştür (Tablo 4.2).

Tablo 4.2 Transformasyon Katsayıları.

Uydu / Katsayı	Landsat 5 TM	SPOT P
a_0	418408.6839	467609.9615
a_1	29.49380324	9.795320214
a_2	-5.55842919	-2.050217998
b_0	4569970.0963	4548339.9116
b_1	-5.5955471078	-2.05695360
b_2	-29.456394858	-9.779161153

Dönüşüm sonucunda Landsat 5 TM için X yönündeki standart sapma 0.31 piksel Y yönündeki standart sapma 0.33 piksel toplam KOH 0.45 piksel ve Spot P için X yönündeki standart sapma 0.43 piksel Y yönündeki standart sapma 0.20 piksel toplam KOH 0.47 piksel olarak bulunmuştur. Yeniden örnekleme yöntemi olarak en yakın 4x4 pikselin ağırlıklı ortalaması alınan gürültü (noise) etkisinin en az olduğu ve görüntünün keskinleştiği kübik konvolüsyon yöntemi kullanılmıştır. Bu işlem şu durumlarda uygulanır.

- 1- Coğrafi Bilgi Sistemleri için veri tabanı hazırlanacak ise,
- 2- Raster-vektör verilerin entegrasyonunda,
- 3- Uzaktan algılama verilerinden harita oluşturulmasında,
- 4- Uydu verileri birleştirilecek ise(mozaik oluşturma),
- 5- Coğrafi konumun önem taşıdığı çalışmalarda vs.

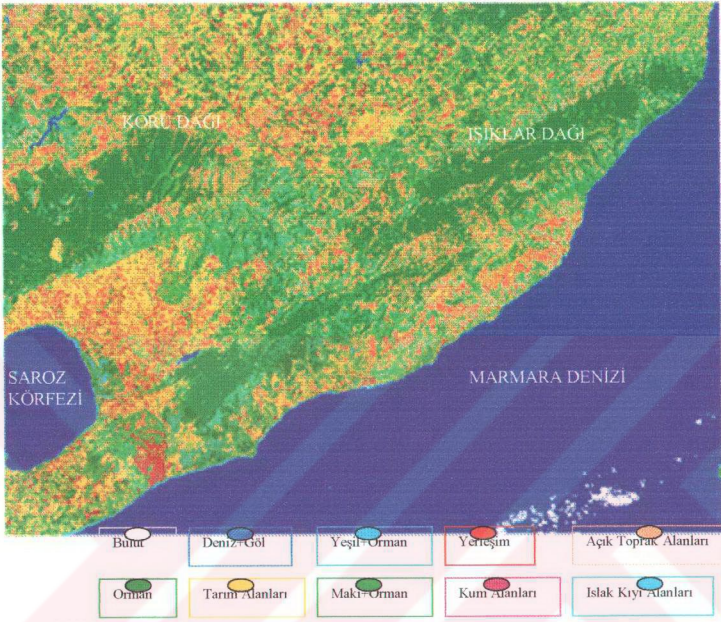
Vektör veri olarak üretilen haritalar ile uzaktan algılama verileri aynı koordinat sisteminde oluşturulmuştur. İki veri grubu arasında entegrasyon kurularak, uzaktan algılama verileri ile topografik verilerin birlikte analiz edilmesi sağlanmıştır.

UTM (Universal Transform Mercator) sistemi NATO üyesi ülkeler bünyesinde Ulusal haritaların üretilmesinde ortak bir standart getirilmesi amacıyla kabul edilmiş bir haritalama sistemidir. UTM sisteminin dayandığı izdüşüm açılı koruyucu (konform), transversal (ekvatorial konumlu), elipsoidal, silindirik bir projeksiyondur. Bu projeksiyonda yer elipsoidi üzerindeki konum bilgileri ekvatorial konumlu bir

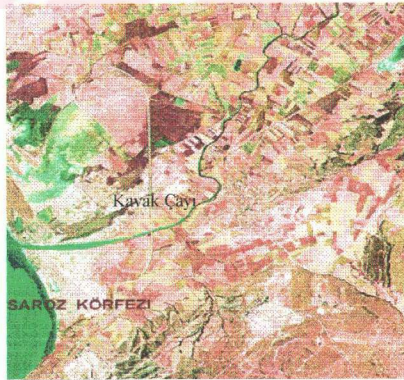
silindir üzerine açi koruma koşulu altında iz düşürülerek silindirin düzleme açılması şeklinde haritalanmıştır. Sistem tüm yer küreyi $6^{\circ} \times 8^{\circ}$ genişliğinde gridlere ayırarak her bir gride 1'den başlayarak batıdan doğuya doğru numara, kuzeyden güneye doğrudan harf verilerek tanımlanır. Hesap yüzeyi olarak uluslararası elipsoid kabul edilen Hayford 1909 alınmıştır. Orijin ekvator ve her bir dilimin orta meridyeninin kesim noktasıdır (Snyder,1982).

4.3 Uydu Verilerinin Sınıflandırılması

Çalışmada arazi kullanımı hakkında kısa sürede bilgi sahibi olmak amacıyla ISODATA (Iterative Self Organizing Data Analysis Technique) kontrolsüz sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. ISODATA yönteminde görüntü elemanları satır satır analiz edilerek spektral uzunluklarına göre gruplandırılırlar. Önceden belirlenen küme sayısına bağlı olarak analiz edilen her bir piksel arasındaki spektral uzunluklar tekrar tekrar hesaplanır ve sınıflandırılırlar. Sınıflandırma işlemi tekrarlı olarak gerçekleştirildiğinden spektral uzunluklar doğru olarak hesaplanır. Pikseller ya varolan bir kümeye atanır yada spektral uzunluğa bağlı olarak yeni bir küme oluşturulur. Eğer aynı özellikleri taşıyan birden fazla küme var ise bu kümeler birleştirilir. Sınıflandırılmış uzaktan algılama verisindeki kümelerin hangi sınıfa ait olduğunun belirlenmesinde 1/25 000 ölçekli topografik haritalar, hava fotoğrafları, yüksek çözünürlüklü Spot P verileri ve bölgede şimdiye kadar yapılmış klasik çalışmalardan yararlanılmıştır. Ayrıca arazi kullanımı hakkında yüksek çözünürlüklü ve renk özelliği taşıyan bilgi elde etmek amacıyla hava fotoğrafları ve Landsat 5 TM verileri karşılaştırılmıştır (Şekil 4.3). Sınıflandırma sonucunda verinin alındığı tarihteki arazi kullanımını belirleyen sınıflar, alansal olarak bulunmuş ve temsil edici renklere atanmıştır.



Şekil 4.2 Sınıflandırılmış uydu görüntüsü








Şekil 4.3 Hava fotoğrafı ile çakıştırılmış Landsat 5 TM görüntüsü.

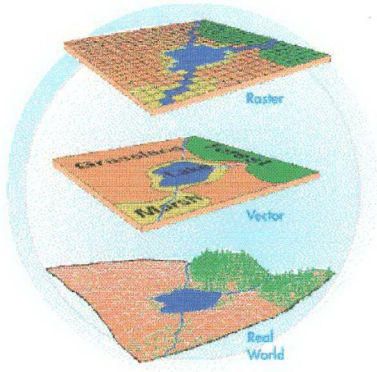
4.4 Veri Entegrasyonu

4.4.1 Veri Yapıları Ve Entegrasyonu

Yer yüzünü oluşturan coğrafi verilerin tanımlanabilmesi için iki tür veri grubu vardır. Bunlar bir coğrafi özelliği belli bir koordinat sistemine göre konum ve biçim ifade eden grafik veriler ve coğrafi bilgiye ilişkin tanımsal bilgileri (öznitelik bilgileri) içeren grafik olmayan verilerdir (Aranoff,1989). Grafik veriler vektör ve raster veri yapısı olmak üzere ikiye ayrılırlar. Vektör veriler bir coğrafi özelliğin şeklini ifade ederken nokta, çizgi ve alan olarak temsil edilirler. Konumu da coğrafi özelliğin koordinat değeri ile belirlenir. Nokta, bir koordinat çifti ile, çizgi detaylar çizgi üzerindeki noktalar zinciri ile, alan detaylar ise alanı çevreleyen çizgiler ile temsil edilirler. Raster veri yapısında tüm coğrafi özelliği gösteren detaylar koordinatları (sıra ve sütun numaraları) bilinen pikseller ile temsil edilirler (Şekil 4.4). İki veri grubunun birlikte değerlendirilmesi için, bu veri gruplarının hesap yüzeyi tanımlı bir koordinat sisteminde ifade edilmesi gerekir. Bunun için vektör veriler (topografik) bilgisayar ortamına aktarılırken haritaların üretildiği UTM koordinat sisteminde sayısallaştırılmıştır. Raster veriler bölüm 4.2’de anlatılan yöntem uygulanarak aynı sisteme dönüştürülmüştür. Böylece iki veri grubu arasında konuma dayalı bilgi akışı sağlanmıştır (Şekil 4.6).

Detay Tipi	Vektör Yapı		Raster Yapı	
	Sayısal	Analog	Sayısal	Analog
Nokta	X, Y Koordinatları	•	Piksel	
Çizgi	Başlangıç ve bitiş noktalarının X, Y si ile		Piksel	
Alan	Kapalı alanın köşelerinin X, Y si ile		Piksel	

Şekil 4.4 Vektör ve Raster yapıda veri gösterimi



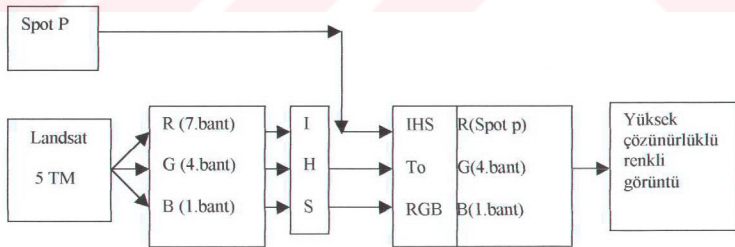
Şekil 4.5 Yeryüzünün vektör-raster veri yapısında gösterimi.



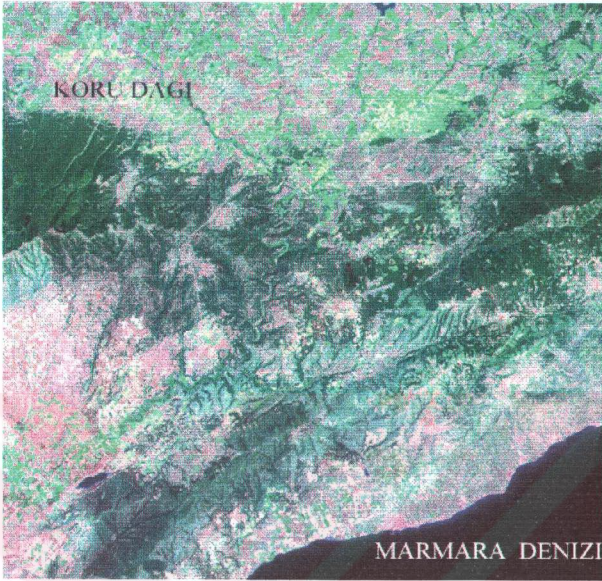
Şekil 4.6 Raster-Vektör veri entegrasyonu

4.4.2 Farklı Uydulardan Alınmış Verilerin Çakıştırılması (Merge)

Uzaktan algılama verilerinin elde edildiği algılayıcıların farklı özellikler taşıması ve yer yüzünün araştırılmasında farklı yapıda veri toplaması nedeniyle bu verilerin birlikte değerlendirilmesi ve yer yüzünün farklı özelliklerinin ortaya çıkarılması için değişik algılayıcılardan alınan görüntülerin bir veri grubunda toplanması gerekir (Ehlers ve diğ.,1990). Uydu görüntülerinin görsel açıdan yorumlanabilirliğini arttırmak ve yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip veri elde etmek için 10m. yersel çözünürlüğü olan Spot P verileri ile 30m. çözünürlüğü olan Landsat 5 TM'nin 7,4,1. bantları çakıştırılmıştır. Çakıştırma işleminden önce iki veri grubu ya UTM koordinatlarına yada bu verilerden birinin koordinatlarına transforme edilmesi gerekir. Bu çalışmada üretilen veriler yersel verilerle kullanılacağı için UTM koordinatlarına dönüştürülmüştür. Landsat 5 TM verilerine Erdas yazılımındaki IHS (Intensity,Hue,Saturation) dönüşümü uygulanmıştır. Dönüşüm sonucunda bulunan görüntünün yoğunluk (Intensity) bantı yerine (Landsat 5 TM'nin 7.bantı) Spot P bantı yer değiştirerek ters işlemle RGB özelliği taşıyan yeni bir görüntü elde edilmiştir. Bu görüntü 10m. yersel çözünürlüğe sahip, spektral olarak zenginleştirilmiş ve bölgenin yapısal özelliklerini ortaya çıkaran, kolay yorumlanabilir multispektral bir görüntüdür.



Şekil 4.7 IHS dönüşümü uygulanan yöntemin akış şeması.



Şekil 4.8 Landsat 5 TM ve Spot P görüntülerinden elde edilen çakıştırılmış görüntü.

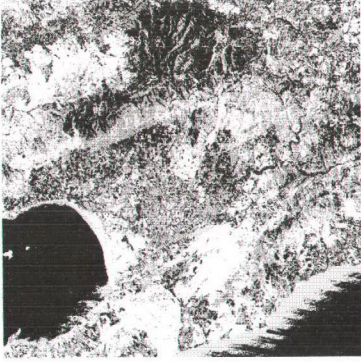
4.5 Görüntü Zenginleştirme

Çok spektrumlu olarak algılanan uzaktan algılama verileri, değişik metotlar uygulanarak orijinal görüntülerden daha iyi özellikler taşıyan, görsel yorumlanabilirliği daha iyi, bölgenin değişik yapılarını ortaya çıkaran yeni bir görüntüye dönüştürülebilirler. Görüntü zenginleştirme bir bakıma görüntü transformasyonudur. Bu nedenle kullanılan algılayıcıların ve bantların özellikleri bilinerek amaca yönelik yöntemlerin uygulanması gerekir. Bu yöntemler Oran Görüntüleri, Ana Bileşenler Dönüşümü(PCA) , IHS dönüşümü vb. gibi matematik olarak ifade edilebilen yöntemlerdir. Çalışmada Ana Bileşenler Dönüşümü ve IHS dönüşümü uygulanmıştır. IHS dönüşümü Bölüm 4.4.2’de açıklanmıştır.

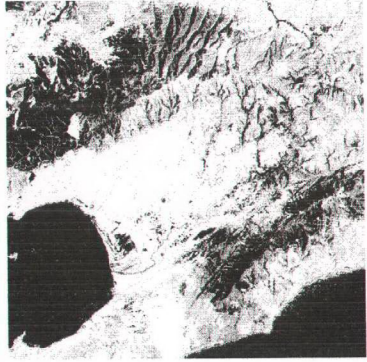
4.5.1 Ana Bileşenler Dönüşümü(Principal Components Analysis)

Aynı bölgenin aynı algılayıcı tarafından farklı dalga boylarında algılanan fiziksel özellikleri değişik bantlara kaydedilir. Bu özellikler kaydedilen bantlarda aynı olabilir veya değişik olabilir. Ana Bileşenler Dönüşümü uygulanarak bantlar arasında spektral özellikler azaltılır veya başka bir deyişle benzer olan bantlar bastırılır. Bir bakıma Ana Bileşenler Dönüşümü, bir tür veri sıkıştırma yöntemidir. Amaç, veri kombinasyonunda görsel yorumlanabilirliği arttırmak için n kanallı orijinal veri dizisinde mevcut olan tüm bilgileri n' den daha az sayıda yeni bantlara veya yeni bileşenlere sıkıştırmaktır (Fung ve LeDrew,1987). Bu dönüşümde orijinal veriler içinde maksimum varyansa sahip doğrultular boyunca bileşen eksenleri adı verilen yeni eksenler oluşur. Pikseller yeni koordinat eksenine yerleştiklerinde 1. Ana bileşen ekseni 2. Ana bileşen eksenine göre daha büyük varyansa sahiptir. Bu nedenle 1. Ana bileşen ekseni veri grubunun uzun eksenini (ana eksen) belirtir ve daha fazla bilgiyi içerir. İkinci ana bileşen elipsin ana eksenini dik (ortogonal) kesen eksendir ve birinci bileşende tanımlanmamış verilerin büyük bir kısmını tanımlar (Erdas Field Guide,1991). Bu analiz sonucunda n tane çıkış bantı olmasına rağmen verilerdeki bilginin büyük bir bölümü ilk iki veya ilk üç bantta toplanır. Diğer bantlarda varyansın azalması nedeniyle gürültü etkisi ortaya çıkar ve yorumlayıcı için daha az bilgi içerdiğinden kullanılmaz.

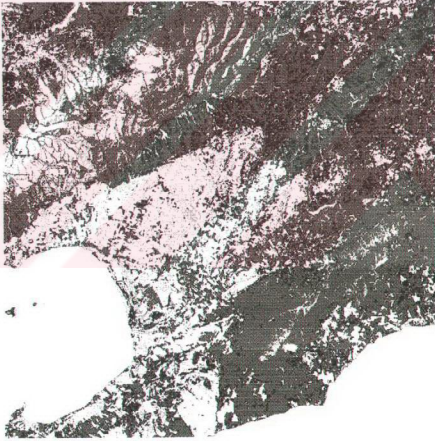
Korelasyonlu verileri belirleyerek minimum sayıda bantla, maksimum bilgiye ulaşmak için yapılan bu değerlendirmede ERDAS 7.5 görüntü işleme sistemindeki Prince algoritması kullanılmıştır. Maksimum varyansa sahip ilk üç bileşen Şekil 4.9'de verilmiştir.



(a)



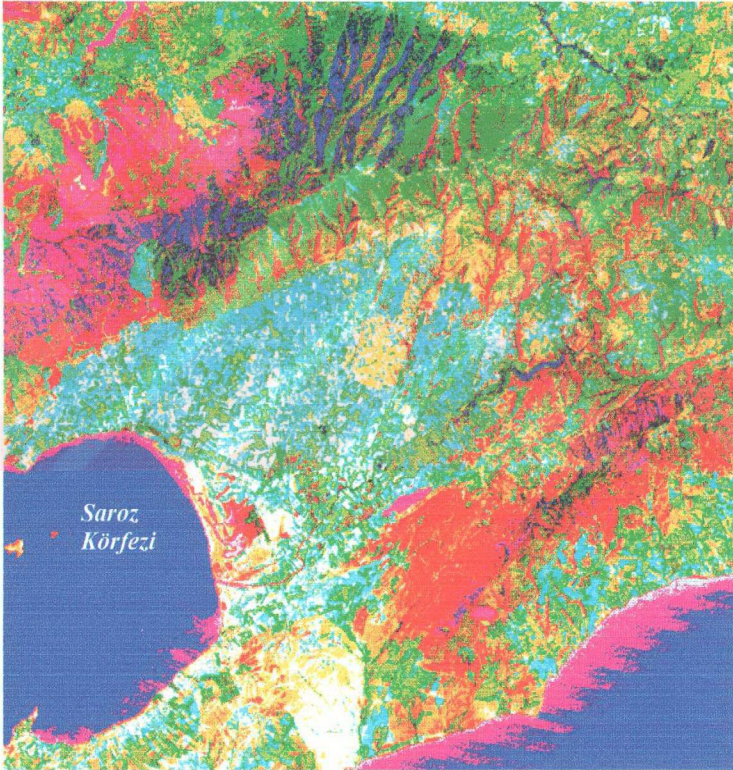
(b)



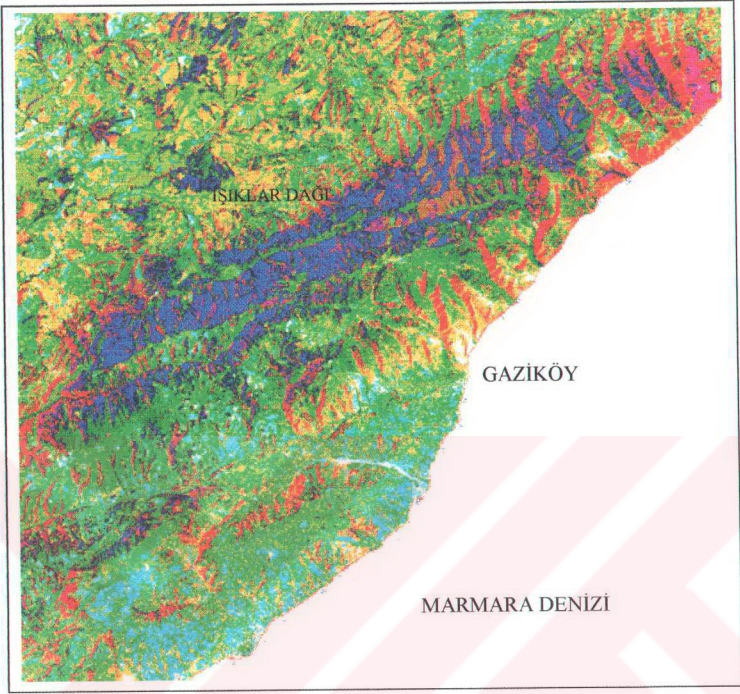
(c)

Şekil 4.9 (a) 1. Ana bileşen görüntüsü, (b) 2. Ana bileşen görüntüsü, (c) 3. Ana bileşen görüntüsü.

Landsat 5 TM verilerine uygulanan dönüşüm sonucunda 1.ana bileşenin varyansı 87.54, 2.ana bileşenin varyansı 9.93, 3.ana bileşenin varyansı 2.15,üç bileşenin toplam varyans 99.62 olarak bulunmuştur. Elde edilen renkli sonuç görüntüsünde orijinal görüntüye göre çok sayıda farklı yer yüzü özelliklerini gösteren cisimlerin kolaylıkla ayırt edilebildiği, arazi yapılarının keskin sınırlarla belirlendiği ve daha detaylı yorumlamanın yapılabildiği görülmüştür (Şekil 4.10,4.11). Birbirini izleyen bileşenler bir önceki bileşene dik olarak seçildikleri için bu veriler korelasyonsuzdur. Bu da sınıflandırılacak verilerin doğruluğunu artıracaktır.



Şekil 4.10 Ana bileşenler dönüşümü uygulanmış görüntü(Saroz-Koru Dağı bölgesi)



Şekil 4.11 Ana bileşenler dönüşümü uygulanmış görüntü (Işıklar Dağı bölgesi).

4.6 Sayısal Arazi Modeli

Genel anlamda Sayısal Arazi Modeli (SAM) arazi yüzeyinin sayısal ve üç boyutlu olarak ifade edilmesidir. Diğer bir deyişle amaca uygun olarak yüzeyi tanımlayan konumları bilinen yeterli sıklıkta noktalar yardımıyla (x,y,z) yüzeyin matematiksel ve sayısal olarak tanımlanmasıdır. Burada hangi sıklıkta noktaların belirleneceği önemli bir faktördür. Çünkü sayısal arazi modellerinin doğruluğu bu noktaların doğruluğuna ve araziye hangi sıklıkta ifade ettiğine bağlıdır. SAM yüzey ve topografya ile ilgili bütün analizleri görüntüleme ve modelleme imkanı sağlar. Yükseklik bilgisi sayesinde yeni bilgilerin yaratılması ve çalışma bölgesi hakkında iki boyutlu analiz ile mümkün olmayan değerlendirmelerin ve arazi yapılarının

ortaya çıkarılması mümkün olmaktadır. Veri kaynakları yer ölçmelerinden ,uzaktan algılama ve fotogrametrik yöntemlerden, mevcut topografik haritalar sayısallaştırılarak elde edilen verilerdir. Sayısal arazi modeli için veri kaynakları ve özellikleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

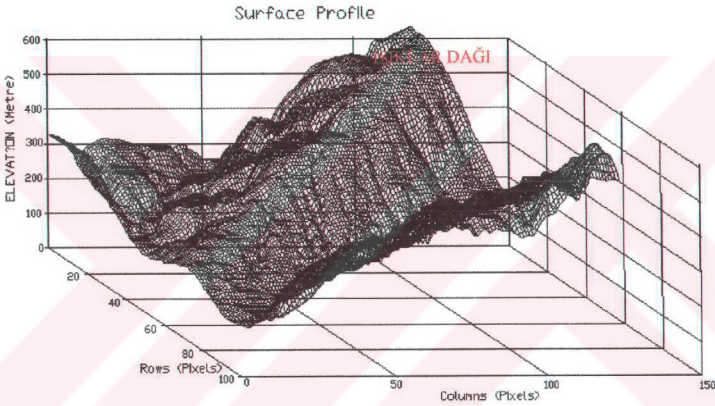
1 - Yer ölçmeleriyle elde edilen ölçüm değerleri (x,y,z), doğrudan bilgisayarın veri tabanına aktarılarak SAM oluşturulur. Araziyi belirleyen karakteristik yapılar ölçüldüğü için modelin doğruluğu yüksektir. Ancak büyük alanlarda veri toplama işlemi uzun zaman ve iş gücü gerektirir. Bu nedenle küçük alanlarda ve yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda kullanılması uygundur.

2 - Uzaktan algılama ve fotogrametrik yöntemlerden elde edilen stereoskopik veriler uygun aletler ve yazılımlar yardımıyla bilgisayar veri tabanına aktarılarak SAM oluşturulur. Bu yöntem verinin az olduğu veya ulaşılamadığı bölgelerde, büyük alanlarda hızlı ve ekonomik veri üretilmesini sağlar. Ancak veri kalitesi bir çok etkene bağlı olduğundan yüksek doğruluğa ulaşmak zordur.

3 – Mevcut, standart olarak üretilen haritaların eş yükselti (tesviye) eğrileri sayısallaştırılarak SAM oluşturulur. Günümüzde en çok kullanılan yöntemdir ve doğruluğu haritanın ölçeğine ve sayısallaştırma doğruluğuna bağlıdır. Diğer yöntemlere göre büyük alanlarda SAM'ı oluşturmak ekonomik açıdan daha uygundur.

SAM'nin yapılabilmesi için genellikle grid ve üçgenleme yöntemi olmak üzere iki tür yöntem kullanılır. Grid yönteminde arazi yüzeyine kare veya dikdörtgen şeklinde yerleştiği düşünülen ağız kesim noktalarının yükseklikleri hesaplanır. Yüzeyde yayılmış noktalar grid oluşturmuyorsa, noktalar arasında enterpolasyon yapılarak grid noktalarının yükseklikleri hesaplanır. Enterpolasyon yönteminde yapısal özelliklerin hesaba katılması, seçilen enterpolasyon fonksiyonunun yer yüzünün gerçek karakteristiğine uyma derecesi ve amaçlanan doğruluğun derecesi gibi kriterler göz önünde bulundurulmalıdır. Üçgenleme yönteminde yüzeye yayılmış noktalar arasında en yakın üç nokta birleştirilerek yüzey birbirine bağlı üçgenler ile modellenir. Yüzeyi en iyi modelleyen üçgenler eşkenar üçgenlerdir. Her iki yöntemde de kullanılan haritanın ölçeğine bağlı olarak yüzeye yayılmış noktaların sıklığı ve bu noktaların yüzeyi tanımlayabilirliği oluşturulan sayısal arazi modelinin doğruluğunu belirler.

Yapılan çalışmada, çalışma bölgesinin 1/25 000 ölçekli üretilen standart haritaları 20m. de bir sayısallaştırılarak veri grubu oluşturulmuş ve bu veriler AUTO CAD MAP programında düzenlenerek yüzeyin sayısal arazi modeli üretilmiştir. Amaç sayısal arazi modelinin uzaktan algılama verileriyle karşılaştırılarak yorumlanabilirliğinin artırılması olduğundan ve uzaktan algılama verileri de raster veri olarak ifade edildiğinden, sayısal arazi modeli oluşturulurken grid yöntemi kullanılmıştır. Gridler arası ne kadar kısa ise yüzeyin gösterimi o kadar doğru olur. Ancak büyük alanlarda verinin boyutunu arttıracığından PC bazlı çözümlerde sorun yaratır.



Şekil 4.12 Sayısal Arazi Modeli (Grid yöntemi,Isıklar Dağına doğru bakış)

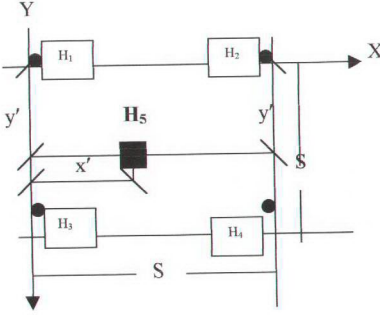
4.6.1 Sayısal Arazi Modeli ve Uzaktan Algılama Veri Entegrasyonu

Bilgisayar teknolojilerindeki hızlı değişimler son derece karmaşık olan problemlerin çözümünü sağlamıştır. Arazi yüzeylerinin modellenmesinde kullanılan bir çok verinin beraber değerlendirme olanağı yaratılarak, karmaşık yüzeylerin bilgisayar ortamında farklı büyüklükte ve farklı açıdan değerlendirilme olanağı doğmuştur. SAM doğal kaynakların yönetimi, planlama, mühendislik uygulamaları, yer bilimleri ve askeri uygulamalar gibi bir çok alanda kullanılmaya başlanılmıştır.

Vektör veri grupları ile üretilen sayısal arazi modelleri yüzeyde bir çok bilgiyi kapsamazlar (Şekil 4.12). Bu nedenle yorumlamada ve değerlendirmede arazi yüzeyleri hakkında çok şey söylenemez. Ancak arazi yüzeyindeki bilgileri tanımlayan, farklı zamanlarda üretilen bilgileri değerlendirme olanağı olan, yüzeyin yapısal özelliklerini belirleyen ve hızlı bilgi akışı sağlanan veri gruplarıyla çakıştırıldığında yorumlanabilir ve farklı disiplinler tarafından değerlendirilebilir sayısal arazi modelleri oluşturulabilir (Şekil 4.15). Günümüzde uydulardan elde edilen uzaktan algılama verilerinin kullanımı ve diğer verilerle entegrasyonunun yapılabilmesi bu konuya önemli bir ışık tutmuştur. Çünkü uzaktan algılama verilerinin kullanımı; bilgiye hızla ulaşılabilmesi, farklı dalga boylarında fazla ve değişik bilgilerin kaydedilmesi ve bunların kombinasyonlarının yapılabilmesi, arazi yapılarının belirli ölçekte belirlenebilmesi, sınıflandırılabilmesi, arazi örtü tiplerinin yer yüzü gerçek konumu ile bulunabilmesi gibi üstünlükleri taşımaktadır.

Bu amaçla 1/25 000 ölçekli haritadan 20 m. de bir eşyükselti eğrileri sayısallaştırılarak oluşturulan topografik veri dosyası grid yöntemi seçilerek modellenmiştir. Elde edilen model veri entegrasyonunun yapılabilmesi için uzaktan algılama verilerinin raster veri olması nedeniyle bu veri grubuna dönüştürülmesi gerekir. Bu nedenle oluşturulan sayısal arazi modelinin raster veriye dönüştürülmesinde çalışma için kullanılan Landsat 5 TM'nin çözünürlüğü olan 30 m. baz olarak alınmıştır. İki verinin çakıştırılması sonucunda uzaktan algılama verilerinin karşılığı olan parlaklık değerine karşı bir yükseklik değeri atanmış olur. Modele yükseklik faktörü verilerek SAM oluşturulur. Raster verideki SAM'da en yüksek noktanın gri değeri 255, en düşük noktanın gri değeri de 0 alınarak enterpolasyon yapılır ve vektör-raster dönüşümü sonucu gri değerler çıktı sonucu olarak alınır (Şekil 4.14).

Z yükseklik değerlerinin enterpolasyonunda bilinear enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde bir pikselin değeri kendine en yakın 4 noktanın (grid ağda 4 köşe) uzaklıkları ile ağırlıklı olacak şekilde hesaplanır. Bu teknik grid yönteminde yükseklik modeli için en iyi yöntemdir.



Şekil 4.13 Bilineer enterpolasyon yöntemi

● Gride ait yükseklikleri bilinen noktalar (H_1, H_2, H_3, H_4)

■ Enterpole edilen noktanın yüksekliği

H_i nokta yükseklikleri

S, grid değerinin boyutu

y' , hesaplanacak noktanın Y eksenine olan uzaklığı

x' , hesaplanacak noktanın X eksenine olan uzaklığı

X-Y, koordinat eksenleri

Önce Y ekseninde y' uzaklığına bağlı olarak sol ve sağ başlangıç noktalarının H yükseklik değerleri hesaplanır. Bunlar Y eksenı boyunca yüksekliği bulunacak pikselin bu eksen üzerinde karşılığı olan noktaların yükseklikleridir.

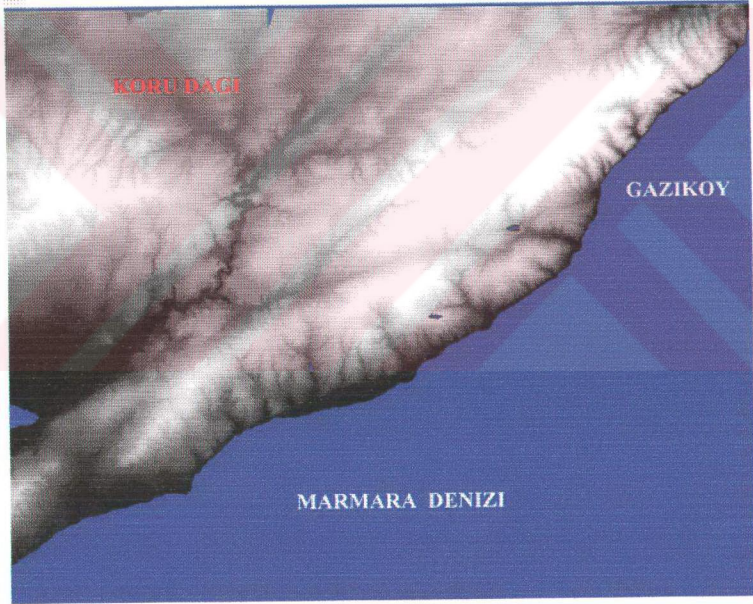
$$H_{SOL} = H_1 + (y' / S * (H_3 - H_1))$$

$$H_{SAĞ} = H_2 + (y' / S * (H_4 - H_2))$$

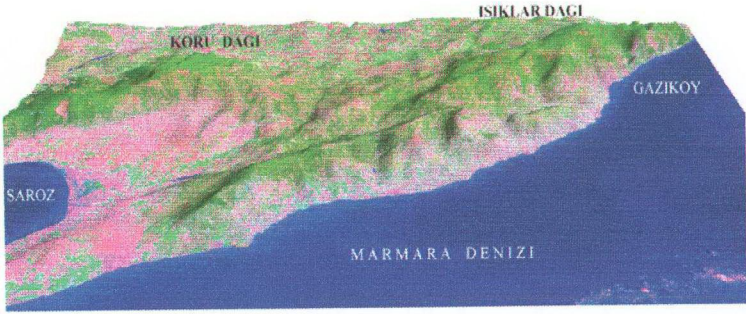
Aranan pikselin Z yükseklik değeri H_5 , Y eksenı boyunca bulunan iki nokta arasında ($H_{SOL}, H_{SAĞ}$) uzaklığına bağlı lineer enterpolasyon yapılarak hesaplanır.

$$H_s = H_{SOL} + (x' / S * (H_{SAG} - H_{SOL}))$$

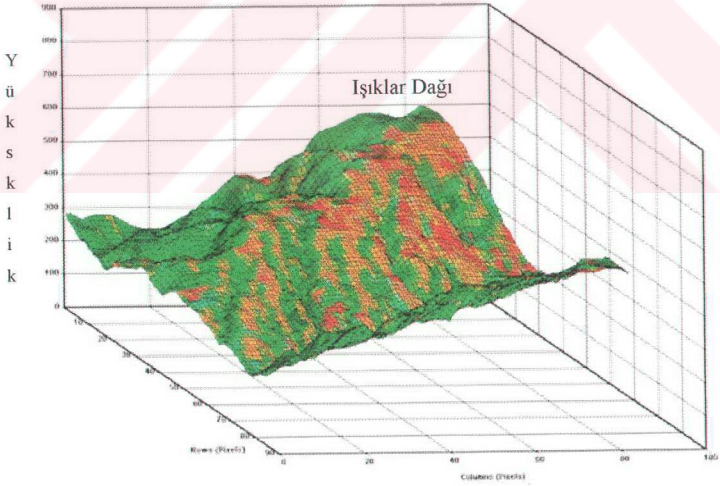
Burada enterpolasyon yöntemi olarak en yakın komşu ve kübik konvülyasyon yöntemi de kullanılabilir. Ancak En Yakın Komşu yönteminde bir pikselin değeri kendine en yakın pikselin değeri olarak atandığı için gerçek bir enterpolasyon yapılmaz. Diğer yöntemde ise pikselin değeri kendine en yakın 16 noktanın uzaklıkları ile ağırlıklı olacak şekilde enterpole edilerek hesaplanır.



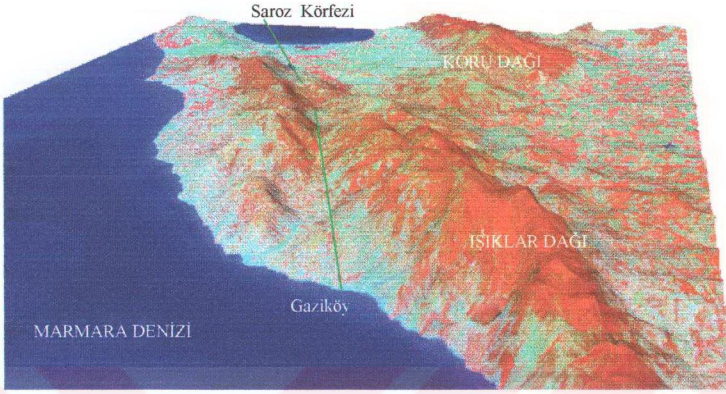
Şekil 4.14 Raster yapıdaki Sayısal Arazi Modeli



Şekil 4.15 Uzaktan algılama verileri ile karşılaştırılmış sayısal arazi modeli

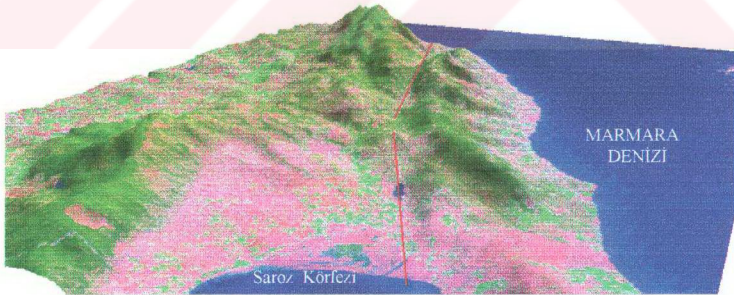


Şekil 4.16 Sayısal arazi modeli (Grid yöntemi ve uydu verileri ile karşılaştırılmış görüntü)



— KAF Gaziköy-Saroz Sekmenti

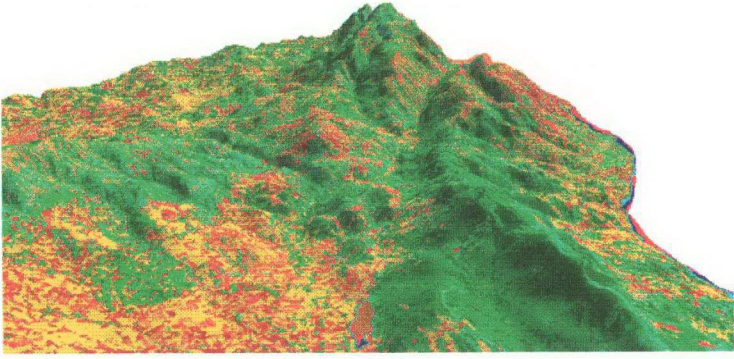
Şekil 4.17 Uzaktan algılama verileri (Landsat 5 TM 4,7,1 bant kombinasyonu) ile çakıştırılmış sayısal arazi modeli, Kuzey doğudan Saroz Körfezine doğru Kuzey Anadolu Fayı boyunca bakış.



— KAF Gaziköy-Saroz Sekmenti

Şekil 4.18 Uzaktan algılama verileri (Landsat 5 TM 7,4,1 bant kombinasyonu) ile çakıştırılmış Sayısal Arazi Modeli, Güney batıdan Kuru-Işıklar Dağına doğru Kuzey Anadolu Fayı boyunca bakış.

IŞIKLAR DAĞI



Şekil 4.19 Sınıflandırılmış uydu verisi ile çakıştırılmış Sayısal Arazi Modeli (Lejant Şekil 5.2'deki gibi)

4.7 Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafyaya bağlı problemlerin çözümünde izlenecek planlama süreci toplanan coğrafi veriye dayandırıldığından, bu bilgilerin etkili bir şekilde düzenlenmesi, bilgilerin içeriğinin, doğruluğunun, güvenilirliğinin korunması ve düzeltilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemine gerek vardır. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) coğrafi bilgilerin tüm formlarının güvenli biçimde saklanması, güncelleştirilmesi, işlenmesi, analizi ve görüntülenmesi için tasarlanan bilgisayar donanımı, yazılım, coğrafi veriler ve personelin organize edilmiş bir bütünüdür (Arslan,1993). Başka bir tanıma göre Coğrafi bilgi sistemi coğrafi nesnelere ait coğrafi verilerin toplanması, düzenlenmesi, depolanması, veri tabanı işlemleri, sorgulamalar, dönüşümler ve coğrafi analizler ile coğrafi bilgiye dönüştürülmesi ve coğrafi veri ve bilgilerin gösterilmesi için kullanılan geniş kapsamlı bir bilgi sistemidir (Şeker,1993).

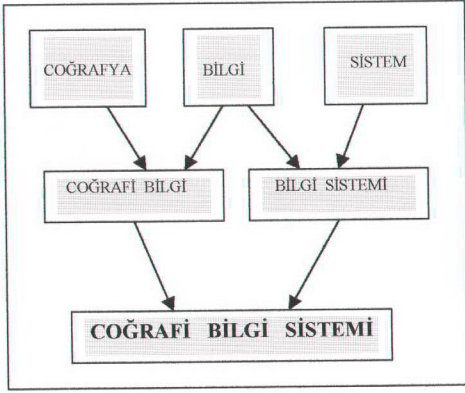
Günümüzde, yeni teknolojik gelişmeler coğrafi ve arazi bilgilerinin toplanması, depolanması, işlenmesi ve sunulması yöntemlerini olumlu yönde büyük ölçüde etkilemiştir. Bu gelişmeler haritacılık biliminin önemini arttırmış, buna paralel olarak bu bilimin alt dalları olan jeodezi, fotogrametri ve uzaktan algılama

konularındaki yeni ölçüm ve harita yapım teknikleri, arazi hakkında kısa sürede çok miktarda bilgi toplamayı olanaklı hale getirmiştir.

Uzaktan algılama teknolojisindeki gelişmeler hızlı bilgi toplama, değerlendirme ve kullanıcılara güvenilir bilgi aktarması bakımından bilgi sistemlerine önemli katkılar sağlamıştır (Campbell,1987,Ehlers ve diğ.,1989). Coğrafi Bilgi Sistemleri içinde uzaktan algılama verilerinin kullanılmasının temelinde oluşturulan sınıfların aynı koordinat sisteminde ifade edilebiliyor olması ve raster- vektör veri yapıları arasında dönüşümlerin sağlanıyor olması yatmaktadır (Ehlers ve diğ.,1991, Lunetta ve diğ., 1991). Vektör tabanlı üretilen bilgi sistemleri yazılımlarının görüntü verileri ile entegrasyonunun sağlanabilmesi için raster veri işleminin mutlaka desteklemesi gerekir. Bilgisayar teknolojisi ve bu teknolojinin beraberinde getirdiği yeni olanaklar kullanılarak disiplinler arası kullanılan bilgilerin ve coğrafi bilgi üreten kuruluşların bütünleştirilmesi ve böylece sistemin kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamak üzere organize edilmesi gerekmektedir. Bilgi Sistemlerinin yararları şöyle sıralanabilir.

- 1- Sistem içindeki bilgilerin paylaşımı,
- 2- Sistem içindeki bilgi fazlası, karmaşası ve bilgiler arasındaki tutarsızlığın önlenmesi,
- 3- Sistem içindeki bilgilerin bütünleştirilmesi,
- 4- Sistem içindeki bilgilerin sınıflandırılması.

Coğrafi veriye dayalı diğer veri grupları da (mekansal veriler, nüfus verileri ,deprem verileri,jeolojik, jeofizik ve jeomorfolojik veriler vb.) bu sistem içinde yer alır. Yerbilimleri açısından bölgeyi etkileyen bütün yapısal bilgiler, araştırmalar, iklim, deprem, yerleşim alanları, yerleşim alanlarının özellikleri, bitki örtüsü, arazi kullanımı, toprak yapısı ve dağılımı, orman, faylar ve özellikleri,morfoloji, tektonik yapı gibi bir çok özellik oluşturulan bir bilgi sisteminde veri kaynakları ne olursa olsun birbirleriyle ilişkilendirilerek değerlendirilebilir. Şekil 4.20'de Coğrafi Bilgi Sistemi kavramı verilmiştir.



Şekil 4.20 Coğrafi Bilgi Sistemi Kavramı

5. JEOMORFOLOJİK DEĞERLENDİRME

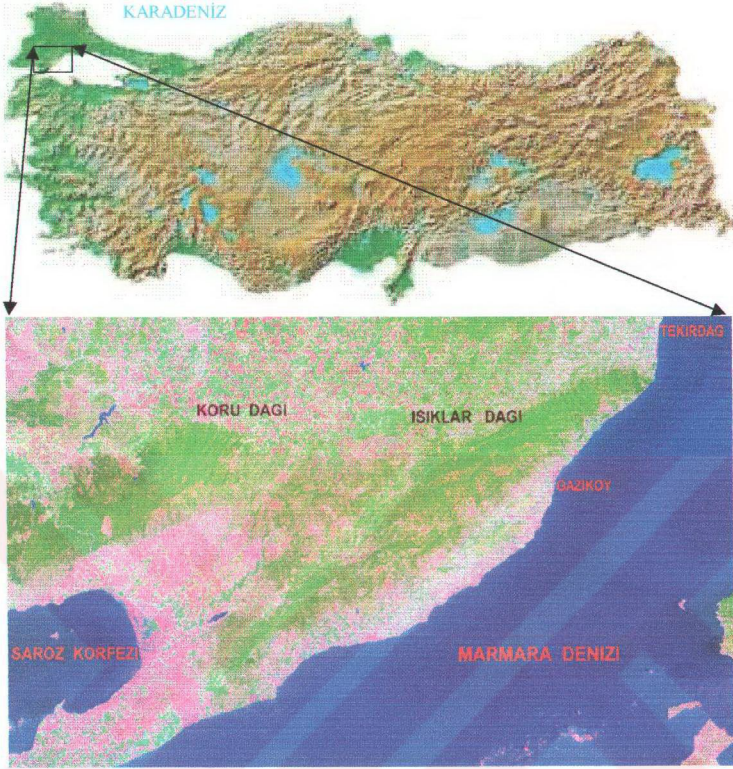
5.1 Bölgenin Konumu

Çalışma bölgesi olarak Türkiye'nin batısında Marmara Bölgesinde yer alan kuzeyde Tekirdağ-Malkara-Keşan Karayolu ile batısında Saros Körfezi güneyde Çanakkale Boğazının kuzeyi ile ve doğuda Marmara Denizi ile sınırlı alan incelenmiştir. Bölgenin coğrafi konumu 26° 30' - 27° 30' doğu ve 40° 20' - 41° 00' kuzey koordinatları arasındadır. Harita Genel Komutanlığının ürettiği 1/25 000 ölçekli 19 adet standart topografik harita incelenmiştir. İncelenen alan yaklaşık olarak 2500 km² 'lik alanı kapsamaktadır. Kuzey Anadolu Fayının batı kesiminin geçtiği bölgede (Gaziköy - Saros Körfezi arası, karasal kısım) Kuru Dağı, Işıklar Dağı ve Doluca Tepe bulunur. Ayrıca tarım alanları, orman alanları, makilik alanlar, yerleşim alanları vb. mevcuttur.

5.2 Bölgenin Jeomorfolojik Özellikleri

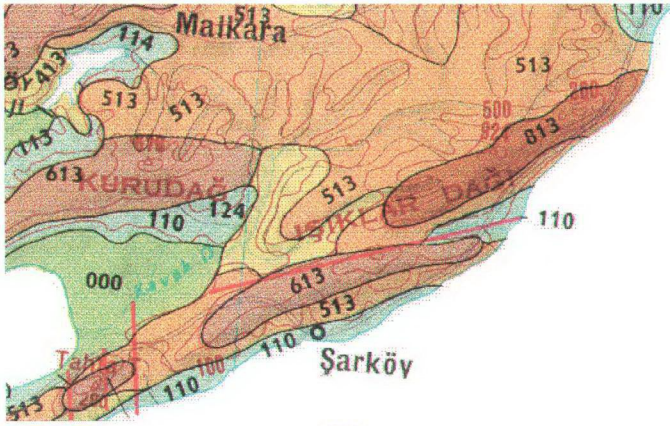
Jeomorfoloji, karalar üzerinde ve denizlerin altında litosferin yüzeyinde görülen şekilleri inceleyen, oluşum ve evrimlerini açıklayan, bunları sınıflandıran, coğrafi yayılış ve gruplanmalarını nedenleriyle birlikte araştıran bilim dalıdır (Erinç,1996). Jeomorfoloji, yerçekillerinin incelenmesidir ve böyle bir inceleme için yerçekillerinin özellikleri, dağılışları, çevresindeki diğer yerçekilleri ve başka olaylarla ilişkileri, oluş nedenleri ve gelişmelerinin bilinmesi gerekir. Bunlar ise yerçekillerini oluşturan güç, oluşum süreci ve yeryüzü yapısının denetimi altındadır. Bu üç etken arasında karşılıklı etkileşim yerçekillerinin biçimini oluşturur (Erol, 1993). Yeryüzü şekilleri arasındaki ilişkilerin, konumsal yapıları ile birlikte ortaya konması gerekir. Bir jeomorfolojik çalışma için en önemli kaynak hiç kuşkusuz yeryüzünün özelliklerini gösteren haritalardır. Ayrıca bu haritalarda üretilen bilgilerinde gösterilebilmesi olanağı olması gerekir. Türkiye Jeomorfoloji haritası ve uzaktan algılama verilerinden yararlanılarak bölgenin morfolojik özellikleri verilmiştir (Şekil 5.1, 5.2). Marmara Denizi batısında Işıklar Dağı Saros körfezi Kuzey Doğusunda

Koru Dağı fiziki açıdan bütünlük gösteren iki yüksek dağlık kütleli meydana getirir. Her iki kütle arasında Saroz Körfezine dökülen akarsuları direne eden geniş bir depresyon vardır. Gökbet depresyonu olarak adlandırılan bir olukla birbirinden ayrılırlar. Işıklar Dağı üzerindeki Uçakbaşı Tepe (924 m.) Koru Dağı üzerinde Kuştüneyi Tepe (676 m.) en yüksek noktalarıdır. Kuzey Anadolu Fayının güneyinde en yüksek tepe olarak Doluca Tepe (689 m.), en alçak yerler ise Saros Körfezi ile güney Marmara Denizi boyunca uzanan kıyı kesimleridir. Düzlük olarak en büyük alan bölgenin batısında yer alan ve zamanla Saros Körfezine doğru ilerleyen Evreşe ovasıdır. En büyük akarsuyu, Koru ve Işıklar dağı arasındaki bütün alanın drenajını Evreşe ovası üzerinden Saros körfezine ulaştıran Kavak Çay'ıdır. Genel olarak dağlık kesimler dalgalıdır ve nispeten bölge düz bir relief'e sahiptir. Işıklar dağının Gaziköy Tekirdağ arasındaki güney kesimi ile Koru dağının üst tepelerinin bir kısmı çok dik yamaçlara (%40+) sahiptir. Genel yapı itibarı ile geniş bir alan eğimli ve dik yamaçlardan oluşur (Altın 1992,Eldeniz,1996). Bu çalışmanın ilerdeki bölümlerinde eğim haritası verilecektir. Kuzey Anadolu Fayı Jeomorfolojik bakımından yer yer rift (çukurluk) vadisi özelliği gösterir. Bu tür vadiler belirgin topografya değişikliğine sebep olur ve faylanmalar sonucu ortadaki blok çukurlaşırken kenardakiler yükselir. Gaziköy-Saroz segmentinin orta bölümünde bu morfolojik özellik vardır. Bu vadiler uzaktan algılama verileri ve sayısal arazi modelleriyle kolaylıkla tespit edilebilir (Şekil 5.3). Bölgede yüzey şekillerinin şekillenmesinde genç tektonik hareketlerin ve akarsu ağının önemli rol oynadığı görülür.



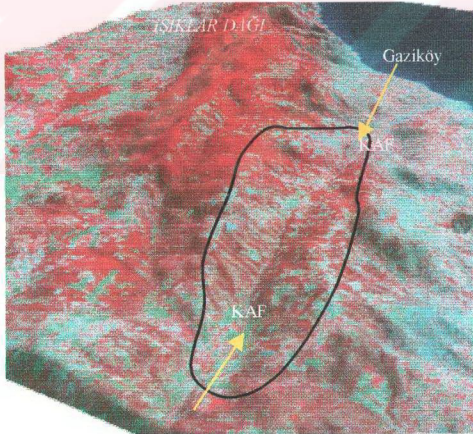
Şekil 5.1. Çalışma bölgesinin konumu ve Landsat 5 TM algılayıcısı 7,4,1 bant kombinasyonu görüntüsü.

Kuzey Anadolu Fayı'nın batı uzanımı olan Saros - Gaziköy Fayı'nın ani olarak güney batıya dönüşümü ve buna bağlı olarak ortaya çıkan daralma tektoniği sarp ve yüksek bir görünüm alan Işıklar dağı'nın yükselmesine neden olmuştur (Erinç ve Yılmaz,1978, Şengör,1982). (Şengör,1982) Işıklar dağı'nın kuzey doğu doğrultulu bindirmelerin üst bloğunu temsil ettiğini, dağın hemen yanında yer alan 1000 m. derinliğindeki çukurluğun izostatik dengenin bir sonucu olarak çökmelerden kaynaklandığını belirtir. Söz konusu bu bindirmeler topografya yüzeyinin bu kesimlerde arızalı bir görünüm almasına neden olmuştur. Kuru Dağları, Ege-Saros Körfezi çevresindeki tektonik rejimlerin etkisinde kalırken, Işıklar Dağı Marmara havzası çanağındaki tektonik gelişime bağlı kalmıştır (Altın, 1992).



- | | |
|--|--|
| Dağlar, Tepeler, DI, DII Sistemleri | Alçak Plato Düzlükleri, DIII Sistemleri |
| Ovalar (110) | Yayla, DIII Sistemleri |
| Ova ve Vadi Tabanları(000) | Eşyükselti eğrisi |
| | Faylar |

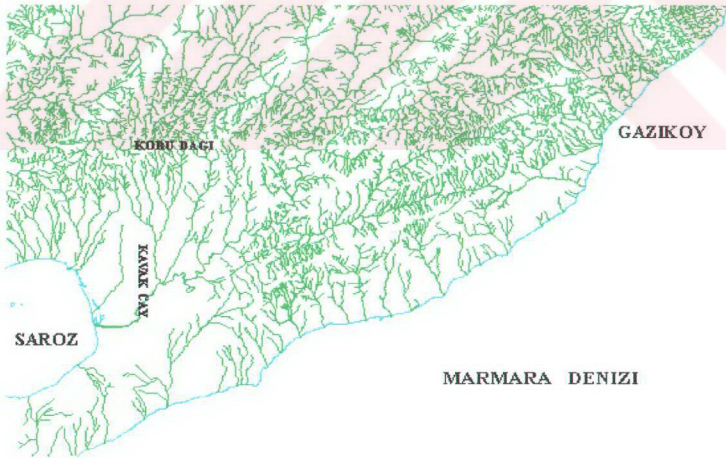
Şekil 5.2 Bölgenin Morfolojik Birimleri (Orijinal ölçek 1/1 000 000, Türkiye Jeomorfoloji Haritası, Erol, 1991).



Şekil 5.3 Kuzey Anadolu Fayı Gaziköy-Saroz Segmenti rift vadisi görünümü (Saros'dan Gaziköy-Işıklar Dağına doğru bakış)

5.2.1 Akarsu Ağı

İlksel topografya eğime uyumlu (konsekan) olarak oluşmuş olan akarsular, zamanla yapıya uyumlu (sübsekan) ve tektonik çizgiselliklere bağlı olarak gelişimi sürdürmüşlerdir. Çalışma alanında yer alan akarsuları Ege havzası akarsuları ve Marmara havzası akarsuları olarak ikiye ayırmak mümkündür (Eldeniz,1996). Kuru ve Işıklar Dağı'nın kuzey yamaçlarından toplanan sular Ergene havzası ile, Kuru Dağı güney yamacı ve Işıklar Dağı güney batı yamacı suları Kavak Çay'ı ile Ege'ye ulaşır. Doluca Tepenin güneyinde ve Işıklar Dağı'nın güney kesiminin K-G doğrultulu akarsuları Marmara havzasına dökülür. Kuzey Anadolu Fayı'nın bu kesiminde akarsu ağı fayın hareketinden etkilenerek yapısını oluşturmuştur. Bir bölgede akarsu ağı ne kadar sık ise yeryüzünün şekillenmesine ve morfolojiye etkisi o kadar etkilidir. Akarsu sıklığı genel itibarı; iklimin doğrudan veya dolaylı etkileri, yapı ve topografyanın etkileri, morfolojik evrim safhasının rolü gibi üç etkene bağlıdır (Erinç,1996). Bu etkenlerden morfolojik evrim safhasının başında akarsu sıklığı azdır. İklim ve yeryüzü yapısına bağlı olarak zaman ilerledikçe yeni akarsular ve yeni vadiler meydana gelerek akarsu ağı artar ve olgunluk aşamasında maksimum seviyeye varır.



Şekil 5.4 Bölgenin Akarsu Ağı.

5.2.2 İklim Koşulları

Flüvial aşınım ve birikim şekilleri, kütle hareketleri, mekanik çözülme ve kimyasal ayrışma, toprak horizonlarının belirlenmesi, doğal bitki örtüsünün dağılışı, iklim koşullarının sıcaklık ve yağış elemanlarına göre değişir. Bölgedeki iklim elemanları, 1930'dan 1985'lere kadar izleyen Tekirdağ ve Keşan Meteoroloji istasyonu verileri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 14.1° C, ortalama maksimum sıcaklık 18.6° C, ortalama minimum sıcaklık 9.6° C 'tır. Trakya'da ortalama yağış 550-1000 mm. arasındadır. Bölgeye düşen yağışların hepsi sağanak şeklinde olduğundan az eğimli yamaçlarda ani yağışların neden olduğu yüzeyel erozyon etkinlik kazanmıştır (Dönmez, 1990). Kıyı kesimlerde Akdeniz ikliminin, kıyıda uzak yüksek kesimlerde karasal iklime geçiş özelliği gösteren iklim koşullarının geçerli olduğu söylenebilir.

5.2.3 Bitki Örtüsü ve Toprak Yapısı

Bitki örtüsü iklim, rölyef ve toprak çeşitlerine göre değişik özellikler kazanır. Bölgede Kuru ve Işıklar Dağı dağlık alanları, kıyı şeridi maki kuşağı ve tarım alanları bulunur. Trakya'da yapılan çalışmalarda Kuru Dağı ve Işıklar Dağının yüksek kesimlerinde macar meşesi hakimken yer yer gürgen ağaç tiplerine rastlanır. Daha alçak kesimlerde kızıl çam ormanları gelişmiştir (Dönmez, 1990). Güneşe dönük olmayan kuzeye bakan yamaçlarda bitki örtüsü daha fazla gelişirken güneye bakan güneşe dönük yamaçlarda bitki örtüsü daha kurakçıl bir karakter almıştır (Eldeniz, 1996). Uzaktan algılama verileri kullanılarak bölgenin bitki örtüsü yapısı ve arazi kullanımı hakkında kısa zamanda bilgi edinilmesi mümkün olmaktadır.

Yeryüzünde eğimin dikleştiği alanlarda ortaya çıkan büyük ölçekli kütle hareketleri ile sellenmeler, büyük toprak kayıplarının olmasına ve yer şekli jenerasyonları üzerinde toprak örtüsünün fiziksel özelliklerinin değişmesine neden olur. Bölgede daha önce yapılan çalışmalarda beş farklı toprak tipi ayırt edilmiştir.

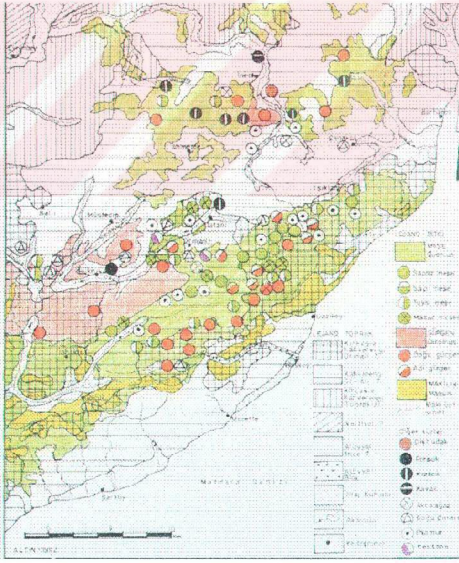
1- Kireçsiz Kahverengi Orman toprağı; yıllık yağışın 500-750 mm. olduğu nemli ılıman iklimin etkisinde kumlu-kil taşı, kireçli kumlu, killi, çakıllı depolar üzerinde gelişmiştir.

2- Kahverengi Orman toprağı; kireç bakımından zengin kil taşları, mikaşistler, gnayslar üzerinde gelişen ortalama yıllık yağışın 620-870 mm. olduğu kurak devresi bulunan nemli-ılıman iklim bölgelerinde görülür toprak tipidir. Orta derecede organik madde içeren bu topraklar killi tekstüre sahiptirler. Su tutma kapasiteleri fazla olduğundan bitki örtüsü de nispi farklılaşma gösterir.

3- Kireçsiz Kahverengi topraklar; çakıllı, kumlu, killi depolar ile özellikle parçalanmış kalkerli kumlu kil ve kumlu kil taşları üzerinde iklimin yarı nemli olduğu alanlarda gelişmiştir. Kum tekstüründeki toprakların su tutma kapasiteleri zayıftır ve bitki örtüsü ot ve ot-çalı karışıdır.

4- Vertisoller; nehir kollarının taşkın yatakları ve sekileri üzerinde gelişmiş dolgu alanları topraklarıdır. Gevşek, kumlu, killi, tın özelliğindeki bu topraklarda kil oranının fazlalığı nedeniyle kurak dönemlerde kabaran bir toprak yapısı dikkati çeker.

5-Alüvial topraklar; yüzey sularının tabanlarında veya etki alanlarında akarsular tarafından taşınarak yığılmış bulunan genç sedimentler üzerinde yer alan düz, düze yakın eğime sahip azonal, ince bünyeli, iyi drenajlı topraklardır.



Şekil 5.5 Işıklar Dağı bölgesinin toprak ve bitki örtüsü haritası (Altın, 1992).

5.3 Veri Kaynakları ve Uzaktan Algılama

Jeomorfolojik haritalar topografik haritalar üzerine çizilir. Bu nedenle topografik haritaların incelenip değerlendirilmesi amaca uygun olup olmadığının denetlenmesi gerekir. Topografik haritaların belirli standartları taşınması, ölçekli olması ve veri entegrasyonunu sağlayacak niteliklere sahip olması zorunludur. Bölgesel bazda yapılan jeomorfoloji çalışmalarında genellikle 1/25 000 ölçekli standart topografik haritalar kullanılır. Özellikle büyük alanlarda çalışmak, yorum yapmak, değerlendirmek ve arazide bizzat kontrol yapmak oldukça zordur. Uzaktan algılama verileri ve hava fotoğrafları başka kaynaklardan elde edilemeyecek bilgiler sunarlar (Goudie,1990). Ancak hava fotoğrafları yerde küçük bir alanı kapsar, siyah beyaz olduğundan yorumlamak zordur, arazide devam eden yapısal özellikleri izlemek bazen imkansızdır, farklı ölçekte ve farklı dönüklükte olabilir, dijital ortamda kaydedilmediğinden veri işleme zorluğu vardır,büyük alanlarda veri entegrasyonunu sağlamak oldukça pahalı ve zaman gerektirir. Fakat lokal bölgelerin değerlendirilmesinde önemli katkılar sunarlar.

Uzaktan algılamada görünür bölgenin dışındaki elektromanyetik enerji de kaydedildiğinden yüzey şekilleri hakkındaki bir çok bilgi çok spektrumlu olarak ve dijital ortamda kaydedilir. Kaydedilen bu veriler değişik disiplinlerde, değişik algoritmalar kullanılarak, bir çok amaç için bilgisayar ortamında değerlendirme olanağı sağlar. Jeomorfoloji açısından bu tür verilerin kullanımı diğer verilere göre bir çok avantaj sağlar (Rosenfeld, 1984).

1- Arazi yapısının arazide veya topografik haritalardan elde edilemediği durumda: Büyük alanlarda mesafelerin çok olması veya fiziksel zorluklar nedeniyle bir çok bilgiye kısa zamanda ulaşma imkanı yoktur. Harita yapımı sırasında arazinin her detayının tamamen görüldüğü durumlar oldukça azdır. Bu durumlarda önsel bilgilere ulaşılması, bölge üstünde bilinen değerlere ulaşılarak yorumlanması için uzaktan algılama verileri ve hava fotoğraflarının kullanımı yararlı olacaktır.

2- Daha önceki yapının tarihsel durumu ve zamanla değişimi hakkında bilgi: Özellikle dinamik yapıdaki yersel formdaki değişimler kısa aralıklarla farklı tarihlerde kaydedilen uzaktan algılama görüntüleri arasındaki farklılıktan kolayca tespit edilebilir. Uzaktan algılamada görüntünün kaydedildiği algılayıcılar ve sonuç

görüntüsünün ölçeği ve çözünürlüğü veri değerlendirmesinde önemli rol oynar. Çözünürlüğü düşük olan algılayıcılar ile küçük değişimleri bulmak güçtür. Son yıllarda geliştirilen algılayıcıların çözünürlükleri yüksek olması yeryüzü hakkında daha fazla detay elde edilmesini sağlamıştır. Yakın zamana kadar jeomorfoloğer zamana bağlı değişimleri belirlemek için hava fotoğrafları kullanmaktaydılar. Fakat periyodik olarak bölgeye bağlı hava fotoğraflarının elde edilmesi zordur. Özellikle askeri güvenlik söz konusu olduğunda daha da güçleşmektedir. Bu durumda sadece uzaktan algılama verileri kullanımı faydalı olacaktır.

3- Sinoptik görünüş: Uydu görüntülerinin sağladığı en önemli özelliklerden birisi, yeryüzünü, yersel yöntemlerle yapılan haritalardan çok daha farklı yapıda gösteriyor olmasıdır. Çöldeki kumul hareketlerin izlenmesi buna örnek olarak gösterilebilir. Uzaktan algılama verilerinin diğer verilere göre önemli bir avantajı tek bir görüntü ile daha geniş alanları göstermesidir. Bu durum bölgesel modellerin incelenmesi açısından önemlidir ve büyük bir avantajdır.

4- Özel algılayıcılar ile elde edilmiş veri kullanımı: Uzaktan algılama verilerinin en büyük avantajı, verinin görünen elektromanyetik spektrumun dışında kayıt edilebilmesidir. Ayrıca dijital olarak kaydedildiğinden verilerin bilgisayar ortamına kolayca aktarılması ve işlenmesi kolaylaşmıştır.

5.4 Morfometrik ve Eğim Haritalarının Hazırlanması

5.4.1 Klasik Yöntem (Erol Yöntemi)

Morfometrik haritalar klasik olarak 1/25 000 ölçekli topografik haritalar üzerinden çizilir. Erol'un geliştirdiği yöntem eşyükselti eğrileri arasında eğim sınıflandırmasına dayanır (Tablo 5.1). Bu yöntemde eş yükselti eğrileri arasındaki yükseklik farkı belli olduğundan harita ölçeğine göre eğriler arasındaki en kısa mesafe hesaplanarak, aralarındaki oranla yüzey eğimi bulunur. Amaç yüzey eğimlerinin hesaplanması ve yamaç değerlendirilmesi işlemleri, bunun haritada gösterilmesi, düz ve yassı yüzeyler ile diklikler ve eğim değişimlerinin (kırıklıklarının) belirlenmesidir (Erol,1993). Burada yamacın ortalama eğimi de hesaplanır. Toprak erozyonu, yüzeysel erozyon, taşkın, akış yada araziden yararlanma gibi bir çok değerlendirmede kullanılır. Ancak yüzey yamaç ilişkilerinin

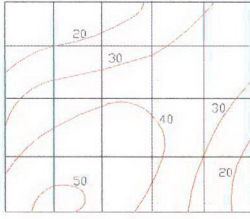
bu yöntemle ortaya konması oldukça uzun zaman ve işlem gerektirmesi nedeniyle, çalışma bölgelerinde bütünlük sağlayan yapısal yeryüzü şekillerinin büyük alanlarda analiz edilmesi oldukça zordur. Günümüzde bu tür çalışmaların bilgisayar ortamında ortaya konan algoritmalar ile değerlendirilmesi kaçınılmaz bir gereksinimdir.

Tablo 5.1 Eğimlerle eş yükselti eğrisi arasındaki ilişki (Erol, 1993).

Yer Yüzü Özellikleri		Eğim % 0	Haritanın Ölçeği (bin olarak)							
			1/25		1/50		1/100	1/200	1/800	
			Eş yükselti aralığı (m. olarak)							
			10	20	40	20	50	50	50	250
		Haritadaki eğri aralığı (mm. olarak)								
D ü z l ü k l e r Y a m a ç l a r	Tam Düzlük	0-1	40+	80+	160+	40+	100+	50+	25+	-
	Düzlük	1-2	40-20	80-40	160-80	40-20	100-48	50-24	25-12	+16
	Dalgalı Düzlük	2-5	20-8	40-16	80-32	20-8	48-20	24-10	12-5	16-6.5
	Az Eğimli Yamaç	5-10	8-4	16-8	32-16	8-4	20-10	10-5	5-2.5	6.5-3.2
	Eğimli Yamaç	10-20	4-2	8-4	16-8	4-2	10-6	5-3	2.5-1.5	3.2-1
	Dik Yamaç	20-40	2-1	4-2	8-4	2-1	6-2.5	3-1.2	1.5-0.6	1-0.78
	Çok Dik Yamaç	40-	1-	2-	4-	1-	2.5-	1.2	0.6-	0.78-

5.4.2 Bu Çalışmada Uygulanan Yöntem

Eş yükselti eğrileri ile birlikte sayısal olarak bilgisayar ortamına aktarılan 1/25 000 ölçekli topografik haritalardan yararlanılarak raster veri yapısında sayısal arazi modeli oluşturulmuştur (Bölüm 4). Öncelikle bilgisayar ortamına aktarılan topografik verilerin üzerine grid ağı yerleştirilerek, bu gridlerin birleştiği düğüm noktalarının yükseklikleri belirlenir. Sayısal arazi modeli raster yapıda üretileceği için piksel boyutu genellikle çakıştırılacak uzaktan algılama verilerinin çözünürlüğü ile aynı olarak alınır. Bilineer enterpolasyon yöntemi kullanılarak veri gurubu raster veriye dönüştürülür.



(a)

20	22	29	34
31	39	38	34
45	46	41	30

(b)

a	b	c
d	e	f
g	h	i

(c)

Şekil 5.6 (a) Topografik veriler ve gridler (b) Düğüm noktalarının Z yükseklik değerleri (c) Dönüşüm sonucu raster yapıdaki veri

3x3 boyutuna sahip bir yüzeyin eğimi şu şekilde bulunur. X,Y yönlerindeki ortalama yükseklik değeri (Δx , Δy) hesaplanır.

$$\Delta x_1 = c-a$$

$$\Delta x_2 = f-d$$

$$\Delta x_3 = i-g$$

(6.1)

$$\Delta y_1 = a-g$$

$$\Delta y_2 = b-h$$

$$\Delta y_3 = c-i$$

$$\Delta x = (\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3) / 3 * X_s$$

(6.2)

$$\Delta y = (\Delta y_1 + \Delta y_2 + \Delta y_3) / 3 * Y_s$$

a...i=3x3 boyutuna sahip piksellerin yükseklik değerleri,

$X_s = x$, yönünde piksel boyutu,

$Y_s = y$, yönünde piksel boyutu.

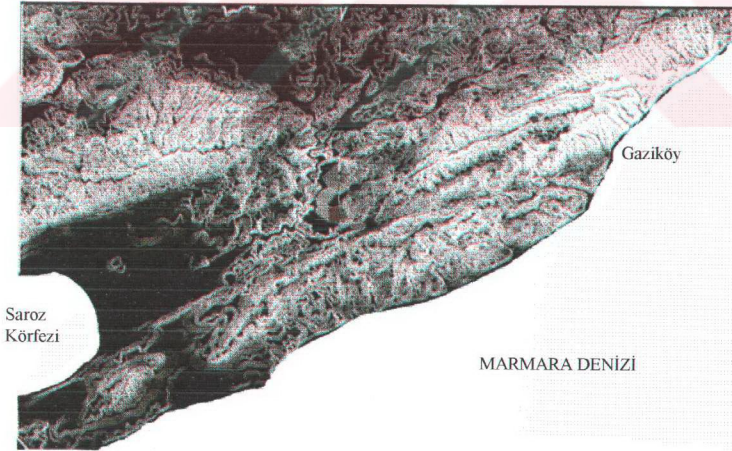
$$s = \frac{\sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}}{2} \quad (6.3)$$

s, eğim değeri.

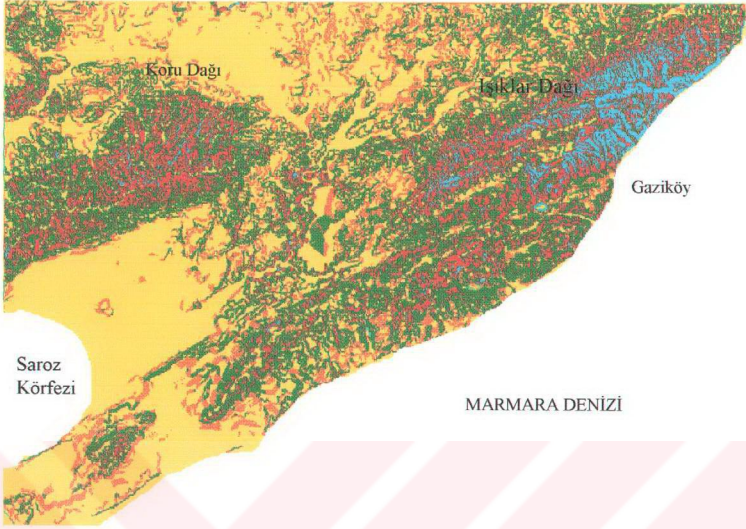
Eğim yüzde cinsinden ifade edilecekse s değeri 100 ile çarpılır. Eğim aı cinsinden de ifade edilebilir (Erdas Field Guide,1991).

$$s_{aı} = \tan^{-1}(s) * \frac{180}{\pi} \quad (6.4)$$

İşlenen bütün veriler bilgisayar ortamında olduğu için, çıktı verileri gruplandırılarak ve diğer veri gurupları ile birlikte çok hızlı entegre edilerek işlenebilir. Sonuçlara çok hızlı ulaşma imkanı olduğundan büyük alanlarda değerlendirme olanağı yaratılmış olur. Ayrıca arazide nerelere gidip çalışma yapmamız gerektiği ortaya çıkar ve arazide ulaşılamayan yerler hakkında hızlı ve ekonomik bilgi sunar. Bölgenin drenaj yapısı eğim haritalarından kolaylıkla değerlendirilebilir. Sayısal olarak bilgisayar ortamına aktarılmış üzerinde eş yükselti eğrisi bulunan bütün ölçekli haritalara bu yöntem uygulanabilir.



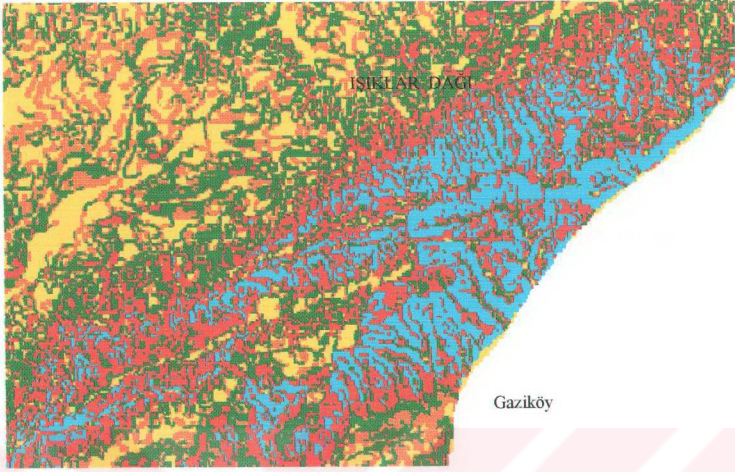
şekil 5.7 Eğim Haritası (Raster veri yapısında,eğimi yüksel olan yerler beyaz düşük olan yerler siyah).



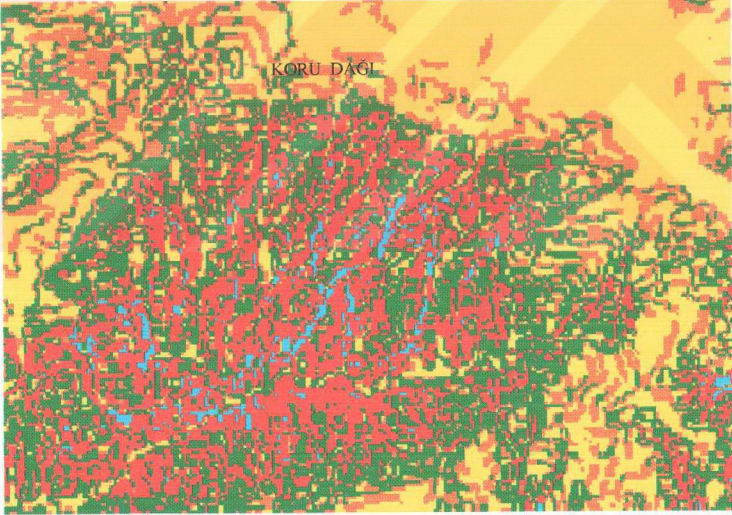
- | | |
|--|--|
| ● Düzlükler, Eğim % 0-5 | ● Eğimli Yamaç, Eğim %10-20 |
| ● Az Eğimli Yamaç, Eğim % 5-10 | ● Dik Yamaç, Eğim %20-40 |
| ● Çok Dik Yamaç, Eğim %40+ | |

Şekil 5.8 Eğim Haritası (Sınıflandırılmış)

Raster veri yapısında elde edilen eğim haritası (Şekil 5.7) 8 bit olarak 0 ile 255 gri renk tonunda kaydedilmiştir. Oluşturulan sayısal arazi modelinden sonra vektör-raster dönüşümü yapılarak minimum ve maksimum eğim değerleri farklı gri renk tonlarına atanmıştır. Düz alanlar (sıfır derece) siyah, çok dik alanlar beyaz olmak üzere aradaki eğim değerleri bu değerler arasında gösterilmiştir (Şekil 5.7). Erol yöntemine göre eğim haritaları sınıflandırılarak renklendirilmiştir. Eğim haritası düzlükler % 0-5 eğimli, az eğimli yamaç % 5-10 eğimli, eğimli yamaç % 10-20 eğimli, Dik yamaç % 20-40 eğimli, çok dik yamaç % 40-100 eğimli olmak üzere 5 grup da sınıflandırılmıştır. (Şekil 5.8). Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da Işıklar ve Kuru Dağı'nın eğim haritası verilmiştir.



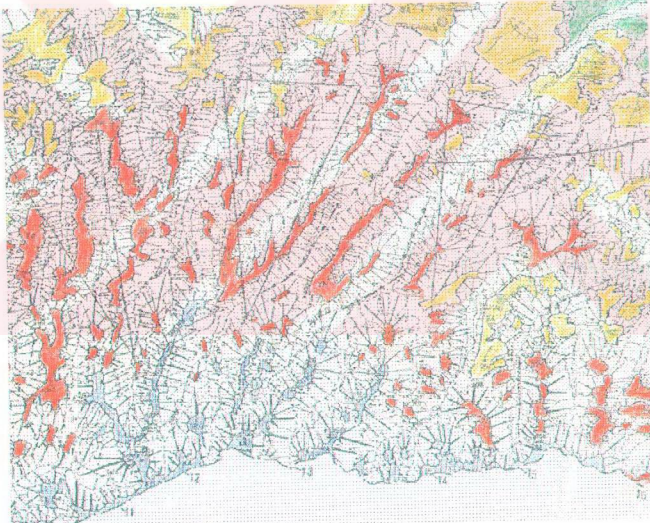
Şekil 5.9 Sınıflandırılmış eğim haritası (Isıklar dağı).



Şekil 5.10 Sınıflandırılmış eğim haritası (Koru dağı).

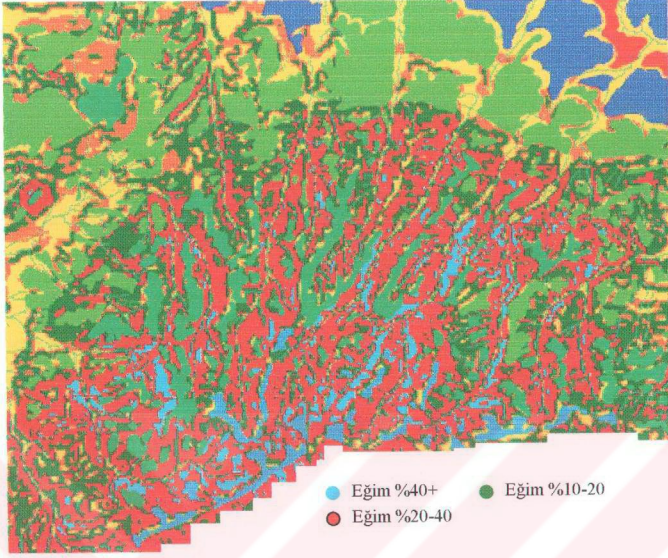
5.4.3 Uygulanan Yöntemin Test Edilmesi

Erol yöntemine göre ve Erol yönetiminde bölgede yapılan doktora çalışmalarından üretilen jeomorfolojik haritalar yersel veri olarak kullanılarak bu yöntem test edilmiştir (Altın,1992, Eldeniz, 1996). Klasik olarak üretilen jeomorfolojik harita üzerinden çizilen yerçekli jenerasyonları (yüzeyler) sayısallaştırılarak elde edilen eğim haritası ile karşılaştırılmıştır (Şekil 5.12). Değerlendirme sonucunda iki yöntemle elde edilen eğim haritalarının ve yüzeylerin çakıştığı görülmüştür. Ancak bu çalışmada kullanılan yöntem sayısal ortamda olduğu için kısa zamanda sonuç elde edilmesi, büyük alanlarda çalışma kolaylığı ve diğer verilerle kısa zamanda entegrasyonunun sağlanabilmesi gibi önemli avantajlar sağlar. Ayrıca elde edilen eğim değerlerinin sorgulanabilme özelliği vardır ve sonuç ürünler ölçekli olarak alınabilir.



- DI Aşınım Yüzeyi ● DIII Aşınım Yüzeyi
- DII Aşınım Yüzeyi ● SY Yüksek Sekileri

Şekil 5.11 Kuru dağı kuzey kesiminin jeomorfoloji haritası (Eldeniz, 1996).

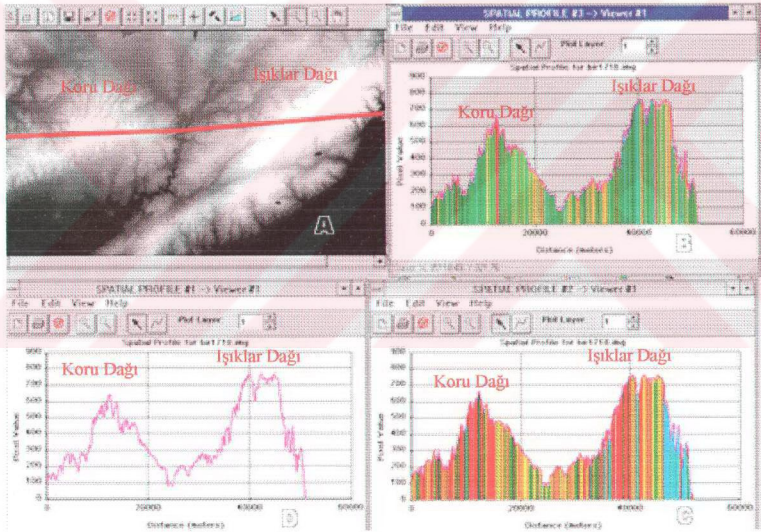


Şekil 5.12 Eğim haritası ile çakıştırılmış jeomorfoloji haritası (Eğim haritasının lejantı şekil 5.8 gibi alınmıştır).

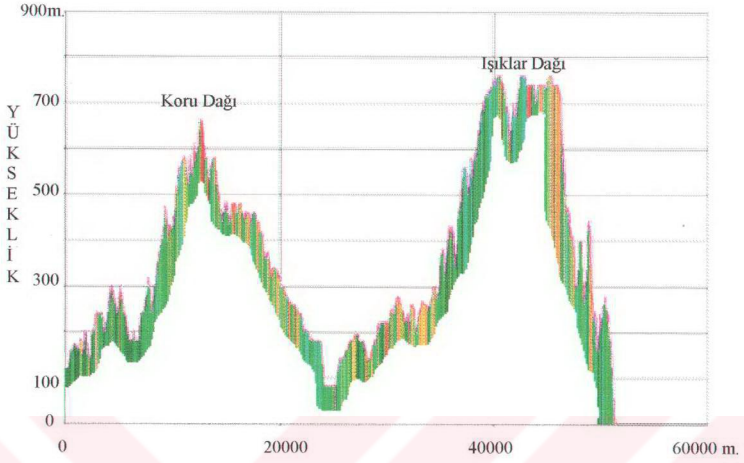
5.5 Profiller

Topografik özelliklerin incelenmesi, esas yapılarının ortaya konması, yerşeklinin tanımlanması ve yorumlanması aşamalarında en yararlı araçlardan birisi profillerdir. Gerçekte bir harita üzerinde iki boyut bulunur. Profil düşey doğrultuda üçüncü boyutu da bunlara ekleyerek topografyanın karakteristik şekillerini, yükseltileri ile eğim arasındaki ilişkiyi ortaya koyar. Özellikle yüzeylerin bulunması durumunda bunların yükseltileri, eğimleri, yüzey kademeleri ve devamlılıkları profil serileri yardımıyla kolaylıkla saptanabilir. Ayrıca topografik profil jeolojik kesite dönüştürülerek topografya-yapı ilişkileri hakkında önemli bilgiler elde edilebilir.

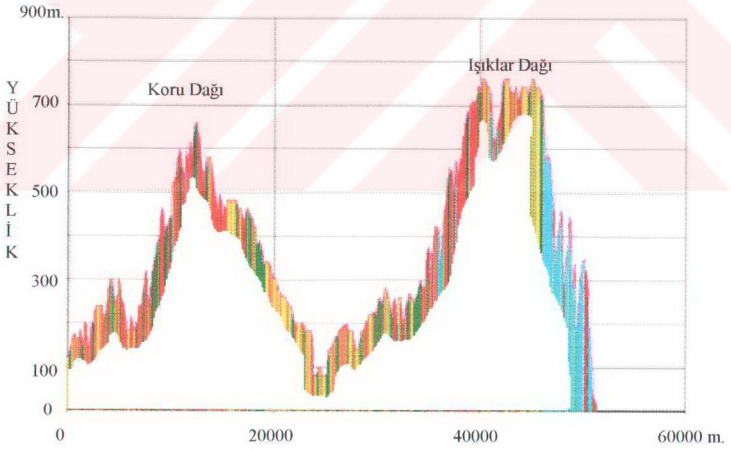
Yapılan sayısal arazi modeli üzerinden istenen her açıdan arazinin modellenebilmesi ve profillerinin elde edilebilmesi arazinin yapısal özelliklerinin tanınabilmesi açısından önemli bir avantajdır. Uzaktan algılama verileri ile elde edilen arazi örtüsünün (sınıflandırılmış görüntü) profille karşılaştırılması, arazi kullanımı ile yapı ilişkisini ortaya konması bakımından önemlidir (Şekil 5.14). Ayrıca oluşturulan eğim haritası ile arazi profili karşılaştırılarak arazi yapısı ve aşınım yüzeyleri hakkında değişik açılardan bilgi edinme olanağı yaratılmıştır. Genel olarak yamaçların değerlendirilebilmesi için ne suretle aşınarak şekillendiklerini gösterme bakımından ve vadilerin karakterini belirleyen özelliklerin analizi için enine profil serileri kullanılır. Gerek vadilerde, gerekse vadilerin dışında yamaçların özellikleri yapı, morfolojik evrim, litoloji ve iklim gibi etkenlerin şekillenme üzerindeki etkilerini ortaya koymaya geniş ölçüde yardımcı olur (Erinç, 1996).



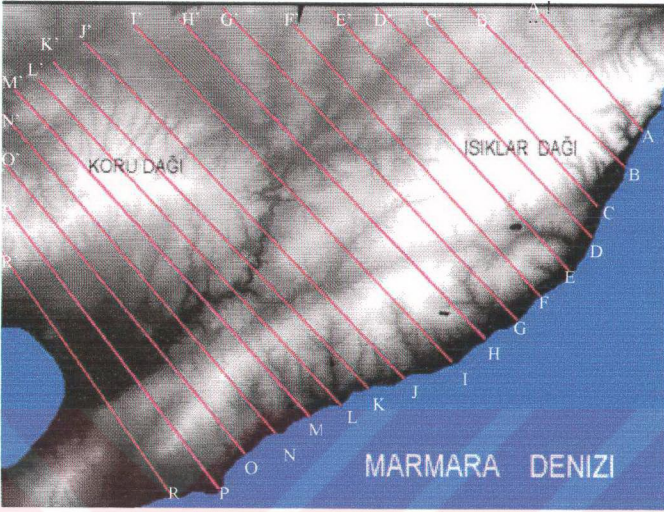
Şekil 5.13 Işıklar ve Kuru Dağı arasında alınan profiller. (A) Sayısal arazi modeli üzerinde alınan profilin yerini, (B) Profil üzerindeki topografya ile arazi kullanımını (arazi örtüsü)(lejant şekil 4.2 gibi), (C) Profil üzerindeki topografya ile eğim ilişkisini (lejant şekil 5.8 gibi), (D) Profil üzerindeki topografya'yı gösterir.



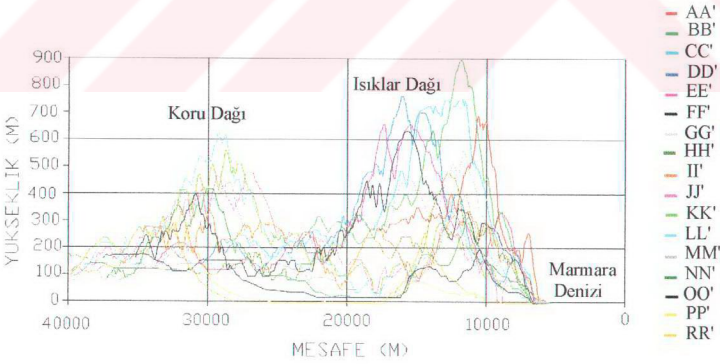
Şekil 5.14 Topografya arazi kullanımı ilişkisi (lejant şekil 4.2 gibi).



Şekil 5.15 Topografya eğim ilişkisi (lejant şekil 5.8 gibi)

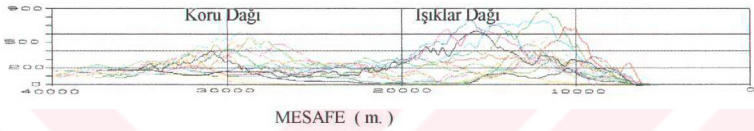


Şekil 5.16 Alınan enine profillerin sayısal arazi modeli üzerinde gösterimi.



Şekil 5.17 Üst üste bindirilmiş profil serileri (Düşey ölçek abartılmış).

Yapılan bütün çalışmalar sayısal ortamda olduğu için kısa zamanda istenilen bölgede istenen büyüklükte (ölçekte) profil serileri alınabilir. Bu çalışmada, ayrıca topografik yapıyı gösteren bu profil serileri ile, yüzey özelliklerini gösteren bütün yapılar birlikte değerlendirilebilir ve analiz edilebilir olduğu gösterilmiştir (Şekil 5.13, 5.14, 5.15). Her bir profil serisi, ayrı ayrı üzerine yüzey bilgileri çakıştırılarak yorumlanabilir. Profil üzerinde mevcut jeoloji özelliklerini gösteren yapılar mevcut ise bu yapılar da profil üzerine diğer bilgilerle birlikte işlenebilir. Şekil 5.18'de üst üste bindirilmiş profil serileri, düşey ölçek yaklaşık dört kat abartılarak verilmiştir.

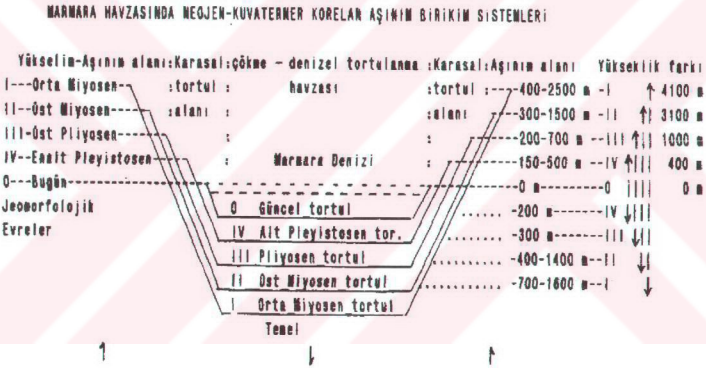


Şekil 5.18 Üst üste bindirilmiş profil serileri (Abartma düşey ölçekte 4 kat).

5.6 Aşınım Yüzeylerinin Belirlenmesi (Yüzey-Yamaç ilişkisi)

Aşınım şekilleri, çeşitli evrelerdeki birikim şekillerinin dış güçler etkisiyle aşınması sonucunda oluşan şekillerdir (Erol, 1993). Birikim şekillerinde yer yapısı egemen bir etmen olduğu halde, aşınım şekillerinde egemen etmen olarak oluşum sürecinin evresi ortaya çıkmaktadır. Genel olarak bir yerşeklinin gelişimi onun iç güçler yada volkanik etkinlik sonucu oluşumu ile başlar ve aşınım daha sonraki evrelerde etkili olur. Aşınımın etkili olduğu zamanlarda yerşekilleri biçim değiştirmeye, ufalanmaya ve hatta bu zaman içinde yok olmaya başlar. Jeomorfoloji de yerşekillerinin oluşumu, birbiriyle ilgi ve bağlılığının saptanması, olay ve şekillerinin yaşının, yerşekli birimlerinin ortaya konulması gerekir. Yani yeryüzü birimlerinin saptanması gerekir. Jeomorfolojik birimleri oluşturan aynı döneme ait morfo-klimatik şartlar altında şekillenen ve yerşekilleri jenerasyonları olarak değerlendirilen, aşınım yüzeyi sistemlerinin etkilediği tektonik hareketleri ve bu hareketlerin yerşekillerine yansımalarının bir bütün olarak değerlendirilmesi gerekir. Aşınım yüzeylerinin belirlenmesi amacıyla Erol'un geliştirdiği ve çalışmanın esasını oluşturan sistemde, aşınım yüzeyleri ve bunların yaşıt (korelan) çökelleriyle birlikte değerlendirilmesi sonucunda aynı morfo-klimatik şartlarda oluşan yerşekli jenerasyonlarının ayırt

edilebilmesi mümkün olmaktadır (Erol, 1979,1983a). Bu sistemde yerşekli jenerasyonları eskiden yeniye, yükseklerden çukurlara doğru sıralanıp isimlendirilmiştir (Erol 1983a,1991,1993a). Bazı radyometrik yaş verilerinin ışığı altında yapılan çalışmada şu sonuçlara varılmıştır (Erol ve Çetin, 1995) (Şekil 5.19). Marmara Denizi tektonik oluşu, Üst Miyosen sonlarından bu güne toplam 4100 m. derinleşmiştir. Ancak derinleşme hızında günümüze doğru azalma eğilimi olduğunu, bununda dikey derinleşmeden yanal deformasyona doğru dönüşümün kanıtı olabileceğini açıklamıştır. Yine Marmara ve Trakya havzaları çevresindeki yüksek yerlerde aşınım yüzeyleri üzerinde yapılan jeomorfolojik araştırmalar, aşınım evreleri ile havzalarda o yüzeylerin korelasyonu olan formasyonlar arasında tam bir uyum olduğu belirtilmiştir (Siyako ve diğ.,1989).



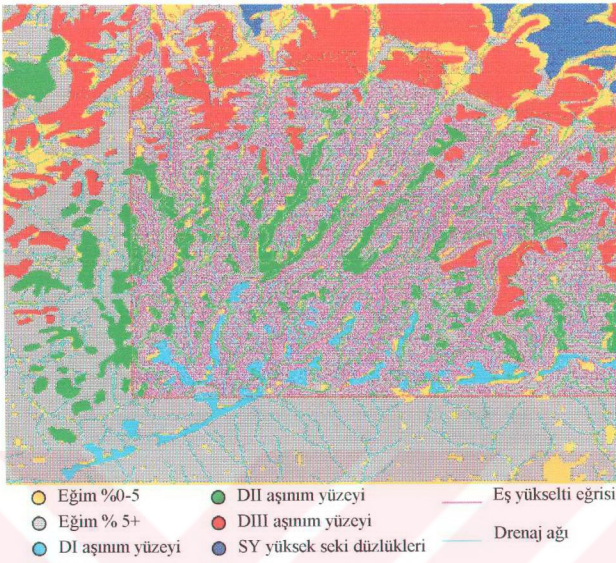
Şekil 5.19 Marmara Bölgesi aşınım yüzeyleri ve birikim sistemleri (Erol, 1995, Wong ve diğ.,1995).

Bölgede yapılan çalışmalarda (Işıklar dağı ve Kuru dağı) aşınım yüzeyleri yüksekliklere göre eskiden yeniye doğru gruplandırılmıştır (Altın,1992, Eldeniz,1996). Tablo 5.2' de bu değerlendirme verilmiştir.

Tablo 5.2 Yerşekli Jenerasyonları (Işıklar dağı, Kuru dağı bölgeleri).

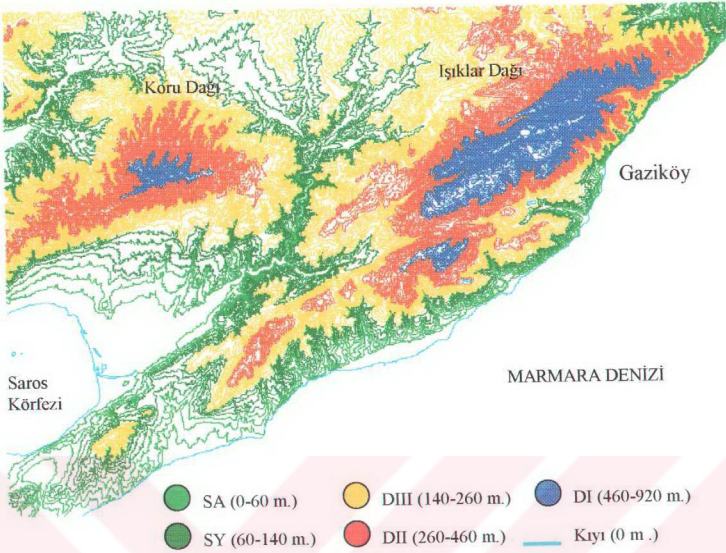
YERŞEKLİ JENERASYONLARI			
IŞIKLAR DAĞI BÖLGESİ		KURU DAĞI BÖLGESİ	
SEMBOL	MORFOKLİMATİK ÖZELLİKLER	SEMBOL	MORFOKLİMATİK ÖZELLİKLER
DI Aşınım Yüzevi Sistemi	Alt-Orta Miosen dönemi Sıcak-Nemli şartlar 470-924 m. arası	DI Aşınım Yüzevi Sistemi	Alt-Orta Miosen dönemi Sıcak-Nemli şartlar 450-700 m. arası
DII Aşınım Yüzevi Sistemi	Üst-Miosen dönemi Kurak-Yarıkurak şartlar 270-470 m. arası	DII Aşınım Yüzevi Sistemi	Üst-Miosen dönemi Kurak-Yarıkurak şartlar 300-450 m. arası
DIII Aşınım Yüzevi Sistemi	Üst-Pliosen dönemi Subtropikal-Nemli şartlar 130-270 m. arası	DIII Aşınım Yüzevi Sistemi	Üst-Pliosen dönemi Subtropikal-Nemli şartlar 150-300 m. arası
SY ₁ Yüksek Seki Sistemleri	Enalt-Pleistosen dönemi Subtropikal-Nemli şartlar 90-130 m. arası	SY ₁ Yüksek Seki Sistemleri	Enalt-Pleistosen dönemi Subtropikal-Nemli şartlar 90-150 m. arası
SY ₂ Yüksek Seki Sistemleri	Orta-Pleistosen dönemi Subtropikal-Nemli şartlar 50-90 m. arası	SY ₂ Yüksek Seki Sistemleri	Orta-Pleistosen dönemi Subtropikal-Nemli şartlar 30-90 m. arası
SA ₁ Alçak Seki Sistemleri	Üst-Pleistosen dönemi Serin-Nemli şartlar 35-50 m. arası	SA ₁ Alçak Seki Sistemleri	Üst-Pleistosen dönemi Serin-Nemli şartlar 10-30 m. arası
SA ₂ Alçak Seki Sistemleri	Üst-Pleistosen dönemi Serin-Nemli şartlar 10-35 m. arası	SA ₂ Alçak Seki Sistemleri	Üst-Pleistosen dönemi Serin-Nemli şartlar -----
VT Vadi Tabanları	Holosen dönemi 1-10 m. arası	VT Vadi Tabanları	Holosen dönemi 1-10 m. arası

Bu değerlendirmeler baz alınarak elde edilen eğim haritasındaki düzlükler topografik haritadaki eş yükselti eğri yüksekliklerine göre sorgulanarak yerşekli jenerasyonları ayrı ayrı bulunmuştur. Kontrol amacıyla Kuru Dağı bölgesinde değerlendirme yapılmıştır. Elde edilen eğim haritası üzerine daha önce belirlenen aşınım yüzeyleri ve eş yükselti eğrileri getirilerek, yüzeyler test edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan yöntemle bulunan düzlükler ile aşınım yüzeyleri (Şekil 5.20 görüldüğü gibi) büyük bir doğrulukla belirlenmiştir.

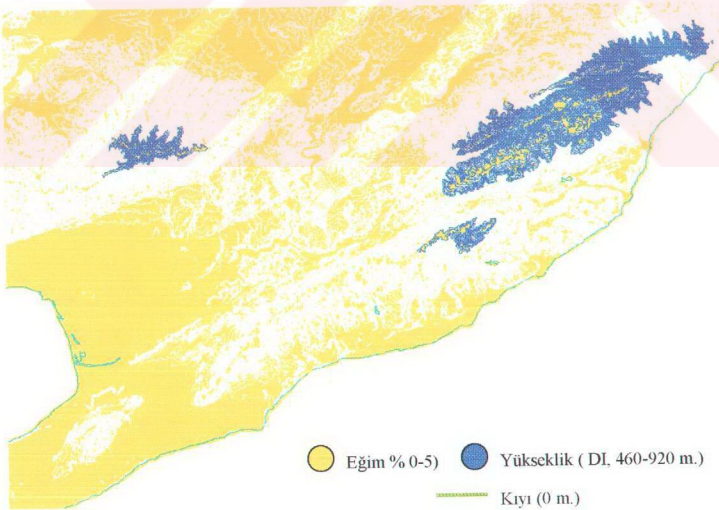


Şekil 5.20 Test edilen aşınım yüzeyleri.

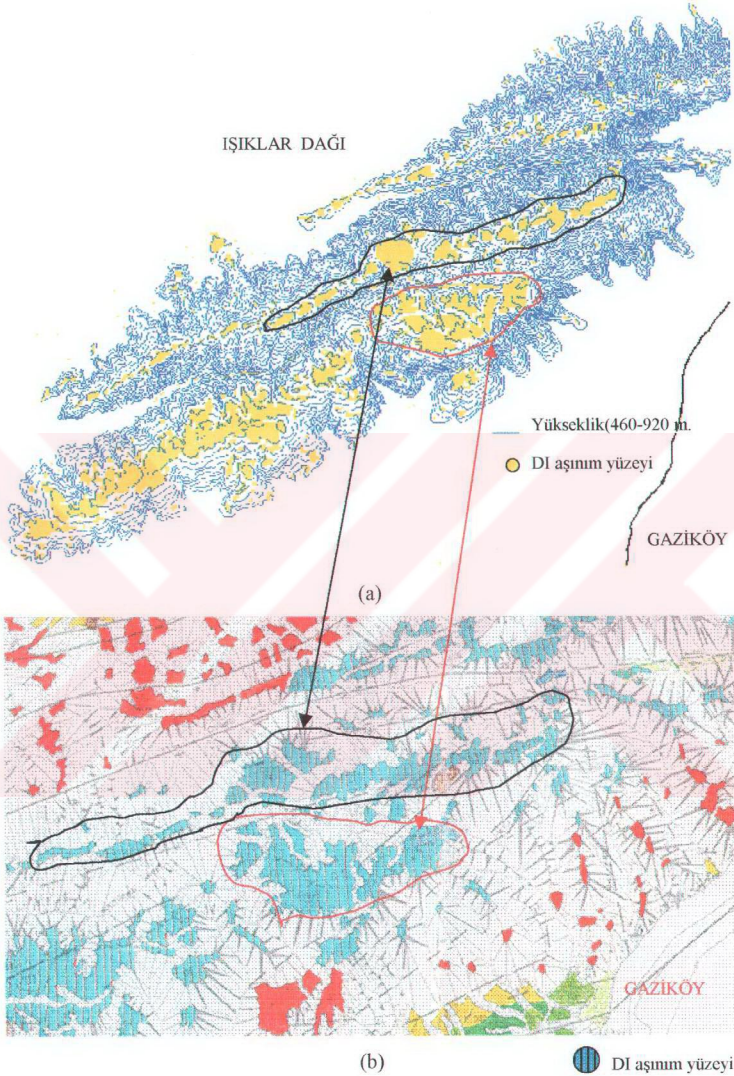
Sayısallaştırılarak 20 m. de bir bilgisayar ortamına aktarılan eşyükselti eğrileri arasında yüksekliklerine göre yüzeylerin belirlenebilmesi için gruplandırma yapılmıştır. Bu gruplandırmalar daha önce bölgede yapılan jeomorfolojik çalışmalar ve bu çalışmalarda yapılan eşyükselti eğri grupları esas alınarak, belirlenecek yüzeylere göre değerlendirilmiştir (Şekil 5.21). Amaç gruplandırılan bu haritanın eğim haritası ile birlikte sorgulanarak yüksekliklere göre aşınım yüzeylerinin analiz edilmesidir. Bütün yüzeyi ve bütün bilgileri birlikte değerlendirmek büyük alanlarda bilgi karmaşığı yaratır. Bu nedenle bilgi sistemi içinde değerlendirilen veriler arasında gerekli bilgilerin alınabilmesi için, verileri bir birleri ile ilişkilendirilmesi günümüzde bilgisayar teknolojisine bağlı olarak bir zorunluluk haline gelmiştir. Çalışmada yerşekilleri jenerasyonları (Tablo 5.2 deki gibi) SA, SY, DIII, DII ve DI sistemleri yüksekliklerine ve eğim değerlerine göre sorgulanmıştır. Bu amaçla DI aşınım yüzeyleri genel olarak ve Işıklar Dağı bölgesinde daha önce klasik olarak yapılan jeomorfolojik harita ile birlikte verilmiştir (Şekil 5.22, 5.23 a,b).



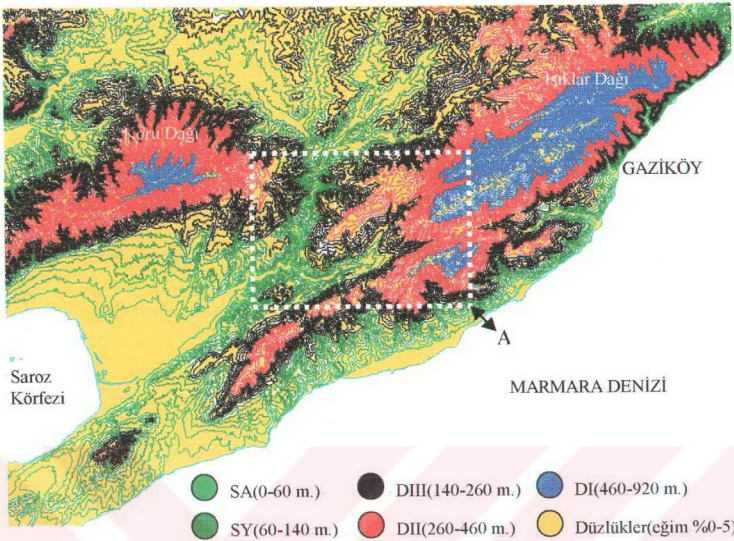
Şekil 5.21 Aşınım yüzeyleri yüksekliklerine göre sınıflandırılmış eşyüksekti eğrili harita (Orijinal ölçek 1/25000).



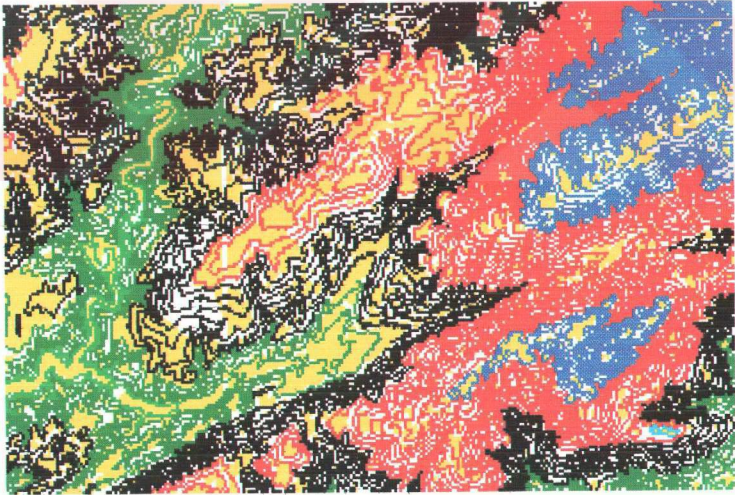
Şekil 5.22 Eğim ve yüksekliklerine göre sorgulanmış görüntü.(D-I aşınım yüzeyi eğim % 5, yükseklik 460-920 m. arası).



Şekil 5.23 Sorgulanan D-I yüzeyinin karşılaştırılması. (a) Işıklar Dağı bölgesinde yüksekliklere ve eğime göre sorgulanmış D-I aşınım yüzeyleri. (b) Klasik yöntemle yapılmış D-I aşınım yüzeyleri (Altın,1992).



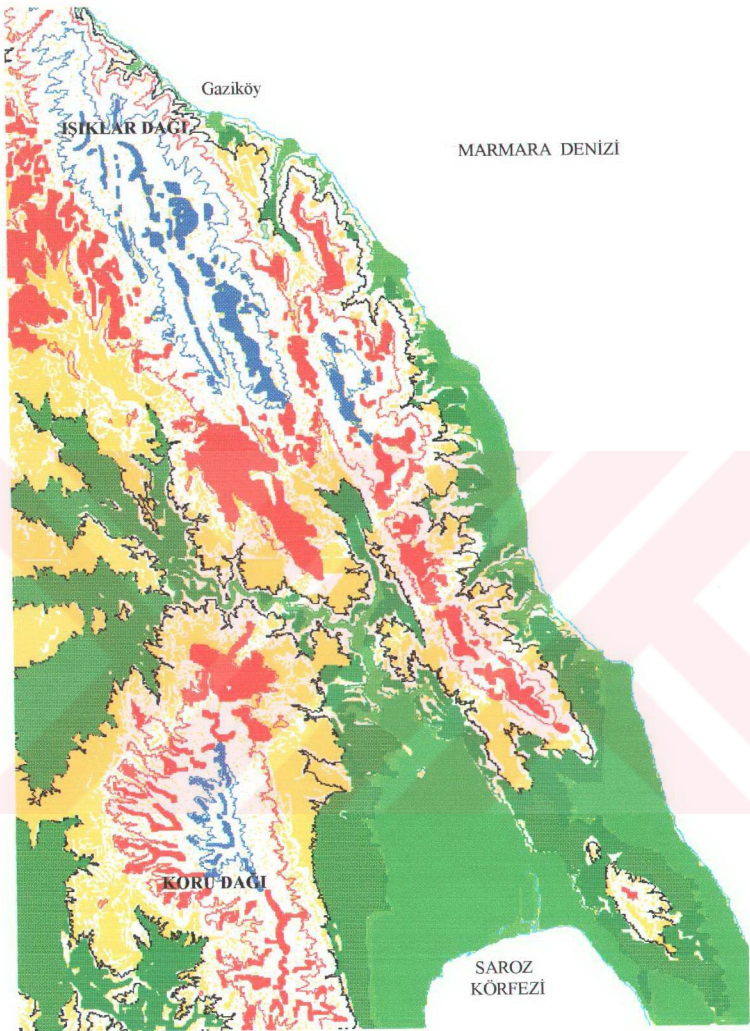
Şekil 5.24 Aşınım yüzeyleri yüksekliklerine göre gruplandırılmış eşyüksekti eğrili harita ile aşınım yüzeylerinin (düzlüklerin) çakıştırılması.



Şekil 5.25 Yukarıdaki şeklin A bölgesinin görünümü (beyaz alanlar eğimi %5'den büyük olan alanlar).

Aşınım yüzeyi yüksekliklerine göre sorgulanan eşyükselti eğrilerinin oluşturduğu harita üzerine eğim haritası çakıştırılmıştır (Şekil 5.24). Amaç bu yükseklikler arasında kalan düzlükleri tüm çalışma alanında belirlemektir. Hangi yüzeyler analiz edilecekse sadece o yüzeyler sorgulanarak bilgiye hızlı ulaşma olanağı yaratılmıştır. Çalışma alanının içindeki beyaz alanlar eğimi %5' den büyük olan alanları göstermektedir (Şekil 5.25).

Çalışma alanının tamamında yapılan analiz sonucunda aşınım yüzeyleri bulunmuştur (Şekil 5.26). Bu amaçla oluşturulan raster yapıdaki eğim haritası ile vektör yapıdaki eşyükselti eğrili topografik harita Arc View programında sorgulanmıştır. Bunun için önce topografik harita üzerinden aşınım yüzeyleri minimum yüksekliklerine göre sorgulanmış ve daha sonra eğim haritası ile çakıştırılmıştır. Bu yükseklikler arasında kalan düzlükler Photoshop programı yardımıyla Erol tarafından kullanılan aşınım yüzeyleri renklerine atanmıştır. Bütün çalışma bölgesinde analiz edilen aşınım yüzeyleri tektonik ve iklimsel süreçleri gösterir.



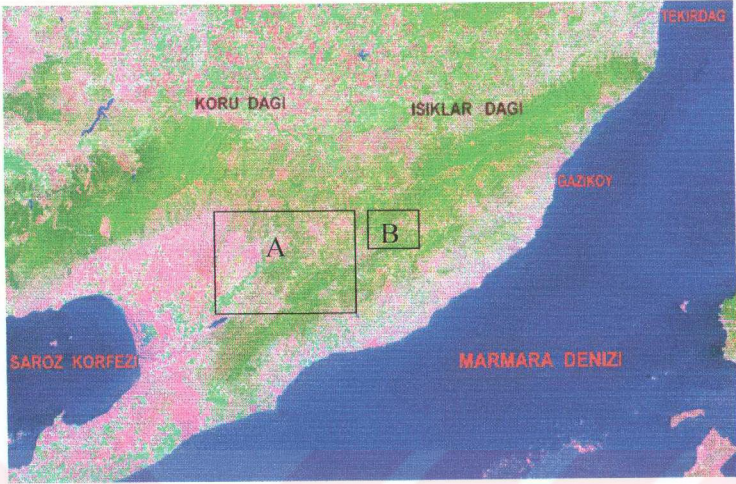
- | | | |
|---|---|---|
| ● SA Alçak Seki | ● DIII Sistemleri | — 0 m. |
| ● SY Yüksek Seki | ● DII Sistemleri | — 60 m. |
| | ● DI Sistemleri | — 140 m. |
| | | — 260 m. |
| | | — 460 m. |

Şekil 5.26 Çalışma bölgesinin aşınım yüzeyleri.

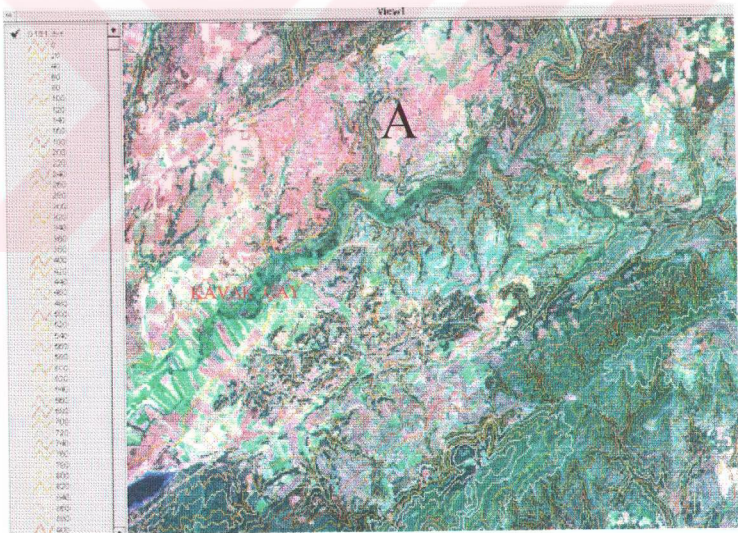
5.7 Uzaktan Algılama Verileri İle Jeomorfolojik Değerlendirme

Uzaktan algılama verileri elde edildiği zaman itibarı ile içinde multispektral olarak bir çok bilgiyi barındırırlar. Bilgisayar ortamında değerlendirilebilen bu veriler bir çok amaç için değişik değerlendirmeler yapılarak yorumlanır. Ancak bu verilerin değerlendirilebilmesi için özelliklerinin iyi bilinmesi ve diğer ilgili disiplinlerle arasındaki ilişkilerin iyi kurulması gerekir. Günümüzde uzaktan algılama verileri, bir projeksiyon düzleminde tanımlanabildiği için ve diğer disiplinler tarafından üretilen konuma dayalı verilerle entegre olabildiği için bir çok disiplinde kullanım olanağı bulmuştur ve bu disiplinlere sayısal veya yoruma dayalı önemli bilgiler sunmaktadır. Yerbilimleri açısından uzaktan algılama verilerinin kullanımı, arazi çalışma programlarının yapımına kolaylık ve çabukluk getirmesi , topografik haritalardan daha fazla ve daha ayrıntılı bilgi içermesi, geniş yer kaplayan büyük şekillerin izlenmesi, geniş alanlı gözlem yapma olanağı sağlaması, bölge hakkında genel görüş sağladığı için önemli noktaların seçilip değerlendirilebilmesi, diğer verilerle entegrasyonunun yapıyor olması, üç boyutlu değerlendirilebilmesi ve değişik zamanlarda veri elde edilebilmesi gibi bir çok avantaj sağlar (Cooke ve Doornkamp,1990). Esas amaç uzaktan algılama verileri üzerinden jeomorfolojik ve jeolojik yorumlar yaparak çalışılan bölge ile ilgili genel sonuçlara erişebilmektir (Drury, 1987).

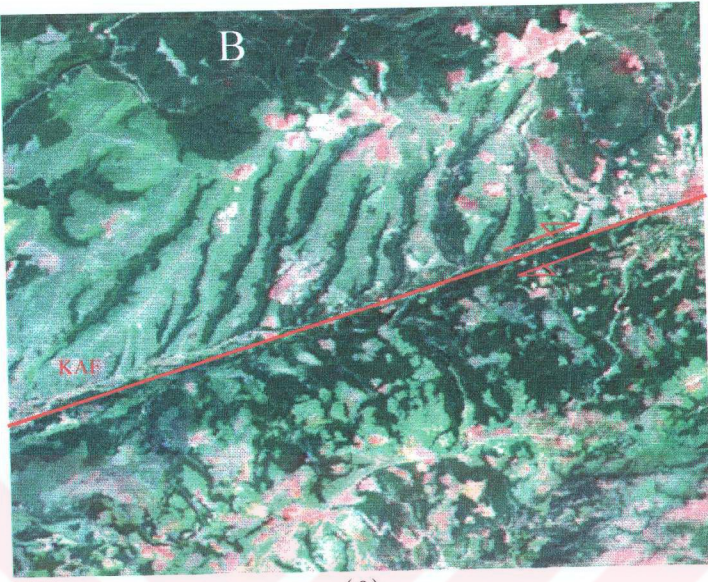
Jeomorfolojik değerlendirmede önce uzaktan algılama verileri üzerinden tanımlanabilen yerşekilleri bir çok yönden gözlenir ve yeryapısı yorumlanmaya çalışılır. Bu nedenle yerbilimlerinde önce jeomorfolojik yorumlar yapılır. Buradan hareketle arazide izlenecek konular saptanır ve arazide yapılan saptamalar bu verilerin üzerine işlenir. Uzaktan algılama verileri biçim , yapı ve arazi örtüsü bakımından önemli bilgiler sunarlar ve ayrıca kırıklıkların izlenmesi, fayların morfolojik özelliklerinin ortaya konması ve bölgenin genel görünümü ile akarsu ağının değerlendirilmesi bakımından faydalı sonuçlar verirler. Bu amaçla Landsat 5 TM verileri topografik verilerle entegre edilerek ve yüksek çözünürlüklü Spot Pankromatik verileri ile karşılaştırılarak kullanılmıştır (Şekil 5.27).



(a)



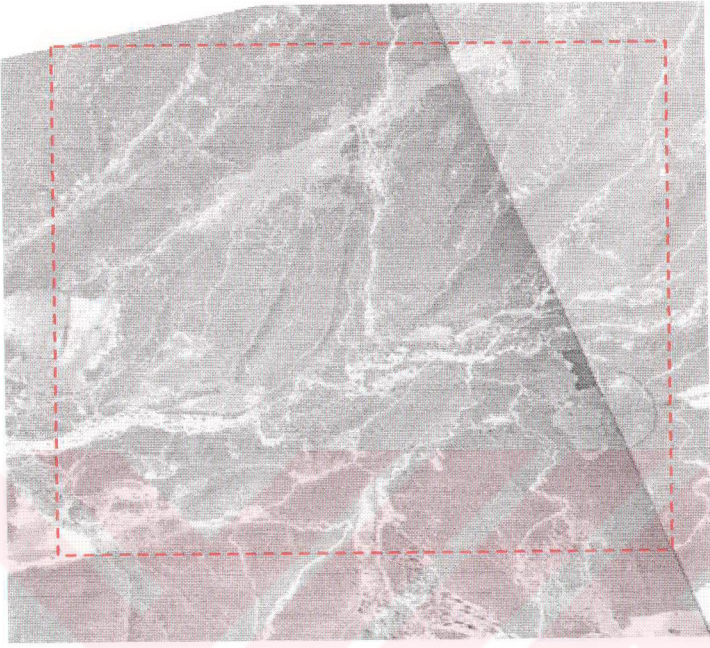
(b)



(c)

Şekil 5.27 Uzaktan algılama verilerinin değişik ölçekte ve çözünürlükte gösterimi. (a) Bölgenin genel görünümü, Landsat 5 TM görüntüsünün 7,4,1 bant kombinasyonu. (b) A bölgesinin Landsat 5 TM ve Spot P verileriyle çakıştırılarak (merge) elde edilen verinin üzerine eşyükselti eğrileri getirilerek elde edilen görüntü. (c) B bölgesinin merge ile elde edilen görüntüsü (Kırmızı hat KAF'dır).

Uzaktan algılama verileri hava fotoğraflarına göre önemli avantajlar sağlarlar. Geniş alanlarda çalışma olanağı olduğu gibi arazi yapılarını gösteren renkli verilerin elde edilebilmesi ve bilgisayar ortamında bu verilerin değerlendiriliyor olması, istenilen bölgede analiz yapılması gibi özellikler uzaktan algılama verilerinin kullanımını avantajlı hale getirmiştir. Ancak çözünürlüğü düşük olan uydu verilerinin değerlendirilmesi genel anlamda yapılabilir. Çok bantlı olarak elde edilen veriler çözünürlüğü yüksek verilerle çakıştırıldığında daha iyi yorumlanabilir veri üretilebilir (Şekil 5.27 b,c). Çözünürlüğü yüksek uydu verilerinin kullanımı ile 1/ 10 000 ölçekli hava fotoğraflarına yaklaşılmıştır. Bu da değerlendirme açısından önemli bir avantajdır.



Şekil 5.28 Yukarıdaki bölgenin (Şekil 5.27) Hava Fotoğrafi (Orijinal ölçek 1/ 10 000).

Hava fotoğrafı ile uzaktan algılama verileri Şekil 5.27c ve Şekil 5.28'de karşılaştırılmıştır. Aynı bölgenin 10 m. yersel çözünürlüğe sahip Spot P uzaktan algılama verisi ile 30 m. yersel çözünürlüğe sahip Landsat 5 TM verisinin çakıştırılmasıyla elde edilen merge görüntüsü, daha fazla morfolojik yapıyı göstermesi bakımından ve yapıların sürekliliğinin izlenebilmesi açısından hava fotoğraflarına göre çok daha fazla bilgi verir. Hava fotoğraflarının dezavantajlarını bünyesinde taşımayan bu tür verilerin yer bilimlerinde kullanımı, günümüzde kaçınılmaz bir gereksinimdir.

6. JEOLJİK DEĞERLENDİRME

6.1 Uzaktan Algılama ve Jeoloji

Bilimsel anlamda 1970 yılından sonra kullanılmaya başlanan uzaktan algılama verileri, başlangıç da çözünürlükleri düşük olduğu için bir çok disiplinde kullanım olanağı bulamamıştır. Ancak 1984'den sonra uzaya yerleştirilen Landsat 5 TM ve Spot (XS,P) uydu verilerinin çözünürlükleri yüksek olması nedeniyle bu verilerin kullanımı bilimsel anlamda bir çok disiplinde kullanım olanağı bulmuştur. Uzaktan Algılama teknolojisindeki ulaşılan hedefleri ve avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz.

- Uzaktan algılama verilerinde daha fazla yersel çözünürlük,
- Daha yüksek kontrast,
- Çok daha az geometrik hatasızlık,
- Steroskopik kayıt,
- Geniş alanı kapsamak,
- Düşük maliyet,
- Kısa sürede tekrar veri elde edilmesi,
- Bilgisayar ortamında değerlendirme,
- Diğer veri gruplarıyla veri entegrasyonu,
- İsteyen herkesin dünyanın her yerinde veriye ulaşabilmesi.

Hava fotoğrafları ikinci dünya savaşından sonra jeolojik amaçlı çalışmalarda kullanılmış ve bir çok çalışmaya ışık tutmuştur. Hava fotoğraflarının en büyük üstünlüğü büyük ölçekli olması ve yersel çözünürlüğünün yüksek olmasıdır. Ancak 10 m. yersel çözünürlüğe sahip Spot P verilerinin elde edilmesiyle bu üstünlük önemli ölçüde dengelenmiştir (Drury,1987). Ayrıca Spot P verilerinin radyometrik çözünürlükleri daha iyi uydu verileriyle karşılaştırılabilmesi, büyük avantaj sağlamıştır.

6. JEOLJİK DEĞERLENDİRME

6.1 Uzaktan Algılama ve Jeoloji

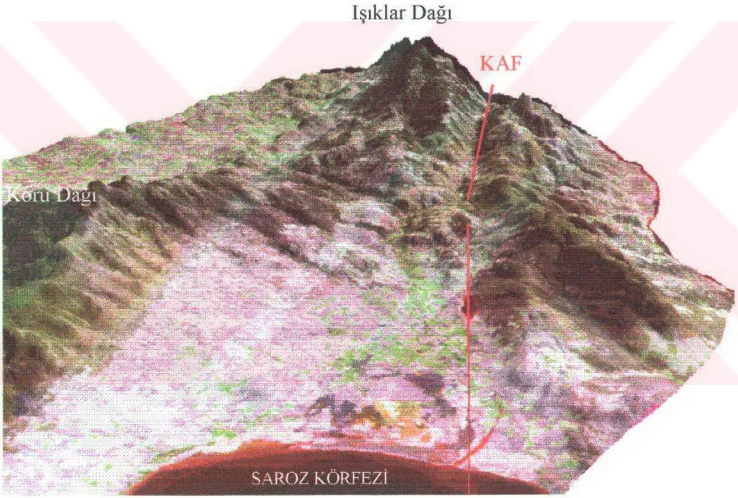
Bilimsel anlamda 1970 yılından sonra kullanılmaya başlanan uzaktan algılama verileri, başlangıçta çözünürlükleri düşük olduğu için bir çok disiplinde kullanım olanağı bulamamıştır. Ancak 1984'den sonra uzaya yerleştirilen Landsat 5 TM ve Spot (XS,P) uydu verilerinin çözünürlükleri yüksek olması nedeniyle bu verilerin kullanımı bilimsel anlamda bir çok disiplinde kullanım olanağı bulmuştur. Uzaktan Algılama teknolojisindeki ulaşılan hedefleri ve avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz.

- Uzaktan algılama verilerinde daha fazla yersel çözünürlük,
- Daha yüksek kontrast,
- Çok daha az geometrik hatasızlık,
- Steroskopik kayıt,
- Geniş alanı kapsamak,
- Düşük maliyet,
- Kısa sürede tekrar veri elde edilmesi,
- Bilgisayar ortamında değerlendirme,
- Diğer veri gruplarıyla veri entegrasyonu,
- İsteyen herkesin dünyanın her yerinde veriye ulaşabilmesi.

Hava fotoğrafları ikinci dünya savaşından sonra jeolojik amaçlı çalışmalarda kullanılmış ve bir çok çalışmaya ışık tutmuştur. Hava fotoğraflarının en büyük üstünlüğü büyük ölçekli olması ve yersel çözünürlüğünün yüksek olmasıdır. Ancak 10 m. yersel çözünürlüğe sahip Spot P verilerinin elde edilmesiyle bu üstünlük önemli ölçüde dengelenmiştir (Drury,1987). Ayrıca Spot P verilerinin radyometrik çözünürlükleri daha iyi uydu verileriyle karşılaştırılabilmesi, büyük avantaj sağlamıştır.

Bir bölgenin temel jeolojik özelliklerinin tamamının ortaya konabilmesi için, büyük alanlara yayılmış formasyonların tamamının aynı anda gözlenebilmesi ve büyük boyutlu tektonik yapıların aynı görüntü üzerinde izlenebilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle Uzaktan algılama teknolojisinin jeolojiye getirdiği yenilikler şu şekilde değerlendirilebilir. Geniş alanları aynı anda izleyebilmek için hava fotoğraflarını kullanmak ekonomik olmayan bir yöntemdir ve ayrıca hava fotoğraflarının geometrik ve radyometrik hataları çoktur. Bu nedenle uzaktan algılama verileri tercih edilmelidir. Uzaktan algılama verileri çok kısa sürede kaydedildiğinden yeryüzü ışınımı bakımından homojenlik sağlanabilmektedir. Buda yeryüzü özelliklerinin tanımlanması bakımından ve tektonik yapıların ortaya çıkarılmasında yararlı olmaktadır. Uzaktan algılama amaçlı uydular yüksek yörüngelerdedir. Bu nedenle geometrik hataları ölçeğe oranla ihmal edilebilecek durumdadır (LO,1986). Ayrıca kayıt tekniğine bağlı olarak, veriler bilgisayar ortamında olduğu için her türlü düzeltme daha kolay yapılmaktadır. Bu bakımdan küçük ölçekli jeolojik haritaların çiziminde uzaktan algılama verileri yüksek doğruluk sağlamaktadır. Aynı bölgenin farklı spektral özelliklerinin farklı bantlara kaydedilmesi ve çok kanallı renkli görüntülerin elde edilebilmesi bir çok jeolojik araştırmalara ışık tutmuştur. Örneğin sıcak su kaynaklarının bulunmasında Landsat 5 TM algılayıcısının ısı bandınının (6.bant) kullanılması gibi. Aynı yerin kısa bir aralıkla tekrar görüntüsünün kaydedilebilmesi, özellikle dinamik jeoloji incelemelerine önemli yenilik getirmiştir. Örneğin yanardağ etkileri, sel, buzul hareketleri gibi. Uzaktan algılama verileri dijital olarak kaydedildiğinden ve bilgisayar ortamına aktarılabilindiğinden bu veriler üzerinde istenilen özellikleri belirgin hale getirmek için görüntü zenginleştirme algoritmaları uygulanabilir (Tatar,1989). Ayrıca yüzey bilgilerini içeren bu veriler Sayısal Arazi Modeli ile karşılaştırılarak, üç boyutlu olarak değerlendirilir. Bu da jeolojik yapıların farklı açılardan değerlendirilebilmesi olanağını yaratır (Şekil 6.1,6.2). Jeoloji alanında araştırma veya eğitim öğretim yapanlar dünyanın jeolojik yapı bakımından önemli değişik bölgelerinin uzaktan algılama verilerini alıp değerlendirme yapabilirler. Veri elde edildikten sonra değerlendirme çok hızlı yapılarak, çalışma bölgesinde araştırılacak bütün alanlar tespit edilerek önsel bilgilere ulaşılır. Bu da zaman açısından son derece önemlidir.

Çalışmada Kuzey Anadolu Fayının Gaziköy-Saroz Segmenti ve çevresi incelenmiştir. Bölgeyi etkileyen yapılar uzaktan algılama verileri ve sayısal arazi modelleriyle analiz edilmiştir. Oluşturulan sayısal arazi modelleri ve uzaktan algılama verilerinden yararlanılarak fayın geometrisi, sürekliliği ve yer değiştirmesi incelenmiştir. Gaziköy-Saroz Segmenti boyunca fayın sürekliliğini bozan ve fayın açılmal olarak döndüğü bölgeler üç boyutlu modellenmiştir. Uzaktan algılama verileri üzerinden çizgisellikler incelenerek fay kırıkları olup olmadığı değerlendirilmiştir.



Şekil 6.1 Merge görüntüsü ile Çakıştırılmış Sayısal Arazi Modeli, Batıdan (Saroz) Kuru Dağı, Işıklar Dağı ve Kuzey Anadolu Fayı, Gaziköy-Saroz Segmentine doğru bakış.

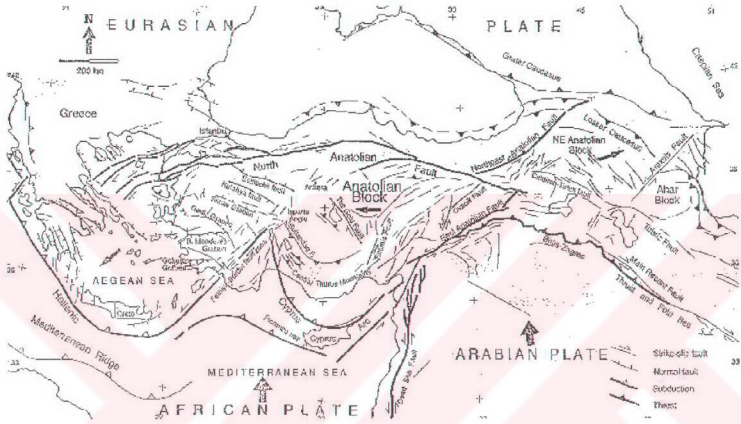


Şekil 6.2 Merge görüntüsü ile Çakıştırılmış Sayısal Arazi Modeli, Doğudan (Gaziköy) Kuru Dağı, Işıklar Dağı ve Kuzey Anadolu Fayı, Gaziköy-Saroz Segmentine doğru bakış.

6.2 Kuzey Anadolu Fayı, Marmara Denizi ve 1912 Depremi

Anadolu bloğu Avrasya ve Arap-Afrika plakaları arasında sıkışan bir kıtasal litosfer parçasını oluşturmaktadır. Anadolu bloğu Ege Denizi ile birlikte Arabistan plakasının Kuzey Kuzey-Batı yönündeki hareketi, Sina yarımadasının hemen kuzeyinde yer alan bir kutba göre saatin tersi istikametinde dönmektedir. Batı Anadolu da ve Ege Denizinde Hellenik yayın gerilemesinden kaynaklanan bir genişleme tektoniği hakimdir. Kuzey Anadolu Fayı Bingöl'ün Karlıova kasabasından bütün kuzey Anadolu'yu, Marmara Denizi ve Kuzey Ege Denizini geçerek Yunanistan'a kadar uzanmaktadır (Şekil 6.3). Bu fay batıya doğru hareket eden Anadolu bloğunun kuzey sınırını oluşturmaktadır. Kuzey Anadolu Fayı Karlıova ile Sapanca arasında tek bir çizgiden oluşurken Marmara Denizi ve çevresinde üç kola ayrılmaktadır. Bu kollardan kuzeyde yer alan İzmit Körfezi ve Kuzey Marmara Denizi çukurlarını oluşturduktan sonra, Gaziköy-Saroz segmenti ile Saroz Körfezi ve Kuzey Ege'de devam etmektedir. Diğer iki kol İznik –Gemlik Bandırma'dan geçer ve Biga yarımadasını keserek Ege Denizine ulaşır. Güney kol

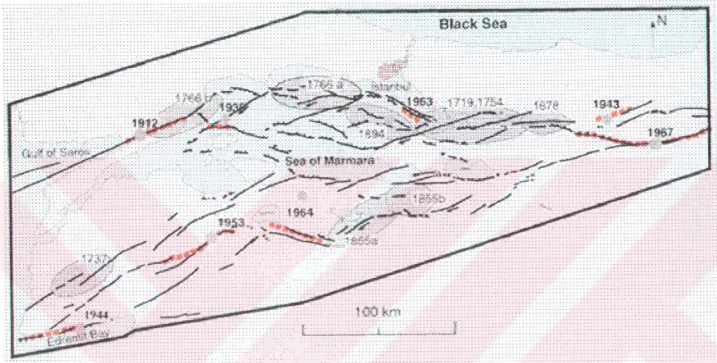
ise Yenişehir, Bursa, Manyas, Gönen üzerinden Edremit Körfezine ulaşmaktadır. Bu iki kol Ege Denizinde Skyros çukurluğuna kadar takip edilebilmektedir (Barka,1992, Barka,1997). Bunların en önemlisi ve kuzeyde olanı Marmara Denizi içindeki çukurlukları oluşturmaktadır (Barka ve Kadinsky-Cade, 1989). Fayın belirgin morfolojik özellikleri arazide, hava fotoğraflarında ve uydu verilerinde kolaylıkla tanımlanmaktadır (Allen, 1969, Arpat ve Şaroğlu, 1975).



Şekil 6.3 Anadolu bloğu ve çevresinin fay kırıkları (Barka ve Reilinger,1997).

Kuzey Anadolu Fayı dünyanın en önemli doğrultu atımlı faylarından biri olduğu gibi aynı zamanda ülkemizin en aktif tektonik yapısıdır. Bu yüzyılda bu fay üzerinde meydana gelmiş depremlerde 60 bine yakın insan hayatını kaybetmiştir ve yaklaşık 400 000 yapı tamamen yıkılmış veya ağır hasar görmüştür (Şekil 6.4). Yalnız bu yüzyılda 23, (M>6.5) yıkıcı deprem meydana gelmiştir ve bunların 6 tanesi Marmara Denizi çevresinde yer almıştır (Barka ve Nalbant,1998). Özellikle 1939-1967 yılları arasında doğudan batıya doğru sıralanan 6 büyük deprem yaklaşık 900 km. uzunluğunda sürekli bir yüzey kırığı oluşturmuştur. Bu kırık boyunca 7-7.5 m. mertebesinde yanal ötelenmeler gözlenmiştir (Koçyiğit, 1989, Barka, 1996). Yapılan güncel araştırmalara göre, tarihsel dönemde Marmara Denizinde meydana gelen depremlerin hemen hepsi Kuzey Anadolu Fayının bu kolu üzerinde meydana gelmiş olduğu anlaşılmaktadır (Ambraseys ve Finkel, 1991, Barka, 1991). Şekil 6.5 de Marmara Bölgesinin tarihsel depremleri verilmiştir.

Marmara bölgesinde meydana gelen depremlerden bazıları şunlardır. 1509 depremi, aynı zamanda küçük kıyamet olarak da bilinmektedir, 1719,1754,1766a,1766b, depremleri ve 1894 depremidir (Şekil 6.6). 1912 depremi Mürefte-Şarköy depremi de yine aynı kol üzerinde meydana gelmiş olup bu deprem bu yüzyılda Avrupa'da meydana gelmiş en büyük deprem olarak bilinmektedir (Ambraseys ve Finkel,1987, Öztin,1987).

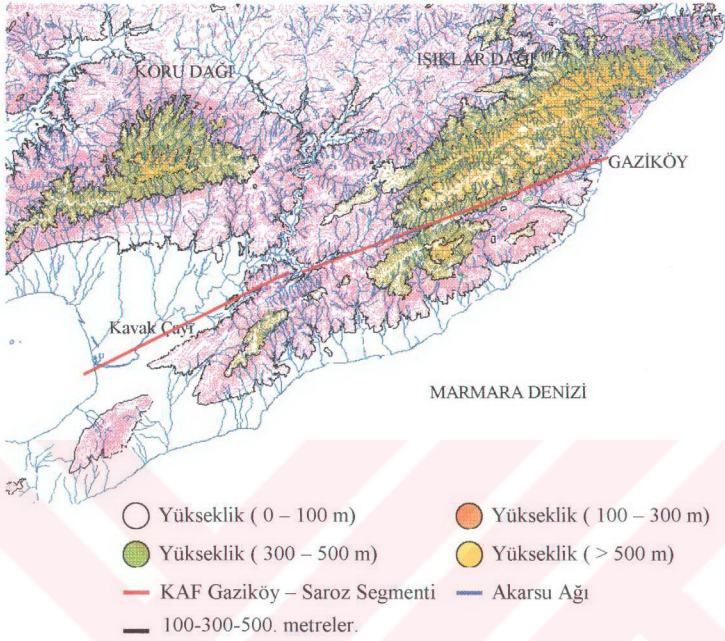


Şekil 6.6 Son 300 yılda Marmara bölgesinde meydana gelmiş önemli depremlerin dağılımı. Bu şekilde düz çizgili elipsler tarihsel depremlerin olası yerlerini ve pembe kalın çizgiler bu yüzyılda meydana gelen depremlerin yüzey kırıklarını göstermektedir (Barka ve Nalbant, 1998).

1912 depremi sırasında 2836 kişi hayatını kaybetmiş olup 25 000 ev tamamen yıkılmıştır. (Mihalinoviç,1927). Bu deprem $M=7.4$ şiddetinde Gaziköy-Saros segmenti boyunca meydana gelmiştir (Macovei,1912, Mihalinoviç,1927, Sieberg,1932, Ateş ve Tabban,1976, Ateş,1982, Gündoğdu,1986, Öztin,1987, Ambraseys ve Finkel,1987,1991, Ambraseys,1990, Eyidoğan ve diğ.,1991, Tüysüz,Barka ve Yiyitbaş,1998). Yine bu deprem sırasında Kuzey Anadolu Fayının kuzey batısının Gaziköy- Saros arasındaki segmenti hareket etmiştir. Kuzey Anadolu Fayının bu segmenti üzerinde son yıllarda deprem açısından sakin bir dönem yaşanmaktadır. Bu da fayın tekrar kilitlendiğini göstermektedir. Diğer taraftan bu fay üzerindeki daha önce meydana gelen depremler ve bu fayın deprem

tekrarlama aralığı hakkında da bilgiler yeni üretilmektedir (Rockwell ve diğ.,1997). Tekirdağ ve Gelibolu arasındaki alanda son 2300 yıl içinde 8 tane $M \geq 7.4$ deprem gelmiştir ve bu depremlerin tekrarlama aralığı 150-420 yıl arasında değişmiştir (Ambraseys ve Finkel,1987). Ancak 1912 deprem kırığının oluştuğu Gaziköy-Saroz segmentinde bu depremlerden hangisinin rastladığı iyi bilinmemektedir. Günümüz teknolojisi GPS çalışmalarından yararlanılarak Kuzey Anadolu Fayının kuzey kolu üzerinde yaklaşık 10-15 mm/yıl bir hızın varlığı belirlenmiştir. Gaziköy-Saroz Segmenti üzerinde yapılan trench çalışmaları sonucunda tekrarlama aralığının 400-700 yıl civarında olduğu ortaya konulmuştur (Rockwell ve diğ.,1998). Bu tekrarlama aralığı yalnız fayın bu segmentini değil de Kuzey Anadolu Fayının kuzey kolunun diğer segmentlerini içermesi söz konusudur. Bu tekrarlama aralığı ile GPS çalışmalarından elde edilen hız bir arada değerlendirildiğinde ikisinin uyum içinde olduğu anlaşılmaktadır.

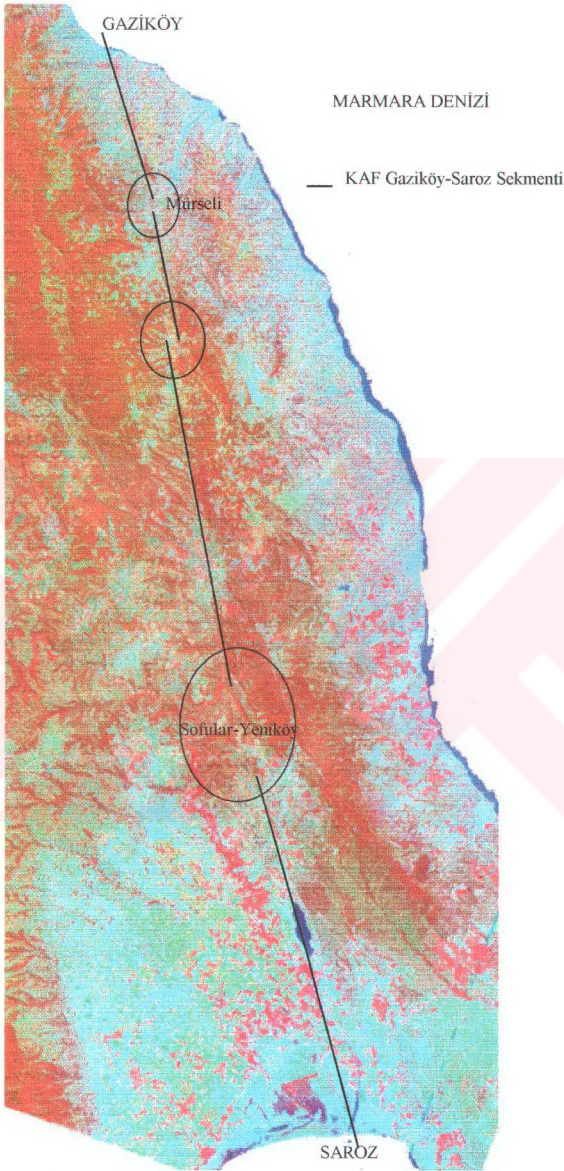
Gaziköy-Saroz Segmentinde hem jeolojik (Örneğin, Yaltrık,1996, Tüysüz ve diğ.,1998, Armijo ve diğ.,1999) hem de jeomorfolojik (Örneğin, Hancock ve Erkal,1991, Altın,1992) araştırmalar uzun süredir devam etmektedir. Jeolojik ve jeomorfolojik bilgilere göre Gaziköy-Saroz Segmenti hakim olarak doğrultu atımlı karakterdedir. Ancak fayı çevresinde bindirmeler ile ifade edilen bir sıkışma bileşeni vardır ve bu da jeolojiye kıvrımlı deformasyon ve jeomorfolojiye de yükselmeler olarak yansımaktadır.



Şekil 6.7 KAF Gaziköy-Saroz Segmenti çevresinin morfolotektonik haritası (Orijinal ölçek 1/25000).

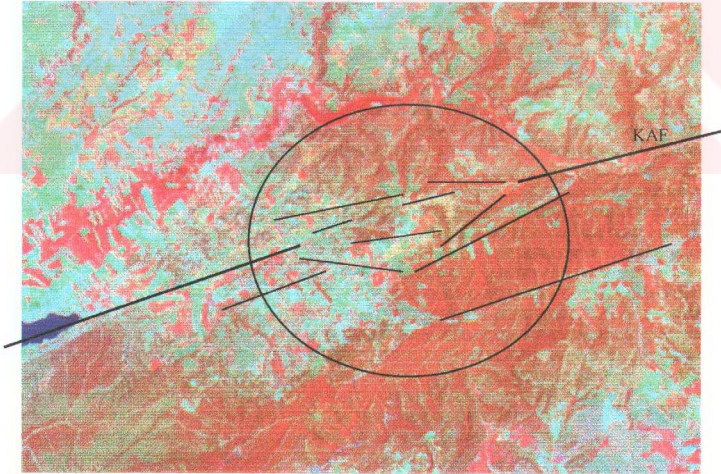
6.3 Uzaktan Algılama Verileri ve Sayısal Arazi Modeli Yardımıyla Gaziköy-Saroz Segmentinin Geometrisinin İzlenmesi

Uzaktan Algılama verilerinden fay morfolojisi iyi tanımlanarak geniş alanlarda fayın sürekliliği izlenebildiğinden fay kırıklı yapıların keşfedilmesi ve bilinen kırıkların özelliklerinin daha iyi incelenmesine önemli katkılar sağlamıştır. Günümüzde veri entegrasyonu sağlanarak özellikle Uzaktan Algılama verileri ile birlikte üç boyutlu değerlendirme olanağı olması fay geometrisi hakkında detay bilgi edinilme olanağını doğurmuştur. Bu çalışmada Kuzey Anadolu Fayı Gaziköy-Saroz Segmentinin geometrik yapısı Uzaktan Algılama ve Sayısal Arazi Modeli yardımıyla izlenmiştir. Fayın geometrisini oluşturan basamaklı yapılar ve fayın açısız doğrultu değiştirmesi Sayısal Arazi Modeli ile de değişik açılardan analiz edilmiştir (Şekil 6.8,6.10).

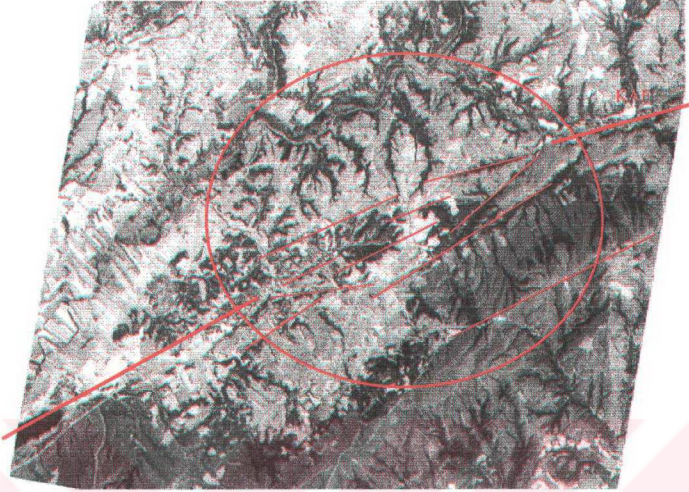


Şekil 6.8 Landsat 5 TM görüntüsü üzerinde Gaziköy-Saroz Segmentinin izlenmesi.

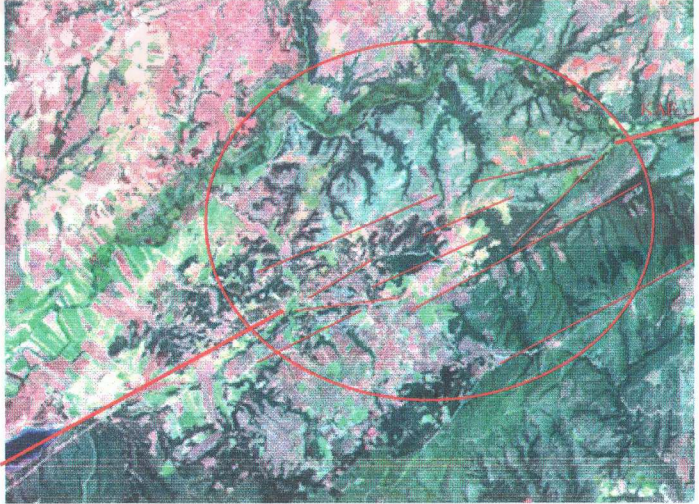
Şekil 6.8 de verildiği gibi Landsat 5 TM üzerine farklı yönlerde faya bakılarak Kuzey Anadolu Fayı Gaziköy-Saroz Segmenti bu veri üzerindeki çizgisellikler izlenerek çizilmiştir (Barka sözlü görüşme,Landsat 5 TM' nin ölçeği 1/50 000). Daha önce yapılan birçok çalışmada bu segment Gaziköy – Saroz arasında doğrusal olarak tek çizgi halinde gösterilmiştir. Ancak uydu verileri üzerinde farklı yönlerden faya bakıldığında fayın daha detay geometrisi ortaya konarak, yüzeyde doğrusal olarak tek bir çizgi halinde gitmediği gösterilmiştir. Marmara çukurlarını geçerek Gaziköy'ün hemen kuzeyinden karaya giren Gaziköy-Saroz Segmentinin doğu tarafında basamak şeklinde iki süreksizlik belirlenmiştir. Bunlardan birincisi Mürseli köyü doğusunda diğeri ise Mürseli – Yaya köy arasında yer almaktadır. Bu basamakların “ releasing ” genişleme türü basamaklar olduğu anlaşılmaktadır. Fayın geometrisi ile ilgili diğer önemli özellik ise fayın Saros Baseni doğusunda Yeniköy – Sofuköy çevresinde saatin tersi yönünde yaklaşık 7° derecelik bir doğrultu değiştirmesidir. Değişik uydulardan alınan farklı yersel çözünürlükteki verilerden bu bölgenin gösterimi Şekil 6.9,a,b,c'de verilmiştir.



(a)

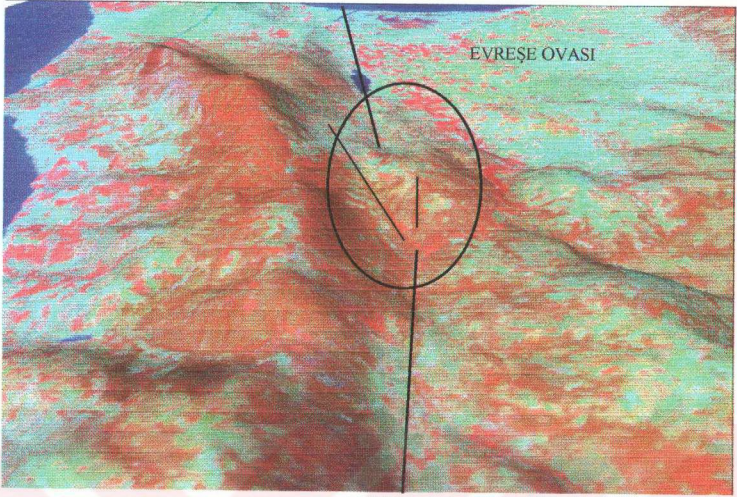


(b)

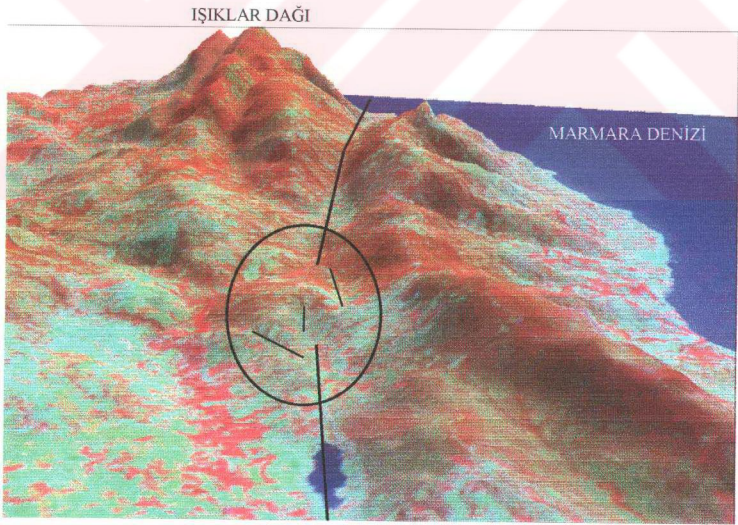


(c)

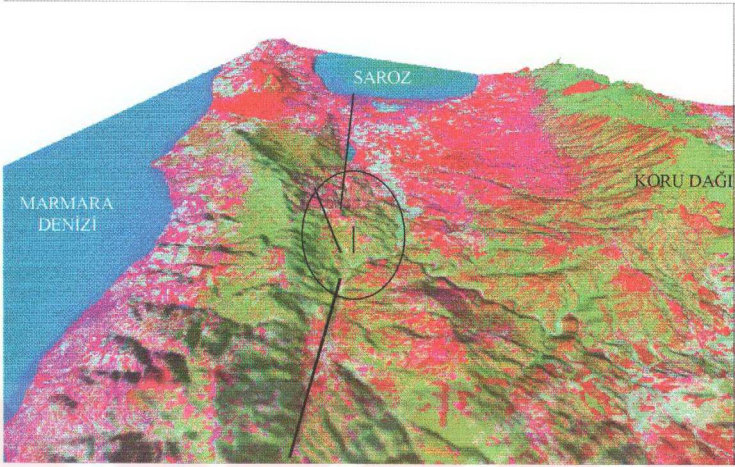
Şekil 6.9 Yeniköy-Sofuköy bölgesinin uydu görüntüleri.(a) Landsat 5 TM,yersel çözünürlük 30 m. (b) Spot Pankromatik ,yersel çözünürlük 10 m. (c) Landsat 5 TM + Spot P, yersel çözünürlük 10m.



(a)



(b)

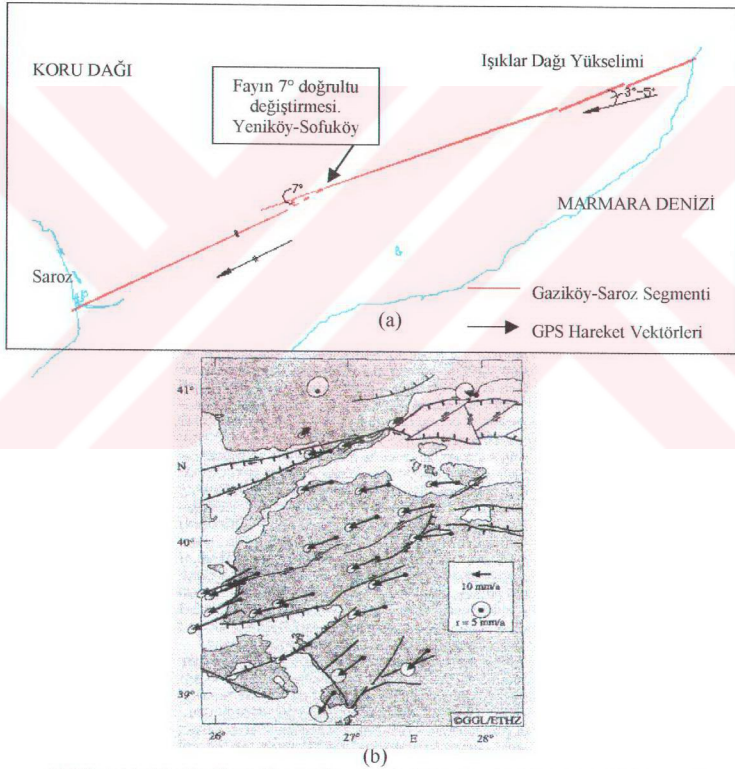


(c)

Şekil 6.10 Yeniköy-Sofuköy bölgesinin Sayısal Arazi Modelinden görünümü.(a) Landsat 5 TM görüntüsü ile Sayısal Arazi Modelinin çakıştırılması, Doğudan batıya doğru bakış. (b) Batıdan doğuya doğru bakış. (c) Zenginleştirilen Landsat 5 TM verilerinin Sayısal Arazi Modeli ile çakıştırılması, Doğudan batıya doğru bakış.

Şekil 6.9 da Fayın ani doğrultu değiştirdiği alan Spot Pankromatik yersel çözürlük 10 m. ve Landsat 5 TM + Spot P (Merge) yersel çözürlük 10 m. verileri ile büyütölmüş olarak gösterilmektedir. Bu alanda fay belirsizliğini kaybetmektedir ve küçük fay parçalarından oluşmaktadır. Sayısal Arazi Modelleri ile oluşturulan üç boyutlu görüntüleri farklı yönlerden bakıldığında fayın doğrultu değiştirdiği alanda ikincil faylarla parçalanmış alçak bir sırt yer almaktadır. Batıya devam eden fay segmenti bu alandan hemen sonra Saroz düzlüğü içinde belirgin bir çizgisellik ve iki çöküntü gölü oluşturduktan sonra Saroz körfezi güney kenarı boyunca devam etmektedir. Burada önemli sorulardan biri bu geometrik süreksizliğin fayın deprem aktivitesine ne derecede etki ettiğidir. Fayın bu doğrultu değiştirmesini bu alanda yapmış olan GPS ölçümlerinden ve bu ölçülerin değerlendirilmesinden elde edilen hareket vektörleri ile karşılaştırdığımızda vektörlerin de benzer miktarda saatın tersine döndüğü anlaşılmaktadır. Barka 1997 ve Tüysüz vd. 1998 GPS vektörleri ile

fayın Gaziköy-Saroz Segmentinin bu segmentin doğu kesiminde birbirine sıkışma meydana getirecek şekilde hafif oblik olduğunu vurgulamış ve modellemişlerdir. Işıklar ve Kuru Dağ sisteminin bu fay geometrisi hareket vektörü arasındaki obliklerden kaynaklandığını savunmuşlardır. Fayın daha batıya saatin tersine daha fazla sıkışma meydana getirecek şekilde dönmesine karşılık bu alanda bir yükselmin olmaması Anadolu bloğunun hareketini gösteren vektörlerin fayın bu 7° derece dönmesiyle uyumlu olarak en az 10° döndüğünü göstermektedir (Şekil 6.11,a). Benzer olarak Tüysüz vd. 1998 Jeolojik, Jeomorfolojik ve Modelleme sonuçlarına göre hareket vektörünün Gelibolu segmentine paralel olması gerektiğini vurgulamışlardır. GPS verileri de bunu doğrulamaktadır.



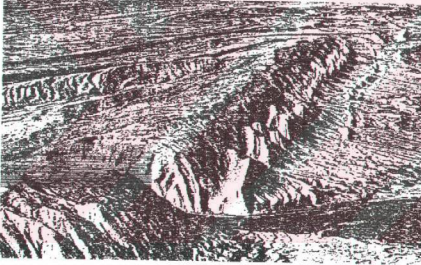
Şekil 6.11 (a) Gaziköy-Saroz Segmenti doğrultu değişiminin belirlenmesi ve analizi. (b) GPS verilerinin hareket vektörleri (Straub,1996).



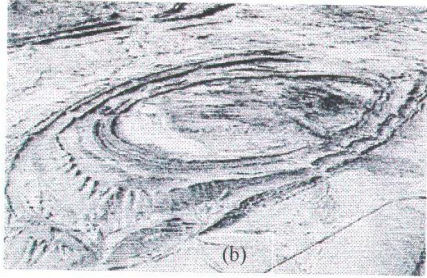
Şekil 6.12 Çakıştırılan zenginleştirilmiş Uzaktan Algılama verileri ve Sayısal Arazi Modeli üzerinden Gaziköy-Saroz Segmentinin izlenmesi, Güneyden bakıldığı için yaklaşık 7° açısız değişim fay geometrisinde pek gözükmemektedir.

6.4 Saroz Baseni Kuzey Kenar Çizgiselliğinin Yorumlanması

Bu çalışma sırasında dikkati çeken çizgiselliklerden biride Saroz Baseni (Evreşe Ovası) kuzey kenarını sınırlayan çizgiseliktir. Bu çizgisellik bir çok çalışmada doğrultu atımlı fay olarak yorumlanmıştır. Yapısal olarak baktığımızda Kuru Dağın bütün bir antiklinal olduğu bilinmektedir (Saner,1985, Önal, 1986). Kuru Dağ Antiklinalinin eksenini yaklaşık olarak bu çizgiselliğe paraleldir. Armijo ve diğ., 1999 göre bu antiklinali oluşturan Eosen tabakalarının 25° - 45° ile Saroz basenine (güneye) doğru eğimli olduğudur. Uydu görüntülerine ve Sayısal Arazi Modellerinden farklı yönde bu yapıya bakıldığında bu çizgiselliğin, antiklinalin güneye eğimli tabakaları ile yatay Saroz baseni düzlüğünün arakesitine karşılık gelebileceği sonucuna varılmıştır. Bu sonucu destekleyen iki örnek Şekil 6.13 a, b de gösterilmektedir. Bunlardan en uyumlu örnek Wyoming Sheep Mountain Antiklinalidir (Şekil 6.13 a). Bu şekilde açıkça görüldüğü gibi antiklinalin bize bakan kenarı ile düzlük arasında tabaka doğrultusundan kaynaklanan bir çizgisellik görülmektedir.

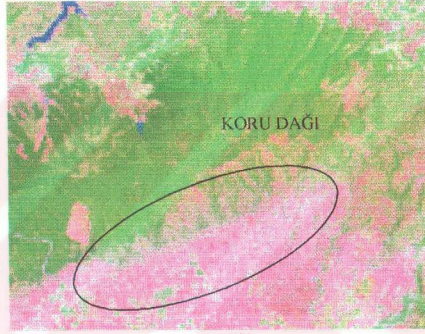
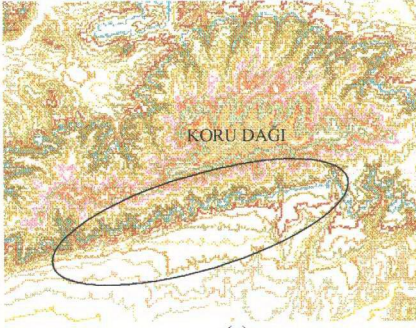


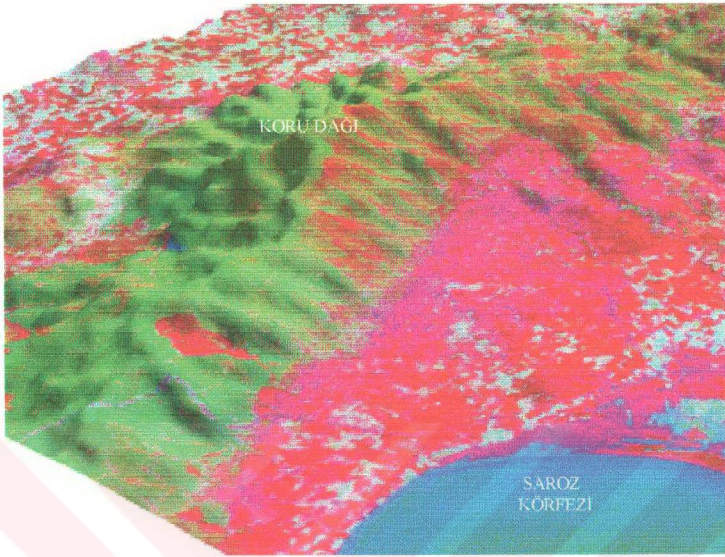
(a)



(b)

Şekil 6.13 Çizgiselliğe iki örnek.(a) Wyoming Sheep Mountain Antiklinali (Dennis,1987). (b) Wyoming Sheep Mountain'nin 6 mil doğusu, (Siever, 1985).





(d)

Şekil 6.14 Saroz baseni kuzey kenar çizgiselliği. (a) Saroz baseninin topografik verilerden görünümü. (b) Saroz baseninin Landsat 5 TM 7,4,1 bant kombinasyonu görüntüsü. (c) Bölgenin genel yapılarının gösterimi için zenginleştirilen Landsat 5 TM verileri ile oluşturulan Sayısal Arazi Modeli. (d) Oluşturulan Sayısal Arazi Modeli üzerinde Kuru Dağı antiklinalinin ve Saroz baseni kuzey kenar çizgiselliğinin görüntüsü.

Şekil 6.14 a,b,c,d verilerinden yararlanılarak ve ayrıca farklı yönde bu yapıya bakılarak bu çizgiselliğin Kuru Dağı Antiklinalinin güneye eğimli tabakaları ile Saroz baseni arasındaki çizgiselliğe karşılık geldiği sonucuna varılmıştır. Bu çizgiselliklerin izlenmesi ve yapıların değerlendirilmesi Uzaktan algılama verileri ve Sayısal Arazi Modelleriyle daha araziye çıkmadan hızlı ve ekonomik olarak, bilimsel anlamda değerlendirilebilir.

6.5 Işıklar – Kuru Dağı Yükselinin Kısılma Hızı ve Sıyırılma Düzlemi Derinliğinin Tahmini

Bu çalışma sırasında üretilen Sayısal Arazi Modelinden Işıklar-Kuru dağı yükselmesine dik olarak elde edilen profiller Şekil 5. 16, 5.17 de gösterilmektedir. Bu topografik profillerle jeolojik yapıyı karşılaştırdığımızda Işıklar ve Kuru dağı yükselmelerinin Işıklar-Kuru dağı antiklinallerine karşılık geldiği ve bu iki yükselimin arasında kalan çukurluğun bu antiklinaller arasında bir Senklinale karşılık geldiği ortaya çıkmaktadır (Şekil 6.19). Bu profillerin maksimum noktalarından elde edilmiş gerçek (1/1) ve düşey ölçek abartılmış olarak Şekil 6.15 de gösterilmektedir. Bu profillerin içindeki yapı ile topografyanın uyum içinde olmasından yararlanılarak bu alanda meydana gelen ikincil maksimum kısılma hesaplanabilir. Bu profillerin dış çevre uzunluğundan profil boyunun yatay uzaklığı çıkarıldığında aradaki fark bize bu alandaki ikincil kısılma miktarını verir. Bu kesitte $L_a = 25940$ m., $L_c = 24390$ m. olarak ölçülmüş olup bu alandaki kısılma yaklaşık 1550 m. olarak hesaplanmıştır. Bu kısılma miktarı, kıvrımlanmanın iç deformasyonunun en basite indirgenmiş halini temsil etmektedir. Bu yapının içindeki karbonat kayalarda başınç erimesi sebebiyle meydana gelen kısılma göz önüne alındığında bu kısılma miktarının gerçek değerini yansıtmadığı kabul edilmelidir. Bu değer en az %50 miktarda arttırılabilir. Bu kısılma miktarı ile fayın üzerindeki doğrultu atım miktarı karşılaştırıldığında 65 km. ile 1.5-2.5 km. arasındaki oranın yaklaşık 1/40-30 olarak belirlenmiştir. Bunu açısız olarak değerlendirdiğimizde, $\tan \alpha = (1.5-2.5/65)$ elde edilir ve fayla hareket vektörü arasında yaklaşık $1.7^\circ - 2.5^\circ$ bir açının varlığı elde edilmiştir. Bu kısılma miktarının hızı $v = (1.55-2.50/ 5 \text{ Ma})$ dan 0.3 mm/yıl ile 0.5 mm /yıl arasında bulunmuştur.

Şekil 6.16 de sıyırılma düzlemi derinliğinin hesabının nasıl yapıldığı ile ilgili şekil gösterilmektedir. Bu şekilde;

t , Sıyırılma düzlemi derinliğini;

$A_1=A_2$, Kıvrılma alanını;

S , Kısılma miktarını;

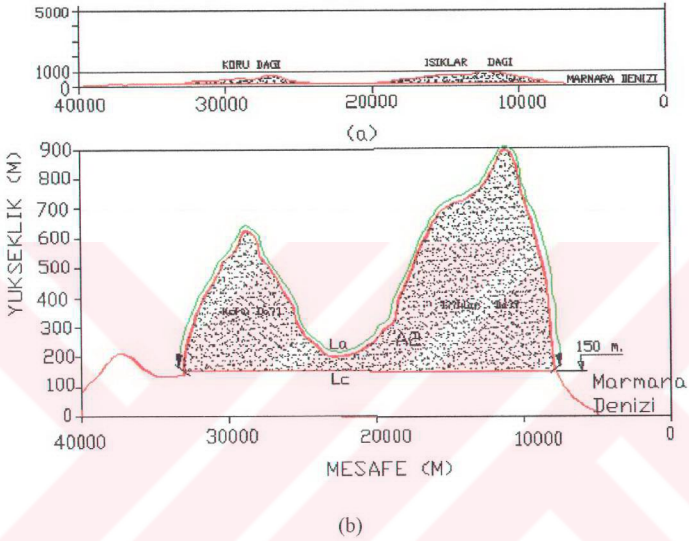
L_a , Yükselimin çevre uzunluğunu.

L_c , Yatay mesafeyi gösterir.

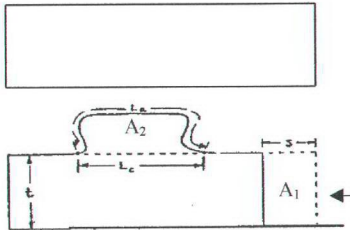
$$S = L_a - L_c$$

$$A_2 = A_1 \cdot t \cdot S = t(L_a - L_c) \quad (7.1)$$

$$t = \frac{A_2}{L_a - L_c}$$



Şekil 6.15 Ortalama profilin gösterimi. (a) Yeryüzü gerçek ölçülerine göre alınmış profil. (b) Yükseklik abartılarak alınmış profil.



Şekil 6.16 Kısalma hızı ve Sıyırılma düzlemi derinliği teorisi (Woodward, 1985).

Bu hesaplarda referans düzlemi olarak Trakya baseni +150 m. ve +150 m. kuzeyde, -500 deniz için elde edilen değerler verilmektedir. Bu hesaplamaların sonucu sıyırılma derinliğinin yaklaşık 5-7 km'lik bir derinlikte olduğu ortaya çıkmaktadır.

Referans düzlemi +150 için hesap,

$$S \text{ (kısılma)} = 1\,550 \text{ m.}$$

$$A_2 = 7\,710\,500 \text{ m}^2$$

$$t = \frac{A_2}{S} = 4.975 \text{ m.} \cong 5 \text{ km.} \text{ dir.}$$

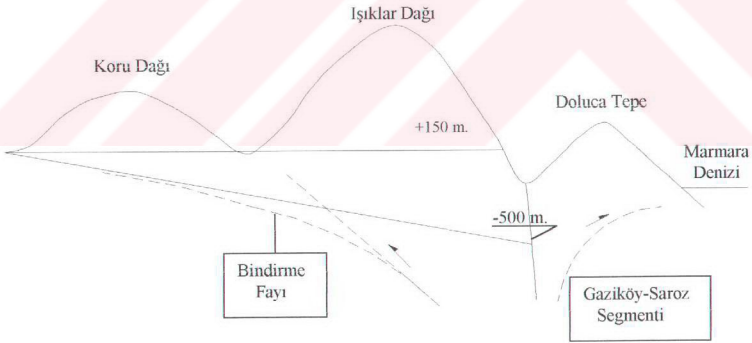
Referans düzlemi +150 kuzeyle -500 deniz için hesap,

$$S = 2200 \text{ m.}$$

$$A_2 = 15\,800\,000 \text{ m}^2$$

$$T \cong 7 \text{ km} \text{ dir.}$$

Bu sıyırılma düzleminin doğrultu atımlı faylardan kaynaklandığı takdirde sıyırılma düzleminin yaklaşık 5-7 km. derinlikten itibaren ana doğrultu atımlı faydan ayrıldığı ileri sürülebilir. Gelibolu profilleri ile Işıklar-Koru dağı profilleri deniz kenarı baz alınarak birleştirildiğinde sıyırılma düzlemi yaklaşık 7.4 km. olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6.17 Işıklar dağı çevresinde KAF ile Kıvrımlar arasındaki ilişki (ölçeksiz).

6.6 Kuzey Anadolu Fayı Üzerindeki Yerdeğiştirmenin Değerlendirilmesi

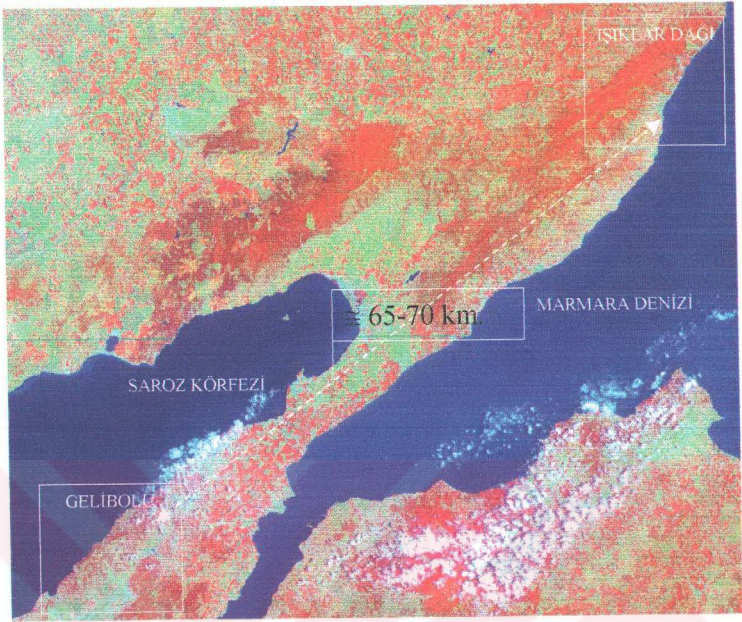
Kuzey Anadolu Fayı daha önce bölüm 6.2 de değinildiği gibi saatin tersine rotasyonla batı – güney batıya dönen Anadolu-Ege bloğunun kuzey sınırını oluşturmaktadır. Bu sınır Marmara bölgesinde 3 kola ayrılmaktadır ve çalışma alanı kuzey kol üzerinde yer almaktadır.

Güncel olarak yapılan GPS çalışmaları sonuçlarına göre KAF'nın Marmara Denizi kolları üzerinde yaklaşık 20 mm/yıl'lık bir hızın varlığı tespit edilmiştir (Straub ve Kahle, 1995, 1997, Straub, 1996). Yine aynı çalışmalardan bu hızın 10–15 mm/yıl'lık kısmının kuzey kol üzerinde yer aldığı anlaşılmaktadır. Ambraseys ve Finkel (1991) tarafından yapılan tarihsel deprem çalışmasında kuzey kol üzerinde, son 2000 yılda diğer kollara göre çok daha fazla yıkıcı deprem meydana geldiğini göstermektedir. Buda GPS verilerini doğrulamaktadır. Yine güncel olarak Armijo ve diğ. 1999 kuzey kol üzerinde fayın yaklaşık 65-70 km. bir toplam atıma sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Aynı araştırıcılar fayın bütün kolları üzerindeki toplam atımın 85 km. civarında olduğunu vurgulamışlardır. Fayın yaşının ≈ 5 Ma yıl olarak düşünöldüğünde 15-17 mm/yıl'lık ortalama bir hız elde edilmektedir. Buda GPS verilerinden elde edilen hızla yakın bir değerdir.

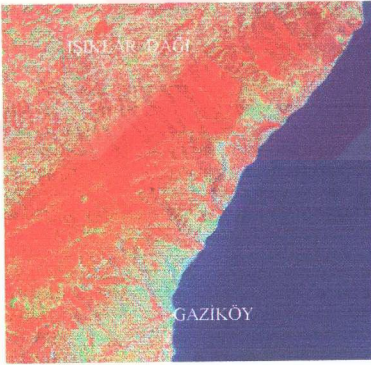
Bu çalışmada, Armijo ve diğ. 1999 başlangıçta Landsat 5 TM görüntülerinden fark ettiği toplam atımın göstergesi olarak ileri sürdüğü Gelibolu ve Işıklar Dağı benzerliği (şekil 6. 18), Uzaktan algılama verileri ve Sayısal Arazi Modeli kullanılarak test edilmeye çalışılmıştır. Bu güne kadar bu tür çalışmaların yapılamamasının nedeni bölgenin tamamını gösteren gözlemlerin az olmasıdır.

6.6.1 Gelibolu ve Işıklar Dağı Atımı

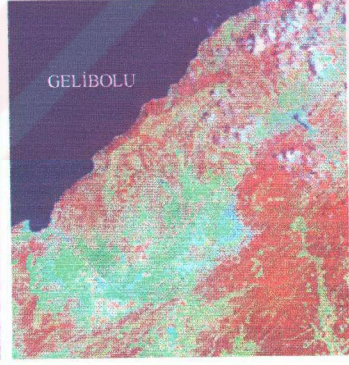
şekil 6.19 Armijo vd. (1999) tarafından Kuzey Anadolu Fayının kuzey kolu üzerinde yaklaşık 65-70 km atımı göstermektedir. Bu atım verisi, Işıklar Dağı ve Gelibolu yarım antiklilerinin başlangıçta aynı antiklinalin parçaları olduğu görüşüne dayanmaktadır. Armijo vd. (1999) bu görüşü ileri sürerlerken litolojik, yapısal ve morfolojik benzerlikleri değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada bu bulgular uzakta algılama verileri ve sayısal arazi modeli ile test edilmeye çalışılmıştır.



(a)

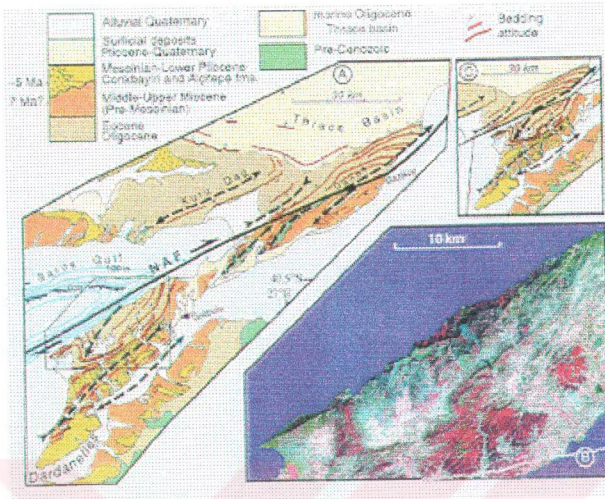


(b)

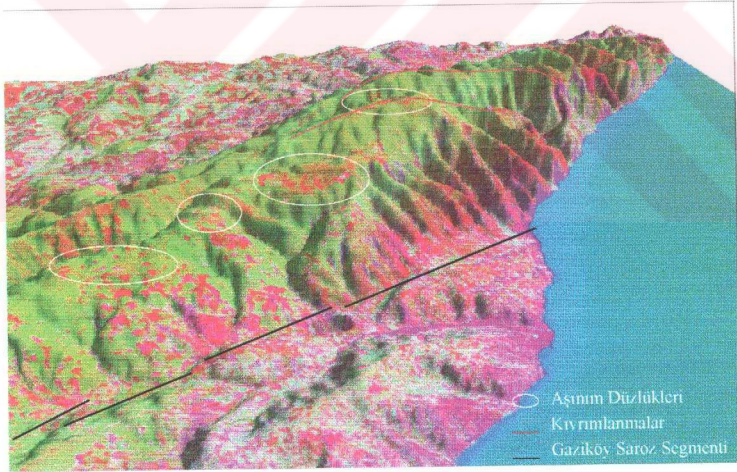


(c)

Şekil 6.18 Landsat 5 TM 4,7,1 bant kombinasyonu görüntüsü. (a) Genel görüntü, (b) Işıklar dağı yarım antiklinali görüntüsü, (c) Gelibolu yarım antiklinali görüntüsü.



Şekil 6.19 KAF Gaziköy-Saroz Segmenti jeolojisi ve atımı (Armijo ve diğ., 1999).



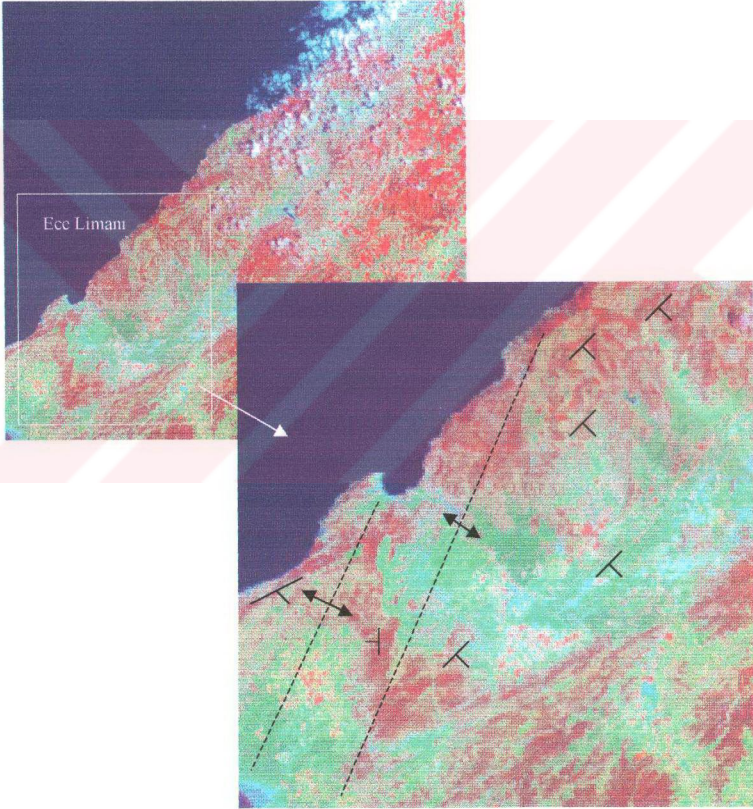
Şekil 6.20 Işıklar yarım antiklinali, aşınım düzlükleri ve Işıklar dağı kıvrımlanmalarının sayısal arazi modeli üzerinden görünümü.

Şekil 6.20 de Işıklar yarım antiklinali gösterilmektedir. Gaziköy Saroz segmenti yüksek alanlarla alçak alanın arasından geçmekte olup bu şekilde çok belirgin olarak görülmektedir. Fay süreksizdir küçük sıçramalar yapmaktadır. Fayın kuzeyinde Işıklar yarım antiklinali üzerinde kalıntı aşınım düzlükleri çok net olarak ortaya çıkmaktadır. Bu düzlüklerin Üst Miyosen yaşlı (> 5.5 Ma) oldukları ve Erol'un D-I ve/veya D-II yüzeylerine karşılık geldiği sanılmaktadır. Işıklar Dağının KD ucunda sırtlar GD ya doğu kavis yapmaktadır. Bu kavisler Armijo vd. (1999) tarafından yarım antiklinalin delili olarak yorumlanmış olup elde edilen bu üç boyutlu görüntüde bu çok belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Bu alanda denize akan derelerin derin kazdığı yine çok açık olarak görülmektedir buda buradaki yükselmenin devam ettiğini göstermektedir.

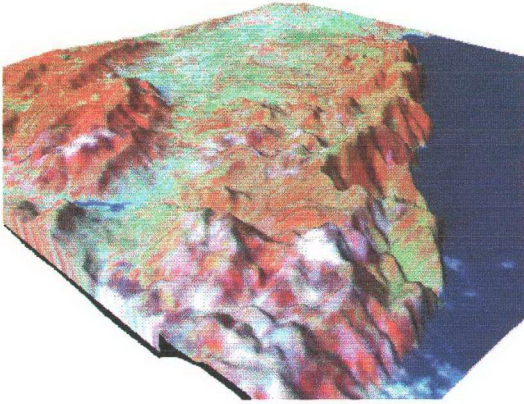
Şekil 6.21, 6.22 ve 6.23 de ise Ece Limanı güneyinde bir antiklinal ve senklinal yapısı görülmektedir. Armijo vd. (1999) eksenin KKD istikametinde uzandığını ve Ece Limanı KD da denize ulaştığını ileri sürmüşlerdir. Şekil 6.21 ve 6.23 den görüleceği gibi Antiklinalin ekseninin deniz ile kesimi bu görüntülerde açıkça görülmemektedir. Ancak, Gelibolu kuzey sahili boyunca yapılan gözlemlerde tabakaların Ece Limanı kuzeyine kadar G-GD ya eğimli olması (Barka sözlü görüşme, 1999) yarım antiklinal fikrini doğrulamaktadır.

Şekil 6.24 de ise sayısal arazi modeli kullanılarak elde edilen Kuru dağ-Işıklar Dağı ve Gelibolu topoğrafik profilleri yan yana gösterilmektedir. Bundan amaç, Armijo vd (1999) tarafından ileri sürülen ve yaklaşık 5 Ma yıl önce bir arada oldukları iddia edilen yarım antiklinaler arasında profil olarak ilişkilerin irdelenmesidir. İlk bakışta profillerin benzer ama farklı ölçeklerde olduğu göze çarpmaktadır. Kuru dağ-Işıklar sistemi yaklaşık 25 km uzunluğunda ve 924 m maksimum yüksekliğinde iken Gelibolu yaklaşık 10 km uzunluğunda ve 400 m yüksekliğindedir. Her ne kadar Gelibolu profili Kuru dağ-Işıklar profili ile benzermiş gibi görünüyorsa da, aslında oluşum açısından iki farklı süreç bunları benzer olmasını sağlamaktadır. Kuru dağ-Işıklar profili yapısal olarak bir yarım bir bütün antiklinal ve aralarında yer alan bir senklinali yansıtırken Gelibolu profilinin ise yarım antiklinalin ortasının aşınması neticesinde, yani erozyonel sebeplerle, benzer görüntü kazanmış olduğu anlaşılmaktadır. Aslında bu iki yarım antiklinalin benzer boyutlarda olması beklenemez, zira Tüysüz vd.(1998) belirttiği gibi Gelibolu yükseliminin günümüzde aktif olmadığı (yükselmediği) ve büyük olasılıkla yer değiştirmenin bir döneminde

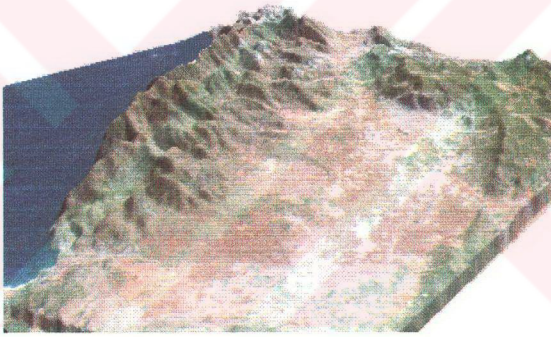
sıkışma alanının dışına çıktıktan sonra yükselimi durduğu ifade edilmiştir. Buna karşılık Işıklar dağı'nın yükselimi günümüzde düşük hızda da olsa devam etmektedir (~10 cm/1000 yıl). Erozyonel etkinin ~%20 olduğunu düşünürsek, Hubert (1998), Gelibolu ve Işıklar dağı'nın ~500 m yüksekliklerde iken birbirlerinden ayrıldıkları ileri sürülebilir. Buda bize fayın yırtılmasından önce Işıklar-Gelibolu antiklinalinin yaklaşık 500 m. ye kadar yükseldiğini ve fayın yırtılmasından sonra Işıkların yükselmesi devam ederken Gelibolu yükselmesinin atım arttıkça azalıp durduğu göstermektedir.



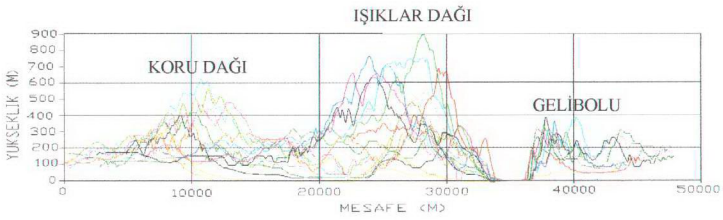
Şekil 6.21 Landsat 5 TM görüntüsü üzerinde Ece limanı ve çevresinin değerlendirilmesi (Armijo ve diğ. 1999 göre yapılan çizim).



Şekil 6.22 Sayısal Arazi Modeline doğudan güneybatıya doğru bakış.



Şekil 6.23 Sayısal Arazi Modeline Ece Limanı ve kuzeydoğuya doğru bakış.



Şekil 6.24 Işıklar-Koru dağı ve Gelibolu topografik profilleri.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Kuzey Anadolu Fayı Gaziköy-Saroz Segmenti ve Kuru-Işıklar dağı çevresinin jeomorfolojik, jeolojik ve tektonik yapısı, uzaktan algılama verileri ve raster veri yapısında oluşturulan sayısal arazi modeli kullanılarak analiz edilmiştir.

Çalışma bölgesi olarak seçilen Gelibolu-Saroz-Işıklar dağı içine alan bu bölgede klasik yöntemlerle yapılan jeomorfolojik çalışmalar sayısal arazi modeli kullanılarak yapılmıştır. Yapılan sayısal arazi modelinden eğim haritası oluşturularak eğim gruplarına göre düzlükler ile (eğimi < 5) yamaçlar (eğimi > 5) çok hızlı bir şekilde ayırt edilmiştir. Yamaçlar az eğimli (eğimi %5-10), eğimli (eğimi %10-20), dik (eğimi %20-40) ve çok dik (eğimi %40+) yamaç olarak eğim gruplarına göre belirlenmiştir. Ayrıca bu model üzerinden yüzey profillerinin elde edilmesi son derece kolay olmaktadır.

Sayısal arazi modeli üzerinden yüzey yamaç ilişkileri ortaya konarak daha önce bu bölgede yapılan çalışmalara paralel olarak 5 aşımın yüzeyi tespit edilmiştir. Bular; D-I (Alt-Orta Miyosen), D-II (Üst Miyosen), D-III (Üst Pleistosen), SY (Enalt-Orta Pleistosen), SA (Üst Pleistosen) yüzeyleridir ve klasik jeomorfolojik yöntemlere göre daha çabuk ve doğru olarak elde edilmiştir.

Farklı uydulardan değişik ölçekte ve çözünürlükte elde edilen uzaktan algılama verilerinin jeomorfolojiye getirdiği yenilikler hava fotoğrafları ile karşılaştırılarak tartışılmıştır. Özellikle 10 m. çözünürlüklü Spot P verileri ile 30 m. çözünürlüklü Landsat 5 TM verilerinin karşılaştırılması sonucu 1/10 00 ölçekli hava fotoğraflarına yakın görüntüler elde edilmiştir. Ancak bu verilerin renkli olarak arazinin karakteristik yapılarını göstermesi ve geniş alanları bir modelde göstermesi bakımından hava fotoğraflarından üstün oldukları gözlenmiştir.

Raster yapıda sayısal arazi modeli ve yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama verileri kullanılarak jeomorfolojik çalışmaların geniş alanlarda, çok daha hızlı ve doğru olarak elde edildiği ortaya konmuştur.

Yapılan çalışmada uydu görüntüleri üzerinden Kuzey Anadolu Fayı, Gaziköy-Saroz Segmentinin geometrisi incelenmiştir. Şimdiye kadar düz bir çizgi olarak gösterilen bu segment üzerinde, Mürseli köyü doğusunda ve Mürseli-Yaya köy arasında basamak şeklinde iki süreksizlik belirlenmiştir. Bu verilerden yararlanılarak bu basamakların genişleme türü olduğu söylenebilir. Fayın süreksizliği ile ilgili diğer bir özellik, Saroz baseni doğusunda Yeniköy-Sofular çevresinde saatin tersi yönünde yaklaşık 7° 'lik bir doğrultu değiştirmesidir. Bu değişiklik ayrıca değişik uydu verilerinden ve farklı açılardan araziye bakılabilen sayısal arazi modelinden tespit edilmiştir. Ayrıca Marmara bölgesinde yapılan GPS ölçmeleri sonucuna göre bulunan hareket vektörlerinin dönüklüğü bu değerlendirmeyi doğrulamaktadır.

Uydu verilerinden görülen Evreşe ovası ile Kuru dağı arakesitinin çizgiselliğinin morfolojik özelliklerine bakılarak fay olmadığı, Kuru dağı antiklinalini oluşturan tabakaların sebep olduğu bir çizgisellik olduğu farklı bakış yönlerine göre üretilen görüntülerde tespit edilmiştir.

Sayısal arazi modeli üzerinden alınan profiller yardımıyla Işıklar – Kuru dağı yükseliminin kısalma miktarı 1.5 – 2.5 km., Kısalma hızı 0.3 – 0.5 mm/yıl ve sıyırılma düzleminin derinliği 5- 7 km. olarak hesaplanmıştır. Bu değerleri önerilen veri 65 km.'lik bir yatay atım ile değerlendirdiğimizde kayma vektörü ile fay arasında yaklaşık $1.7 - 2.5^{\circ}$ 'lik bir açı olduğu ve sıyırılma düzleminin ana doğrultu atımlı faydan ayrıldığı anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada Kuzey Anadolu Fayının bu kesiminde öngörülen 65 km. 'lik atım verisi olan Gelibolu Işıklar dağı ötelenmesi sayısal arazi modeli ve uydu verileri kullanılarak test edilmeye çalışılmıştır. Yapılan profil analizlerinde, erozyonal etki % 20 olarak alındığında bu iki yarım antiklinalin bu yapılar yaklaşık 500 m. yükseklikte iken beraber oldukları sonucuna varılmış olup jeolojik ve jeomorfolojik veriler kullanılarak, Gelibolu yarım antiklinalinin uzun zamandır yükselmediği ve aşındığı anlaşılmaktadır. Buna karşılık Işıklar dağıнын halen yavaşta olsa yükseldiği söylenebilir.

Uydu görüntüleri ve sayısal arazi modeli ile Işıklar dağı yarım antiklinali değerlendirildiğinde, aşınım düzlüklerinin net olarak ortaya çıktığı ve bu düzlüklerin Erol'un sisteminde D-I ve /veya D-II yüzeylerine karşı geldiği ve bu

alandaki denize dökülen derelerin derin kazmasının buradaki yükselmenin devam ettiğinin bir göstergesi olduğu anlaşılmaktadır.

Bütün bu sonuçların yanısıra, kullanılan teknik açısından uydu görüntüleri ve sayısal arazi modelinin birlikte kullanımının avantajları jeomorfoloji ve jeoloji bilimine getirdiği yenilikler şöyle sıralanabilir.

- Geniş bir alanda morfolojik yapılar aynı anda görünüp değerlendirilebilir.
- Formasyonların tamamı aynı anda gözlenebilir.
- Veri elde edilmesi ve çalışma kolaylığı nedeniyle diğer verilere göre ekonomiktir.
- Veriler çok kısa sürede ve yüksek yörüngelerden kaydedildiğinden radyometrik ve geometrik hataları son derece azdır.
- Veriler bilgisayar ortamında kaydedildiğinden her türlü düzeltme ve işlem kısa zamanda yapılabilir.
- Farklı spektral özelliklerin farklı bantlara kaydedilmesi ve çok bantlı renkli görüntülerin elde edilmesi bir çok yeryüzü özelliğinin tanımlanmasını sağlar.
- Uydu görüntüleri üzerinde istenilen özellikleri belirgin hale getirmek ve daha detaylı görüntü elde etmek için zenginleştirme algoritmaları uygulanabilir.
- Sayısal arazi modeli kullanılarak kısa zamanda jeomorfolojik haritalar yapılabilir.
- Sayısal arazi modeli ile karşılaştırılan uzaktan algılama verilerine üç boyutlu olarak farklı açılardan bakılarak jeolojik yapıları değerlendirme olanağı yaratılabilir.
- Değerlendirmeler büyük alanlarda çok hızlı ortaya konarak, arazide araştırma yapılacak bütün alanlar tespit edilerek önsel bilgilere ulaşılması, zaman açısından son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

- Allen, C.R.**, 1969. Contr., No:1577., Div.Geol.Sci.Calif.Inst.Tech., 32 sayfa.
- Altın, B.N.**, 1992. Işıklar (Ganos) Dağı ve Çevresinin Noetektonik Dönem Jeomorfolojik Tektonik Gelişimi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul.
- Ambraseys, N.N.**, 1990. Engineering Seismology. Earthquake Eng.Struct.Dyn.,17, 1-105.
- Ambraseys, N.N., Finkel, C.F.**, 1987. The Saros-Marmara Earthquake of 9 August 1912, Earthquake Eng. Struct.Dyn.15, 189-211.
- Ambraseys, N.N., Finkel, C.F.**, 1991. Long-term Seismicity of İstanbul and the Marmara Region, Eng. Seismol.Earthquake Rep., 91/8, Imperial College.
- Aranoff, S.**, 1989. Geographic Information Systems: A Management Perspective, Canada.
- Armijo, R., Meyer, B., Hubert, A., Barka, A.A.**, 1999. Propagation of the North Anatolian Fault into the Northern Aegean: Timing and Kinematics, Geology.
- Arpat, E., Şaroğlu, F.**, 1975. Türkiye’de Bazı Önemli Genç Tektonik Olaylar, TJK Bülteni, 18/1, 91-101.
- Arslan, O.**, 1993. Çevre Bilgi Sistemleri Çevresel Etki Değerlendirme Bilgi Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirme Pilot Projesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ateş, R.**, 1982. Earthquake Activity on the North Anatolian Fault Zone.In:Isıkara, A.M, Vogel ,A.(Eds.), Progress in Earthquake Prediction. Vieweg, Braunschweig, 95-113.
- Ateş, R., Tabban, A.**, 1976. Preliminary Report for the Şarköy Mürefte Earthquake of 9 th August, 1912, Publ. Earth. Res.Inst., pp 24.
- Barka A.A., Kadinsky-Cade, K.**, 1988. Strike-Slip Fault Geometry in Turkey and Its Influence on Earthquake Activity, Tectonics, 7, 663-684.
- Barka, A.A.**, 1991. İstanbulun Depremselliğini Oluşturan Tektonik Yapılar ve İstanbul İçin Bir Mikro Bölgeleme Denemesi, İstanbul ve Deprem Simpozyumu, İnşaat Müh.Odası, 78-98.

- Barka, A.A.**, 1992. The North Anatolian Fault Zone, *Anales Tectonicae*, Special Issue, Supplement to Volume 6, 164-195.
- Barka, A.A.**, 1996. Slip Distribution Along the North Anatolian Fault Associated with the Large Earthquakes of the Period 1939 to 1967, *BSSA.*, 86,5, 1238-1254.
- Barka, A.A.**, 1997. Neotectonics of the Marmara Region, Active Tectonics of Northwestern Anatolia- The Marmara Poly-Project, Hochschul-verlag AG an der ETH Zürich.
- Barka, A.A., Nalbant, S.**, 1998. 1700 ve Sonrası Marmara Depremlerinin Modellenmesi, Aktif Tektonik Araştırma Grubu Birinci Toplantısı, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Barka, A.A., Reilinger, R.**, 1997. Active Tectonic of the Eastern Mediterranean Region: Deduced from GPS, Neotectonic and Seismicity Data, *Annali di Geofisica*, XL, 587-610.
- Campbell, J.B.**, 1987. Introduction to Remote Sensing, The Guildford Press, New York, USA.
- Chavez, P.S., Kwarteng, A.**, 1989. Extracting Spectral Contrast in Landsat Thematic Mapper Image Data Using Selective Principal Component Analysis, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.55, No:3, 339-348.
- Cooke, U.R., Doornkamp, J.C.**, 1990. Geomorphology in Environmental Management, Second Edition, Oxford. UK.
- Curran, P.J.**, 1985. Principles of Remote Sensing, Longman Scientific and Technical.
- Dennis, J.G.**, 1987. Structural Geology, pp. 123.
- Dewey, T.F., Şengör, A.M.C.**, 1979. Aegean and Surrounding Regions Complex Multiplate and Continuum Tectonics in a Convergent Zone, *Geol.Soc.America Bull.*, No:90, 84-92.
- Dönmez, Y.**, 1990. Trakya'nın Bitki Coğrafyası, İstanbul Üniversitesi Coğ.Enstitüsü Yay., No:51, İstanbul.
- Drury, S.A.**, 1987. Image Interpretation in Geology, Allen&Unwin Ltd, London, UK.
- Ehlers, M., Edwards, G., Bedard, Y.**, 1989. Integration of Remote Sensing with Geographic Information Systems: A Necessary Evolution, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.55, No:11, 1619-1627.

- Ehlers, M., Greenlee, D., Smith, T., Stor, J.,** 1991. Integration of Remote Sensing and GIS: Data and Data Access, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.57, No:6, 669-675.
- Ehlers, M., Jadcawski, A.M., Howard, R.R., Brostven, D.,** 1990. Application of Spot Data for Regional Growth Analysis and Local Planing, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.56, No:2, 175-180.
- Eldeniz, Ş.,** 1996. Keşan-Malkara-Koru Dağı Dolayının Jeomorfolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.
- Erdas Field Guide,** 1991. Second Edition V.7.5, Erdas Inc. , Atlanta, USA.
- Erinç, S.,** 1996. Jeomorfoloji I, 4.baskı, Öz Eğitim Yayınları, No:12, İstanbul.
- Erinç, S., Yılmaz, Y.,** 1978. Ege Denizi, Türkiye ile Komşu Ege Adaları, Türk Kültürünü Araştırma Enstitüsü Yayınları, No:50, Ankara.
- Erol, O.,** 1979. Türkiye’de Neojen ve Kuaterner Aşınım Dönemleri, Bu Dönemlerin Aşınım Yüzeyleri ile Yaşıt(Korelan) Tortullara Göre Belirlenmesi, TJD, Sayı:8, Sayfa 1-40.
- Erol, O.,** 1983a. Fotojeoloji, Fotojeomorfoloji, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Matbaası, Ankara,Türkiye.
- Erol, O.,** 1983b. Türkiye’nin Genç Tektonik ve Jeomorfolojik Gelişimi, TJD, Sayı:11, Sayfa 1-22.
- Erol, O.,** 1991. Geomorphological Evolution of Taurus Mountains, Turkey, Zeitschr für Geom.N-F. Supp. Bd. 82, 99-109.
- Erol, O.,** 1993a. Ankara Yöresinin Geomorfolojik Gelişimi, A.Suat Erk Jeoloji Simpozyumu, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Ankara.
- Erol, O.,** 1993b. Ayrıntılı Jeomorfoloji Haritaları Çizim Yöntemleri, İÜ.Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Bülteni, Sayı: 10, İstanbul.
- Erol, O., Çetin, O.,** 1995. Marmara Denizinin Genç Miyosen-Holosendeki Evrimi (Bazı Yeni Radyometrik Yaş Verilerinin Işığı Altında Bir Yorum) Editör Prof.Dr.Engin Meriç, İÜ Jeoloji, İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi, Sayfa 313-342, İstanbul.
- Eyidoğan, H., Güçlü, U., Utku, Z., Değirmenci, E.,** 1991. Türkiye Büyük Depremleri Makro-Sismik Rehberi, İTÜ Maden Fakültesi, Jeofizik Bölümü Yayını, 198 sayfa.
- Frei, U.,** 1993. Compilation of Cartographic and Spaceborne Remote Sensing Data For Thematic/ Topographic Mapping, Remote Sensing Laboratories Department of Geography, University of Zürich.

- Fung, T., LeDrew, E.,** 1987. Application of Principal Components Analysis to Change Detection, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.53, No:12, 1649-1658.
- Gibbons, G.,** 1992. The Global Positioning System as a Complementary Tool for Remote Sensing and other Applications, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.58, No:8, 1255-1257.
- Goudie, A.,** 1990. *Geomorphological Techniques*, Second Edition, Unwin Hyman Ltd, London,UK.
- Göksel, Ç.,** 1996. Elmalı ve Alibey Su Havzalarının Uydu Görüntü Verileri ile İzlenmesi ve Bilgi Sistemi Oluşturma Olanakları, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gündoğdu, O.,** 1986. Türkiye Depremlerinin Kaynak Parametreleri ve Aralarındaki İlişkiler, Doktora Tezi, İÜ. Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Bölümü, 260 sayfa.
- Hancock, P.L., Erkal, T.,** 1991. Enigmatic Normal Fault Within the European Sector of the North Anatolian Transform Fault Zone, *Anneles Tectonicae*, 1-11.
- Hubert, F.,** 1998. La faille Nord – Anatolienne (Cinématique, morphologie, localisation vitesse et decalage total) et mode-lisation utilisant la contrainte de Coulomb sur différentes échelles de temps. PhD. Tesis. Université Paris, France.
- Janssen, L.V., Vander Wel, F.J.M.,** 1994. Accuracy Assessment of Satellite Derived Land-Cover Data: A Review, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.60, No: 4, 419-425.
- Kardoulas, N.G., Bird, A.C., Lawan, A.I.,** 1996. Geometric Correction of Spot and Landsat Imagery: A Comparison of Map and GPS Derived Control Points, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.62, No:10, 1173-1177.
- Kaya, Ş.,** 1993. İstanbul İkitelli Örneğinde Uzaktan Algılama Verileri Kullanarak Metropoliten Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaya, Ş.,** 1996. Uzaktan Algılama Verileri ile İkitelli Örneğinde Şehir Çevre Analizi, İTÜ Dergisi, Yayımlanmak Üzere Kabul Edilmiş Makale, İstanbul.
- Koçyiğit, A.,** 1989. Suşehri Basin: An Active Fault Wedge Basin, *Tectonophysics*, 167, 13-29.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W.,** 1987. *Remote Sensing and Image Interpretation*, John-Wiley and Sons., Canada.

- Lo, C.P.**, 1986. Applied Remote Sensing, Longman Inc., New York, USA.
- Lunetta, R.S., Congalton, R.G., Fenstermaker, K.L., Jensen, R.J., McGwire, K., Tinney, L.R.**, 1991. Remote Sensing and Geographic Information System Data Integration: Error Sources and Research Issues, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.57, No:6, 677-687.
- Macovei, G.**, 1912. Sur le Tremblement de Terre de Lamer de Marmara, le 9 August 1912., Bull.Sect.Sci.Acod.Roumanie,Bucharest, 1/1, 1-10.
- Maktav, D., Sunar, F.**, 1991. Uzaktan Algılama-Kantitatif Yaklaşım, İstanbul.
- Mather, P.M.**, 1987. Computer Processing of Remotely Sensed Images. USA.
- McKenzie, D.**, 1972. Active Tectonics of the Mediterranean Region, Geophys. J.R.Astr.Soc., 30, 109-185.
- Mendenhall, W., Wackerly, D.D., Scheaffer, R.L.**, 1990. Mathematical Statistics with Application, Fourth Edition, PWS-KENT Publishing Company-Boston, USA, 236-238.
- Mihalinović, J.**, 1927. Les Grandes Catastrophes Seismiques Lamer de Marmara. Inst.Seismol.Univ.Beograd, pp 350.
- Önal, M.**, 1986. Gelibolu Yarımadası Orta Bölümünün Çökeltme İstifleri ve Tektoniği, Kuzeybatı Anadolu Türkiye, İstanbul Üniv.Müh.Fak. Yerbilimleri Dergisi, C.5, S.1-2, 21-38.
- Örmeci, C.**, 1987. Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri), Cilt I, İTÜ Matbaası, İstanbul.
- Richards, J.A.**, 1993. Remote Sensing Digital Image Analysis An Introduction, Second ,Revised and Enlarged Edition, Springer-Verlag, Berlin.
- Rockwell, T., Barka, A.A., Thorup, K., Akyüz, S.**, 1997. Paleoseismology of the Gaziköy-Saros segment of the North Anatolian Fault, Northwestern Turkey: Implications of Regional Seismic Hazard and Models of Eartquake Recurrence, Paper Presented at International Symposium on Recent Developments on Active Fault Studies, İTÜ, İstanbul.
- Rockwell, T., Barka, A.A., Thorup, K., Dawson, T., Akyüz, S.**, 1998. Paleoseismology of the Gaziköy-Saros segment of the North Anatolian Fault, Northwestern Turkey: Comparison between the historical and Trench Record, AGU, USA.
- Rosenfeld, C.C.**, 1984. Remote Sensing Techniques for Geomorphologists, Developments and Applications of Geomorphology, Springer-Verlag, Berlin, 1-37.
- Sabins, F.F.**, 1997. Remote Sensing Principles and Interpretation, Third Edition, New York, USA.

- Saner, S.**, 1985. Saroz Körfezi Dolayının Çökeltme İstifleri ve Tektonik Yerleşimi, Kuzeydoğu Ege Denizi, Türkiye, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C.-28, 1-10.
- Sieberg, A.**, 1932. Erdbebengeographie. In: Gutenberg, B.(Ed.), Handbuch der Geophysik, Band 4, Borntrager, Berlin, 527-1005.
- Siever, R.**, 1985. EARTH, Forth Edition, Frank Press, New York, USA.
- Siyako, M., Bürkan, A., Okay, A.İ.**, 1989. Biga ve Gelibolu Yarımadalarının Tersier Jeoloji ve Hidrokarbon Olanakları, TPJD.Bül., C.1-3, Sayfa 183-199, Ankara.
- Snyder, J.P.**, 1982. Map Projections. Geological Survey Bulletin, 1532, 53-72.
- Straub, C.**, 1996. Recent Crustal Deformation and Strain Accumulation in the Marmara Sea Region. NW Anatolia Referred from GPS Measurements, PhD. Thesis, ETH, Zürich, 122 pp.
- Straub, C., Kahle, H.**, 1995. Active Crustal Deformation in the Marmara Sea Region Inferred from GPS Measurements, Geophys. Res.Lett., 22(18), 2533-2536.
- Straub, C., Kahle, H.**, 1997. Recent Crustal Deformation and Strain Accumulation in the Marmara Sea Region, NW Anatolia Referred from Repeated GPS Measurements. In: Schindler, C., Pfister, M.(Eds), Active Tectonics of Northwestern Anatolia –The Marmara Project, Vdf Hochschulverlag AG der ETH, Zürich, 417-447.
- Sunar, F.**, 1991. Körfezlerdeki Su Kalitesinin Uydu Görüntü Verileri Yardımıyla İncelenmesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sunar, F.**, 1995. Uzaktan Algılamada Ana Bileşen Analizi ve Bir Uygulama Örneği. İTÜ Dergisi, Yayınlanmak Üzere Kabul Edilmiş Makale, İstanbul.
- Sunar, F., Kaya, Ş.**, 1996. Uydu Görüntülerinin Rektifikasyonu ve Analizi, İTÜ İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Kullanımı Sempozyumu, İstanbul.
- Şeker, D.Z.**, 1993. Kırsal Bölgelerde Bilgi Sistemlerinin Uygulama Olanakları, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şengör, A.M.C.**, 1982. Ege'nin neoktonik Evrimini Yöneten Etkenler, TJK, Batı Anadolu Genç Tektoniği Paneli, Ankara, 59-71.
- Tatar, Y.**, 1989. Uzaydan Uzaktan Algılamanın Jeolojik Önemi, Türkiye Uzaktan Algılama Semineri, Harita Genel Komutanlığı, Ankara, Türkiye.
- Tüysüz, O., Barka, A.A., Yiğitbaş, E.**, 1998. Geology of the Saros Graben and Its Implications for the Evolution of the North Anatolian Fault in The Ganos-Saros Region, Northwest Turkey. Tectonophysics, 293, 105-126.

- Welch, R., Usery, L.E.**, 1984. Cartographic Accuracy of Landsat 4 MSS and TM Image Data, IEEE, Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol. GE-22, No:3.
- Wong, H.K., Lüdmann, T., Uluğ, A., Görür, N.**, 1995. The Sea of Marmara: a plate boundary sea in an escape tectonic regime, Tectonophysics, 244, 231-250.
- Woodward, N.B.**, 1985. Valley and Ridge Thrust Belt: Balanced Structural Sections, Pennsylvania to Alabama, Appalachian Basin Industry Associates. Univ. Of Tennessee, Dept. Of Geod.Sci., Studies in Geology, V.12, 64p.
- Yaltırak, C.**, 1996. Ganos Fay Sisteminin Tektonik Tarihi, Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 8/1, 137-150.

ÖZGEÇMİŞ

Şinasi KAYA , 1963 yılında Bartın/Ulus' da doğdu. Bartın Lisesini bitirdi. 1983 yılında İTÜ İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Bölümünde lisans eğitimine başladı. 1987-1988 kış yarıyılında mezun oldu. Bir süre özel sektörde görev aldı. Askerliğini bitirdikten sonra 1991'de Ölçme Tekniği Anabilim Dalı'na uzman olarak atandı. Aynı yıl yüksek lisansa başladı. 1993 yılında Uzaktan Algılama Anabilim Dalına Araş.Gör. olarak atanarak, Yüksek Mühendis ünvanını aldı ve İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalında doktora eğitimine başladı. Evli ve bir çocuk babasıdır.