

TEKTONİK ÇİZGİSELLİKLERİN UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ İLE SAPTANMASI VE BİR UYGULAMA

Müfit ALPMEN¹

İbrahim SERTÇELİK²

1 Yıldız Üniversitesi Kocaeli Müh.Fak.Jeofizik Müh.Bölümü

2 Yıldız Üniversitesi Kocaeli Müh.Fak.Jeofizik Müh.Bölümü

Birçok bilim dalı ile sıkı bir ilişki içinde olan Uzaktan Algılama; veri elde etme, ölçme ve değerlendirme teknikleri açısından sürekli bir gelişim göstermektedir.

Bugün hava ve uydu resimlerinin değerlendirilmesi ve yorumlanmasıyla yeryüzünün jeolojik, jeofizik ve topografik özellikleri saptanabilmektedir.

Uydu görüntüleri ve ölçme resimleri, geniş alanların izdüşümsel biçimde gözlenebilmesine ve rejyonel jeolojik değerlendirmelerin yapılabilmesine olanak sağlar, etkin bir ölçme unsuru olarak uygulamada yer alır.

Bu çalışmada, Uzaktan Algılama'nın çekim, ölçme ve değerlendirme teknikleri tanıtılmıştır. Ayrıca, Landsat uydu verilerinin analiz ve yorum yöntemleri öz olarak verilmiş, uygulanabilirliği gösterilmiştir.

Çalışmanın uygulama bölümünde Ordu, Giresun, Gümüşhane, Erzincan, Sivas illerini ve Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun da bir bölümünü içeren bölgenin Çok Bantlı Tarayıcı (Multi Spectral Scanner) filmleri sağlanmıştır. 4.6. ve 7. bantlardaki saydam pozitif filmler "Renk Katıcı Gözleme" (Color Additive Viewer) aletinde değerlendirilerek Bölgenin Çizgisellik Haritası çıkarılmıştır. Elde edilen Çizgisellik Haritası 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası ile karşılaştırılarak, sözkonusu bölgenin gerçek tektonik çizgiselliklerinin değerlendirilmesine çalışılmıştır.

Elde edilen Haritadaki çizgiselliklerin 31 adetinin bu bölgeye ait jeolojik haritadaki tektonik çizgiselliklerle (kesin ve olası fay, antiklinal ve senklinal gibi) büyük ölçüde uyumlu olduğu gözlenmiştir. Doğrultu değerlerindeki farklılıklar ise, istatistik yöntemle incelenmiş ve % 90 lık bir korelasyon değerine ulaşılmıştır.

Bu korelasyon değeri her iki haritadaki çizgiselliklerin birbiri ile uyum içinde olduğunu göstermektedir.

Sonuç, jeolog ve jeofizikçilerin araziye adım dolaşmaya başlamadan önce uydu görüntülerinden yararlanmalarının pek çok zaman ve emek tasarrufu sağlayacağı gerçeğini ortaya koymaktadır.

1. GİRİŞ

Uzaktan Algılama; isminden de anlaşılacağı gibi, yeryüzünün jeolojik, hidrolojik, topoğrafik v.b. özelliklerinin, hava veya uydu resimlerinin ölçüm ve yorum yöntemleri ile uzaktan saptanmasıdır. Bu yöntemlerin günümüzdeki uygulama alanları oldukça geniş olup, gi derek çekim, ölçme ve değerlendirme yönünden de yaygınlaşmaktadır. Örneğin, mor ötesi, kızıl ötesi, termal resimcilik ve çok bantlı ta rayıcı sistemleri ve radar resim sistemleri gibi.

Yeryüzü kaynaklarını değerlendirmek amacıyla uzaya gönderilen Landsat uyduları, iki tip algılayıcı sistem taşırlar. Bunlar RBV-Return Beam Vidicon (televizyon kamerası) ve MSS-Multi Spectral Scanner (çok bantlı tarayıcı) sistemlerdir.

Uydudaki sistemlerle elde edilen veriler, yeryüzü istasyonlarına gönderilir. Yer istasyonlarında ise veriler görüntülenir. Veriler, resim durumuna getirilirler veya bilgisayar uyumlu teyplerde "data bank" şeklinde saklanırlar.

Veri analizi ve yorumlama yöntemleriyle yerbilimlerinin konuları işlenir. Uydu verilerinin en basit yorumu göz ile yapılır. Gerçek yorum ise, karmaşık optik-elektronik sistemlerden özel ve genel amaçlı bilgisayarlara kadar, çeşitli araçlarla yapılabilmektedir.

Landsat uydusundan elde edilen uydu görüntüleri ile Ordu, Giresun, Gümüşhane, Erzincan, Sivas illerini kapsayan 185x185 km²'lik bir alan üzerinde bir değerlendirme yapabilmek için, bu çalışmanın süreci içinde, olası tüm yöntemler araştırılmıştır.

Öngörülen yöntem gereğince, yukarıda adı geçen bölgenin 4., 6. ve 7. bantlardaki¹⁾ saydam pozitif filmleri "Renk Katıcı Gözleme" (=Color Additive Viewer) aletinde değerlendirilerek Çizgisellik Haritası elde edilmiştir. Bu Çizgisellik Haritasındaki 108 adet çizgiselliğin 31 adetinin, jeolojik haritadaki tektonik çizgiselliklere büyük ölçüde uyduğu görülmüştür. Ayrıca, bu 31 adet çizgiselliğin doğrultu değerleri istatistik yöntemle incelenmiştir.

1) Elektromagnetik spektrumun band 4: 0.5-0.6 μ m, band 6:0.7-0.8 μ m band 7: 0.8-1.1 μ m dalga boylarını işaret etmektedir.

2. UZAKTAN ALGILAMA

2.1 Uzaktan Algılamanın Temel Tanım ve İlkeleri

Uzaktan algılama ölçme ve yöntemleri, jeoloji ve maden araştırmalarının daha ekonomik, kapsamlı ve hızlı yapılabilmesini sağlar. Uydudan elde edilen verilerin (uydu resmi veya bilgisayar uyumlu teyp verisi) analizleri ve sonuçlarının yersel çalışmalarla değerlendirilmesi, yorumlanması gerekmektedir.

Uzaktan algılama, "arada mekanik bir temas elmaksızın bir cisimden yansıyan ve yayılan elektromagnetik radyasyonun, akustik enerjinin veya bir ortamdaki kuvvet alanlarının düzenli ve sayısal olarak değerlendirilmesi, cismin nicelik ve nitelik bakımından özelliklerinin tanımlanması" şeklinde ortaya konulabilir.

Yukarıdaki bu genel tanıma göre, uzaktan algılamanın uğraşı ve araştırma konuları jeoloji, jeofizik, tarım, ormancılık, pedoloji, volkanoloji, hidroloji, meteoroloji, kartografya, fotogrametri, çevre sorunları ve öşinegrafiye içermektedir.

Haritacılık bakımından uzaktan algılamada ve fotogrametride yeni resim triangülasyonu yöntemleri, görüntü ve resim ölçmeleri, matematik-geometrik izdüşüm tanımları, model oluşturulması ve ilkeleri ortaya konulmaktadır. Örneğin, uydu görüntülerinin, hava ölçme resimlerine benzer geometrik-optik özelliklerinin incelenmesi gibi.

Uzaktan algılama sistemlerinde, geometrik bağıntılar ve sistemin yönelme parametreleri¹⁾, zamanın fonksiyonu olarak tanımlanabiliyorsa, aktif ve pasif algılayıcıların²⁾ perspektif izdüşüm denklemleri kurulabilir.

1) $(X_{\bullet}, Y_{\bullet}, Z_{\bullet})$ ve $\psi_1 \psi_2, \omega_1 = \omega_2 = \omega, X_1 X_2$

2) Pasif algılayıcılar: Görünür ışık radyasyonu kullanan resim algılama sistemleri veya yeryüzünde yansıyan, yayılan radyasyonu kullanan sistemlerdir.

Aktif algılayıcılar: Elektromagnetik radyasyon yayarak uzaktan algılama yapan sistemlerdir ki bunlara, radar resim sistemleri örnek verilebilir.

Sen yıllarda, optik izdüşüm sistemleri de geliştirilmektedir. Optik izdüşümün veya doğrudan fotoğrafik izdüşümün ilkesi, hemen hemen görülebilir ışık radyasyonuna yakın kızılötesi ve morötesi ışınlarının doğrusal yansıması özelliklerine ve bunların dalga boylarına uygun filtre, mercek ve emülsiyonlarının kullanılmasına bağlıdır. Delaylı algılama işleminde (tek veya çok kanallı tarayıcılar) tarama sırasında, cismin her noktası için radyasyon şiddetinin farkları kaydedilir. Delaylı veya doğrudan elde edilen görüntü, elektromagnetik radyasyonun fiziksel özellikleriyle bağlıdır.

Elektromagnetik enerji, harmonik dalga hareketi biçiminde sabit bir hızla yayılır:

$$f = \frac{c}{\lambda n} = \frac{v}{\lambda} \quad (1)$$

c = vakum içindeki ışık hızı = 3.00×10^{10} cm.s⁻¹

λ = dalga boyu (cm)

f = frekans (titreşim.s⁻¹)

v = ortamdaki ışık hızı (cm.s⁻¹)

n = ortamın kırılma indisi

Planck'a göre, her bir kuvant'ın (foton) enerjisi :

$$E = h.f \quad (2)$$

dir. Burada;

E = enerji (erg)

h = Planck sabiti = 6.625×10^{-22} erg.s

Uzaktan algılamada, enerji kaynağı olarak aktif ve pasif ışınlayıcılar söz konusu edilir. Aktif ışınlayıcılar; katot tüpleri, laser, maser¹⁾ v.b. leridir. Radyoaktif cisimler ve elektromagnetik radyasyon yayan doğal cisimler, pasif ışınlayıcılar olarak adlandırılırlar.

1) Uyarılmış elektromagnetik radyasyon ile çalışan, çok kısa dalga yükseltici. Osilatör olarak da kullanılabilir.

Kirchoff kanununa göre :

$$\frac{E}{A} = f(\lambda, T) \quad (3)$$

dir. Burada ;

E = Işın yayınım gücü (kal.cm⁻².s. °C⁴)

A = Cismin absorbe edebilme gücü (kal.cm⁻².s.°C⁴)

λ = Dalga boyu (cm)

T = Cismin mutlak sıcaklığı (°K)

Planck'a göre, pasif enerji kaynakları, enerjilerini dışarı verirler.

$$u(\lambda) = \frac{8 hc}{\lambda^5} \times \frac{1}{\frac{hc}{e^{k\lambda T} - 1}} \quad (4)$$

Yukarıdaki eşitliğin sol tarafındaki u(λ) Radyasyon enerjisi yoğunluğu (erg.cm⁻⁴)' dur. k ise Boltzman sabiti olup

k = 1.3804 x 10⁻¹⁶ erg/ °K' dir.

O halde, enerjinin yayınımı, cismin sıcaklığına bağlıdır.

Yeryüzündeki cisimler, farklı dalga boylarına elektromagnetik radyasyon yansıtır veya yayarlar. Bu nedenle, resimlerde renk tonları farklılığı görülür.

Çesitli algılayıcılarla elde edilen verileri incelemek için , aşağıdaki kıstaslar öngörülmektedir:

- . Spektral alan duyarlılıkları (μ m)
- . Spektral alan içindeki enerji seviyeleri (μ m)
- . Ayırma güçleri (çizgi sayısı.mm⁻¹) ve
- . Geometrik değışmezlikleri (distorsiyon)

Uzaktan algılamanın, ölçme-değerlendirme-yorumlama yöntemleri, giderek, mühendislik bilimlerinde daha anlamlı ve geçerli bir duruma gelmektedir. Örneğin petrol, maden, termal alan ve kaynaklarının araştırılması gibi. Yere yakın uyduların, jeodezik yeryüzü ölçmele-

riade kullanılması "Satelit Jeodezisi" yöntemleri gibi, uydu fotogrametrisinde de yeni uygulamaları ortaya koymaktadır. Dinamik Jeodezi yöntemleri (fiziksel jeodezi) ile nivo yüzeylerinin şekli, uyduların yörüngelerinden tayin edilmektedir. Uydu jeodezisinde, uydular çok hızlı hareket eden hedefler olduklarından teodolit ile klasik ölçme yöntemleri geçerli olmamaktadır. Bunun yerine, ölçme resimlerinden doğrultuların saptanması öngörülmektedir. Bu amaca uygun ölçme resimlerinin çekilmesi için, odak uzaklıkları büyük olan ve duyarlı balistik kameralar geliştirilmiştir.

2.2. Uzaktan Algılamanın Teorisi

2.2.1. Elektromagnetik Radyasyon ve Tanımı

Elektromagnetik radyasyon enerjisi, 3.00×10^8 m/s' lik bir hızla enerji kaynağından ya doğrudan doğruya veya dolaylı yansıma ile uzaktan algılama sistemlerine gelir. Bu bakımdan, elektromagnetik radyasyon enerjisi, uzaktaki cisim ile alıcı arasında, uzaktan algılama yöntemleri için, yüksek hıza sahip bir bilgi iletim hattı olarak kullanılır.

Elektromagnetik radyasyon enerjisini "Enerjinin hem elektriksel, hem de magnetik özellikler gösteren bir türüdür" şeklinde tanımlayabiliriz. İlk defa 1864'de, James Clerk Maxwell, elektriksel ve magnetik görüntüleri, dalga hareketi biçiminde matematiksel olarak değerlendirmiştir.

Daha sonraki araştırmalar, elektromagnetik dalgaların, kısa süreli dalga katarları veya radyasyon patlamaları biçiminde olduğunu gösterir. Burada her dalga katarı veya radyasyon patlaması, elektromagnetik radyasyon dalgasının frekansıyla orantılı olarak bir E enerjisi taşır:

$$E = h.f \quad (5)$$

Bu eşitlikte ;

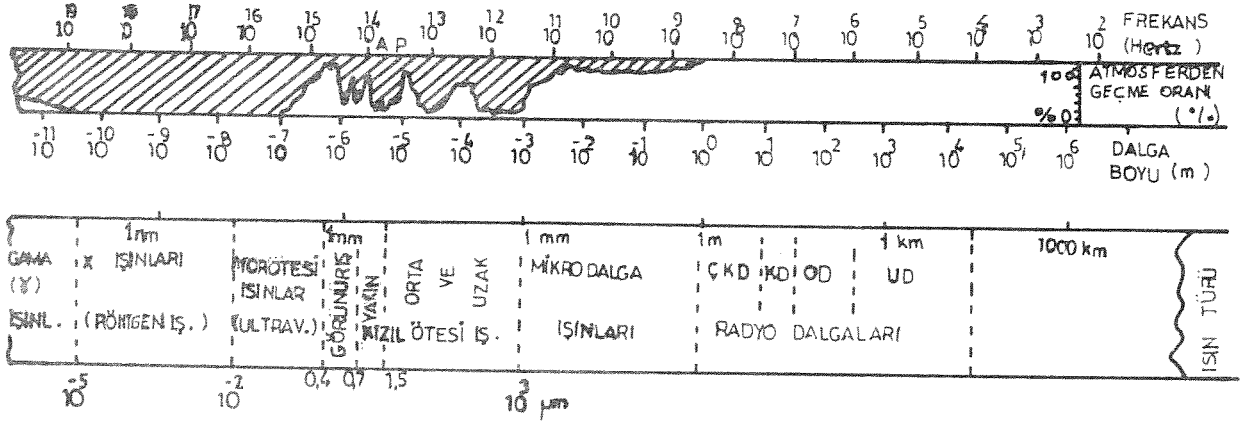
f = frekans (titreşim.s⁻¹),

h = Planck sabiti = 6.625×10^{-22} erg.s

E = enerji (erg)

dir.

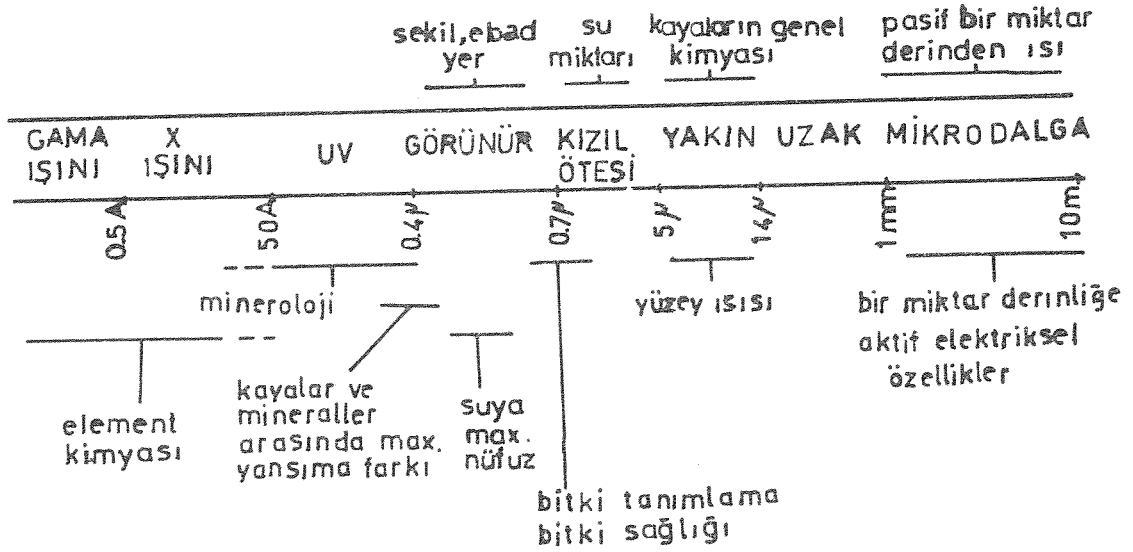
Elektromagnetik radyasyon, dalga boyları ve frekanslarına göre sınıflandırılarak, elektromagnetik spektrum (tayr) tanımlanır (Şekil 1).



ŞEKİL 1. Elektromagnetik spektrum. AP: Atmosferik pencere veya kızıl ötesi pencere.

Elektromagnetik spektrumun 0.4 - 0.7 μ m'lik dalga boyu aralığına rastlayan kısımları, gözle algılanabilir.

Tüm cisimler, ışığı yayması veya yansıtması özellikleri ile görülürler. Işık, radyo dalgaları ve X ışınları gibi, elektromagnetik radyasyonun bir türüdür. Cisimlerin değişik renklerde görünmeleri, değişik dalga boyundaki elektromagnetik radyasyonu yansıtabilmelerine bağlıdır. Örneğin, kırmızı bir cisim, kırmızı ışığın 0.6-0.7 μ m dalga boyundaki elektromagnetik radyasyonu yansıtır, diğer dalga boylarındaki elektromagnetik radyasyonu yutar. Böylece cisim, kırmızı renkte görünür. Bu özelliğin, uzaktan algılama bakımından etkenliği Şekil 2'de ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.



ŞEKİL 2. Doğal yüzeysel maddelerin, elektromagnetik spekturumun farklı bölgelerinde algılanabilen özellikleri. UV: Ultraviolet-Mor ötesi ışınlar.

2.2.2. Güneşin Radyasyonu ve Yerküresi

Güneşten ortaya çıkan radyasyon enerjisinin içinde gamma ve röntgen ışınlarının payı azdır. Bunun nedeni, bu ışınların iyonosferde yutulmasıdır. Mor ötesi (UV) ışınlar, stratosferin üst sınırında, ozon gazı tarafından hemen hemen tamamıyla yutulur. Güneşin elektromagnetik radyasyonu, 0.5 µm dalga boyu için maksimumdur. Bu dalga boyu, gözümüzün duyarlık gösterdiği dalga boyuna çok yakındır. Yaklaşık olarak, güneş radyasyonunun % 99'u, 0.15 - 4 µm dalga boyları arasındadır.

Güneş radyasyonu, uzaydan geçişinde, büyük ölçüde bir etkilenmeye maruz kalır. Fakat dünya atmosferinde % 30'u bulutlar tarafından geri yansıtılır; % 17'si atmosferde absorbe edilir; % 22'si atmosfere saçılır.

Güneş radyasyonunun ancak % 31'i yeryüzüne doğrudan doğruya gelebilir.

2.2.3. Kızılötesi Resimler ve Özellikleri

Elektromagnetik spektrumunda kızılötesi bölge, $0.7 - 10^3 \mu\text{m}$ dalga boyları arasında kalmaktadır. En çok kullanılan ve resim çekilebilen kızılötesi bölgesi, $0.7 - 1 \mu\text{m}$ dalga boyları arasındadır. Bu da, yakın kızılötesi bölgesine karşıt gelmektedir (Şekil 1).

Kızılötesi resimlerin, görünür ışık radyasyonunda çekilmiş siyah-beyaz resimlere göre, en etken ayrıcalığı, gri renk tonlarındaki farklılıktır. Gri renk tonundaki bu farklılıklar, birçok cismin kolayca tanınmasına imkan vermektedir. Çünkü, bu cisimlerin, görünür ışık alanında çekilmiş siyah-beyaz resimlerle tanınmaları, ayırdedilebilmeleri olanaksızdır. Örneğin, siyah-beyaz hava resimlerinde izlenen ve serpantinlerle hemen hemen aynı gri renk tonunu veren yeşil şistler ve metadiabazlar, kızılötesi resimde 7. band Landsat resimleri üzerinde, belirgin olarak ayırdedilebilir.

Siyah-beyaz kızılötesi resimlerdeki gri renk tonları, cisimlerin kızılötesi radyasyonu yansıtma yeteneğine bağlıdır. Örneğin, su ve hidrate mineraller kızılötesi radyasyonu yuttuklarında resimde koyu gri gözüktürler.

Renkli kızılötesi resimde ise, cisimler, doğada insan gözüne göründükleri renklerden daha farklı renklerde görünürler. Renkli kızılötesi resimlerde yeşil bitkiler kırmızı; kırmızı yüzeyler yeşil kızılötesi radyasyonu yutan yeşil yüzeyler mavi; mavi yüzeyler ise siyah renkte görünürler.

Tektonik çizgiselliklerin (fay, antiklinal, senklinal v.b.) saptanmasında, kızılötesi resimlerden yararlanılabilir. Örneğin, bir faylanmayla yatay veya düşey doğrultuda, birbirlerine göre, görecekli olarak yer değiştirmiş bloklar, farklı gri renk tonları vereceklerinden, fay çizgisi resim üzerinde izlenebilir. Renkli kızılötesi resimlerle çalışılması durumunda, yer değiştirmiş blokların renk farklılıklarından dolayı daha kolaylıkla ayırdedilebilmeleri, fay çizgisini daha belirgin duruma getirir.

2.2.4. Termal ve Radar Resimleri ve Bunların Özellikleri

Dalga uzunluğu $3 \mu\text{m}$ 'yi aşan kızılötesi radyasyona, termal kızılötesi radyasyon denir. $3 \mu\text{m}$ 'den büyük dalga uzunluğu ile cisimlerin yansıtma özelliği azalır, buna karşın ısı radyasyonları ön plana çıkar.

Bütün cisimler, mutlak sıfırın ($=0 \text{ }^\circ\text{K}$) üstünde kızılötesi radyasyon yayarlar. Yüksek ısıdaki bir cisim, soğuk cisimlere göre daha kısa dalga boyunda, daha fazla termal kızılötesi radyasyon açığa çıkarır. Yeryüzünde veya yeryüzüne yakın ya da yeraltındaki cisimlerin, ölçülen termal kızılötesi radyasyon enerjisinin büyüklüğü, yine aynı cisimlerin ısı enerjisi büyüklüğüne dönüştürülebilir. Termal kızılötesi radyasyon farkları, cisimlerin ısı farklarına bağımlı olduğundan, düşük termal kızılötesi radyasyon değeri, düşük ısı değerine karşılık gelir.

$14 \mu\text{m}$ 'nin üzerindeki radyasyon, su buharı tarafından absorbe edilmektedir. $3.5 - 5.5 \mu\text{m}$ ve $8 - 14 \mu\text{m}$ dalga boylarındaki radyasyonlara karşı, atmosfer geçirgendir. Atmosferin geçirgen olduğu bu dalga boyu aralıklarına "Kızılötesi Pencere" adı verilir.

Dalga uzunluğu $10^3 \mu\text{m}$ 'yi aşan elektromagnetik radyasyona da "Çok kısa dalga (mikro) radyasyonu" adı verilir. Radar sistemleri, çok kısa dalga radyasyonu kullanan sistemlerdir. Radar resimleri, gece-gündüz ve hava durumundan (bulut, sis gibi) bağımsızdırlar. Diğer resimlere göre üstünlüğü, kayaçların örtü, kar tabakalarına nüfuz etmesidir.

Termal kızılötesi ve radar resimleri, hava resimleriyle karşılaştırıldıklarında, cisim hakkında daha fazla bilgi verirler. Örneğin, yerbilimleri, ziraat ve ormancılıkta olduğu gibi (Çizelge 1).

Termal kızılötesi ve radar resimlerinin diğer resimler ile karşılaştırılması ve farklılıklarının ortaya konulması Çizelge 2 ile yapılmaktadır.

ÇİZELGE 1. Termal Kızıl ötesi ve radar resimleri ile yeryüzünden sağlanan bilgiler.

Görüntü	Arazi ve Ormancılık	Hidroloji	Jeoloji	Oşinografi	Coğrafya
Termal kızıl ötesi resim	Küçük ve büyük orman yarınları (dumanın bozucu etkenliği ile) zeminin nemlilik farkları, orman sayımları, yetiştirme alanlarının mikro ikliması.	Tatlı Su kaynakları, endüstri artışı sular. Deniz veya göl sıcak buharlaşma yüzeylerinin lokalleştirilmesi, kar ve buz durumuna göre akarsu miktarları.	Volkanizma ile magma sıcaklıkları yeraltı kömür yangınları, mineralleşme zonlarının tanınması.	Deniz akıntılarının buz-göl oluşumlarının haritalanması, ritalanması,	Yeryüzünün enerji miktarı, kıyıları yakın akıntılarının saptanması.
Radar resmi	Kimyasal ve yapısal zeminin özellikleri	Akarsu miktarlarının saptanması, zemin nemliliğinin ölçülmesi, yağış dağılımı, sızma, süzülmenin lokalleştirilmesi.	Üst yüzey biçimleri, tektonik haritalar, kimyasal, yapısal zemin özellikleri, mineral oluşumları.	Deniz yüzeylerinin durumu, buzulların akımı.	Arazi ve buzul haritası.

Çizelge 2. Görünür ışık radyasyonunda çekilen resimler(normal resim) ile termal kızılötesi ve radar resimlerinin karşılaştırılması.

Değerlendirilme koşulları	Değerlendirme kıstasları (10 : iyi, 0 : kötü)		
	Normal resimler	Termal kızıl-ötesi resimler	Radar resimleri
Gündüz-gece çalışması	5	10	10
Buhar-sis	3	6	10
Bulutlu havada çalışma	1	2	9
Isı farklılığı	2	10	1
Yeraltı bilgileri	4	6	3
Stereo Kullanım	10	2	3
Net (tam) resim	9	6	5
Uzaktan çekilme	7	4	8
Ayırma olanakları	9	7	5
Resim yorumlanabilirliği	9	6	6
Alet donanımının gerçek -leşme olanakları	10	4	4

Tektonik çizgiselliklerin resim üzerinde saptanması bakımından termal kızılötesi ve radar resimleri, diğer resimlere tercih olunur. Çünkü, termal kızılötesi ve radar resimlerinin çekim özellikleri, Çizelge 2'de görüldüğü gibi, atmosfer koşullarından bağımsızdır.

Faylanmalar yeraltı su kaynaklarının oluşumunu etkilediğinden bu kaynak oluşumları, termal kızılötesi resimlerle belirlenebilirler. Ayrıca, faylanmayla tektonik deformasyona uğrayan tabakaların durumları ve ötelenen kayaların farklı kızılötesi radyasyon yaymalarından da fay çizgisi saptanabilir. Ancak, radar resimleri, jeomorfolojik yorum bakımından üstün olduklarından, antiklinal ve senklinalerin saptanmasında kullanılabilirler.

2.2.5. Uzaktan Algılama Sistemleri ve Özellikleri

Uygulamada kullanılan uzaktan algılama sistemleri, elektromagnetik spektrumun görünür (0.4 - 0.7 μm) ve yakın kızılötesi (0.7 - 1.1 μm) bölgesinde, yeryüzeyinden yansıyan radyasyonu algırlarlar.

Uzaktan algılama sistemleri, algıladıkları radyasyonu, kendilerinin üretip üretmemesine göre, pasif ve aktif sistemler olarak ikiye ayrılır.

-Pasif Uzaktan Algılama Sistemleri : Bu sistemler, yeryüzünden yansıyan veya yayılan radyasyonu algırlarlar. Örneğin, tüm hava resmi kameraları, kızılötesi ve termal kızılötesi resim sistemleri, çok bantlı tarayıcı sistemleri gibi.

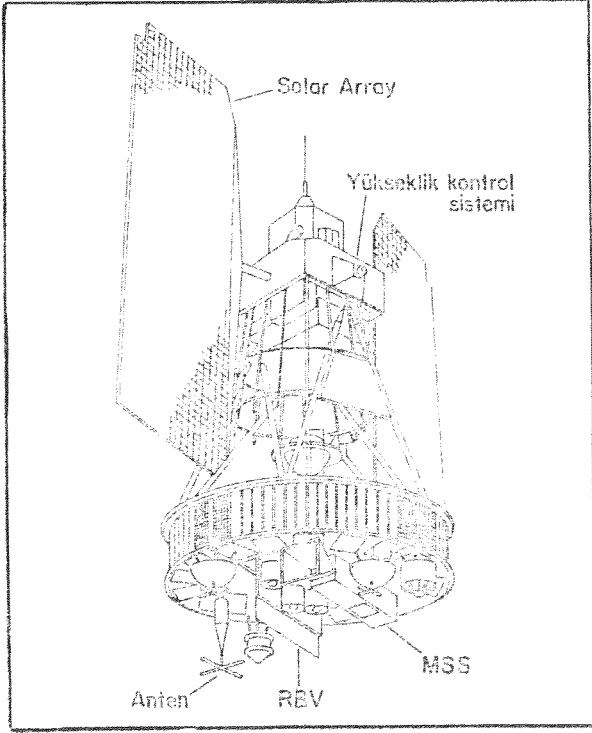
-Aktif Uzaktan Algılama Sistemleri : Bu sistemler, elektromagnetik radyasyon üretir, yeryüzeyine gönderir, yeryüzü tarafından yansıtılan radyasyonu algırlarlar. Örneğin, radar resim sistemleri gibi .

Yerin topoğrafik konumu, elektromagnetik radyasyonun yansımaları ve emilmesi üzerinde etkindir. Çünkü, sabahın erken saatlerinde ve öğleden sonra geç saatlerde güneş ışınları, yeryüzü ile küçük bir açı yaparlar. Bu koşullar altında çekilen resimlere "Küçük Güneş Açılı Resimler" denir. Küçük güneş açısı altında, topoğrafya ve tektonik çizgisellikler daha belirgindir. Bunun için görünür ışık radyasyonu alanında (0.4 - 0.7 μm), pasif uzaktan algılama sistemleri için, küçük güneş açılı resimler öngörülebilir.

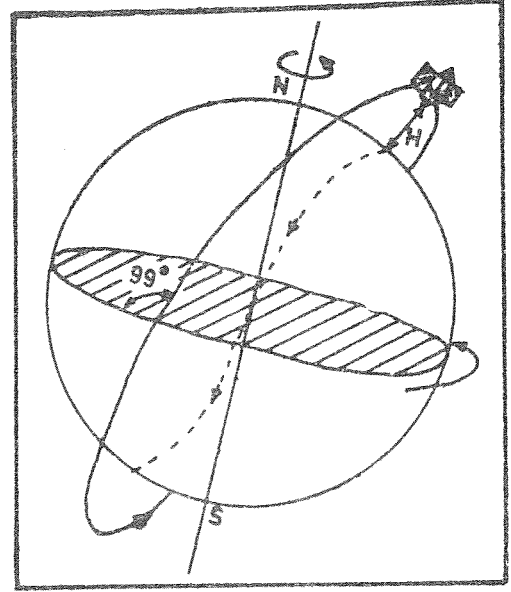
2.2.6. Landsat Uydu Sisteminin Özellikleri ve Kullanılın Resim Alma Sistemleri

Landsat-1 uydusunda 3 adet televizyon kamerası, 1 adet çokbantlı tarayıcı, 2 adet veri toplama sistem alıcısı, 2 adet videoteyp kayıtçısı bulunmaktadır. Ağırlığı 815 kg ve algılayıcı sistemlerin toplam ağırlığı 240 kg'dır (Şekil 3).

Landsat uydularının yere göre ortalama uçuş yüksekliği 900 - 950 km arasındadır. Yörüngeleri ise dairesel varsayılabilir. Bu yörünge, dünyanın ekvator düzlemiyle yaptığı açı 99° olduğundan, yörünge, yaklaşık olarak kutupsaldır. Bu durumda 81° Kuzey ve 81° Güney enlemleri arasında kalan yeryüzeyinin gözlenmesi olanağı bulunmaktadır (Şekil 4).



ŞEKİL 3. Landsat Uydusu. RBV-Return Beam Vidicon (televizyon kamerası), MSS-Multi Spectral Scanner (çok bandlı tarayıcı)

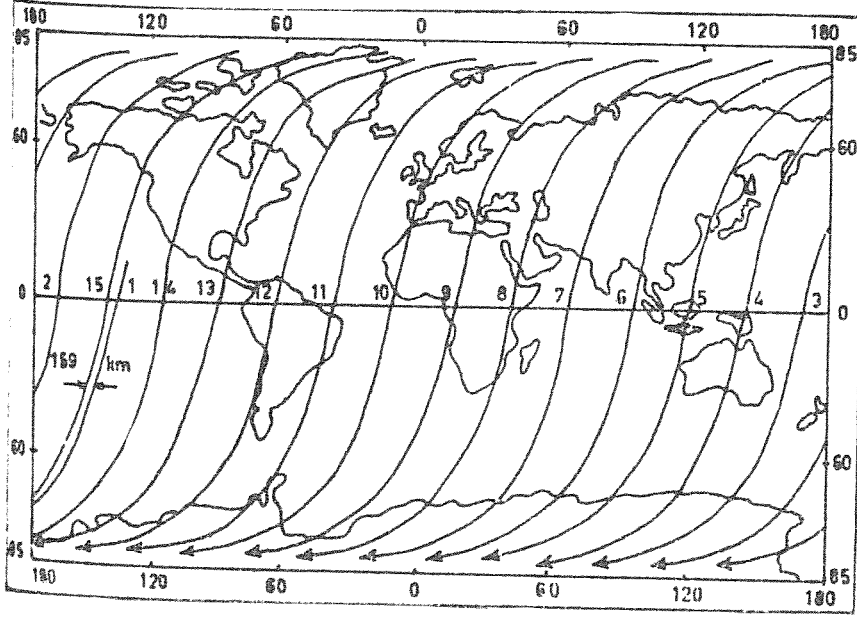


ŞEKİL 4. Landsat uydusunun dünyaya göre hareket durumu. Uydunun, yer yüzü üzerindeki yörünge izi kesikli çizgi ile gösterilmiştir. H= Uçuş yörünge yüksekliği

Uydunun uçuş yönü kuzeyden güneye doğrudur. Yörünge düzlemi doğudan batıya doğru dünyanın açısal dönme hızıyla (gece-gündüz ayırım çizgisinin hızıyla) kaymaktadır. Landsat uydularının günlük yörünge izi Şekil 5'de görülmektedir.

Landsat uyduları, dünyanın çevresinde bir tam dönüşü 103 dakika tamamlamaktadırlar. Bir günde, dünya çevresinde 14 tam dönüş yaparlar.

Landsat uydularındaki en önemli görüntü kaydedici cihaz "Çok Bandlı Tarayıcı" (MSS - Multi Spektral Scanner)'dir. Bu cihaz, elektromagnetik spektrumun görünür (0.4 - 0.7 μm) ve yakın kızılötesi (0.7 - 1 μm) kısımlarından dört bantta dört ayrı yeryüzü görüntüsü alır.



ŞEKİL 5. Landsat Uydularının Günlük Yörünge İzi Haritası

Çok bandlı tarayıcının band aralıkları ve bunların özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

4. Band : Dalga uzunlukları $0.5 - 0.6 \mu\text{m}$ arasında bulunan elektromagnetik radyasyonları kapsar. Bu dalga boyu aralığı mavi ve yeşil ışıkların dalga boylarına karşılıktır. 4. Band aralığında, radyasyonların sudan geçiş yetenekleri yüksek olduğundan özellikle kirli ve temiz su sınırlarının ayırılmasında ve jeolojik yapıların tanınmasında önerilir.

5. Band : Dalga uzunlukları $0.6 - 0.7 \mu\text{m}$ arasındaki radyasyonları kapsar. Bu radyasyon aralığı, kırmızı ışık dalga boyuna karşılıktır. 5. band resimleri üzerinde, insan yapıtları ve topografik unsurlar belirgin olarak görülür. Bitki türleride, bu band resimlerinde, birbirlerinden kolayca ayırılabilir.

6. Band : Bu band, dalga boyları $0.7 - 0.8 \mu\text{m}$ arasındaki radyasyonları kapsar. Aynı zamanda bu band aralığı kırmızı ışıkla yakınkızılötesi radyasyonun bir kısmını da kapsamaktadır. Bu band resimleri de jeolojik yapıların incelenmesinde yararlı olmakta, tarım ve orman alanlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

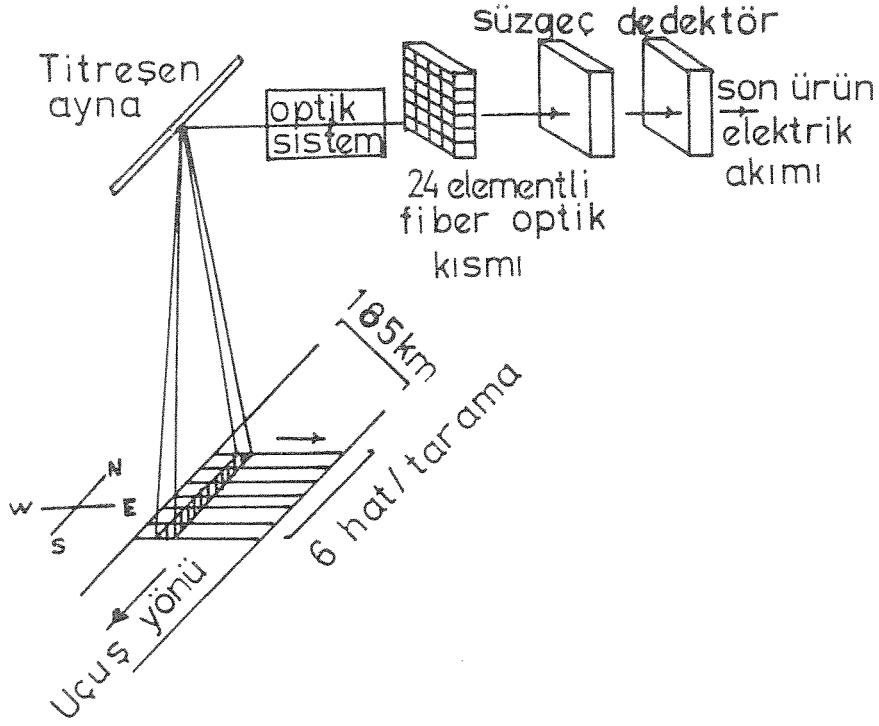
7. Band : Bu band, dalga boyları, yakın kızılötesi radyasyonları (0.8 - 1.1 μm) kapsar. Bu bandın resimleri üzerinde, sularla karalar arasındaki sınırlar çok belirgindir. Ancak, atmosfer sisinin etkisi oldukça zayıf kalmaktadır. Resimlerin netlikleri ise yorumlama için yeterli düzeydedir.

Çok bantlı tarayıcının (MSS) çalışma ilkesi ve yukarıda özellikleri açıklanan band resimlerinin elde edilişi, aşağıdaki gibi özetlenebilir :

Landsat uydusu, kuzeyden güneye doğru seyrederken, çok bantlı tarayıcının en önemli parçalarından biri olan ve yataya göre 45° eğimli bulunan titreşen ayna, doğudan batıya doğru salınım yapar. Bu salınımın açısı 2.9° 'dir. Ayna, her salınımında toplam 474 m genişliğinde ve 185 km uzunluğunda olan bir alanı, 6 resim şeridine (resim çizgisine) bölerek, doğudan batıya doğru tarar. Her resim şeridi $0.079 \times 185 \text{ km}^2$ boyutundadır. Uydunun optik sistemi, bu altı fotoğraf çizgisinden gelen radyasyonları fotoğraf kamerası gibi, aynı anda kaydedemez. Titreşen aynanın hareketine bağlı olarak her resim şeridi 79'ar metrelik kısımlara ayrılır. Böylece, yeryüzü, $79 \times 79 \text{ m}^2$ boyutlarında "resim noktalarına" bölünerek algılanmış olur. Buna bağlı olarak, çok bantlı tarayıcı resimlerindeki boyut ayırması (rezolüsyon) da yaklaşık 79 m'dir. Sonuçta, algılanan alan (bindirmele ri de hesaba katarak) $75.0 \times 57.1 \text{ m}^2$ olur, ve bu alana resim elemanı (pixel) denir.

Bir Landsat resim paftası ($185 \times 178 \text{ km}^2$) için, yaklaşık 2250 resim çizgisine gereksinim duyulur. Bu alan içinde 7.3 milyon resim alanı vardır. Kapsadıkları toplam alan 32.930 km^2 'lik Landsat paftası adını alır. Çok bantlı tarayıcı, her resim elemanı için, dört farklı dalga boyunda yani dört ayrı bantta elektromagnetik radyasyon yansımaları kaydeder (Şekil 6).

Landsat uydularındaki bir diğer resim alıcı sistemi de "üç kanallı televizyon kamera sistemi" dir. Televizyon kameralarının üçünde yeryüzünden yansıyan ve geri dönen elektromagnetik radyasyonla çalıştığından kısaca RBV (Return Beam Vidicon) olarak adlandırılmıştır. Bu kameraların normal televizyon kameralarından farkı, daha duyarlı ve görüntülerinin net olmasıdır.



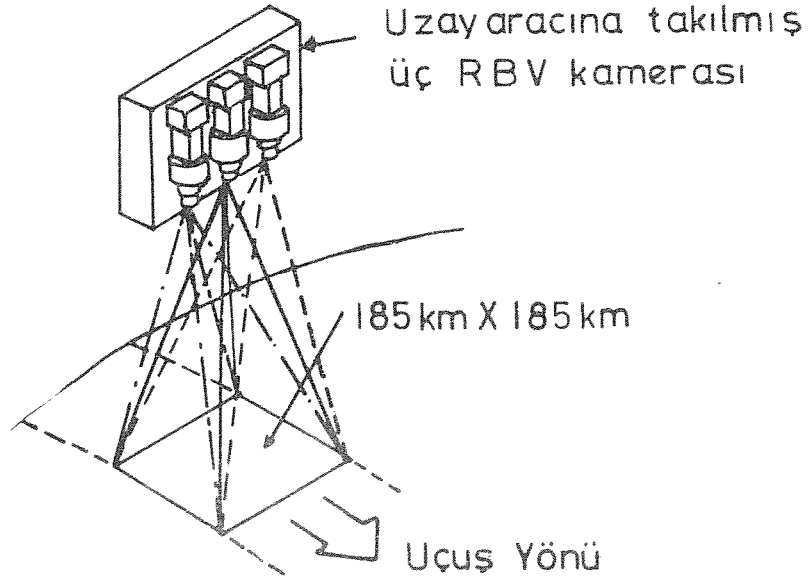
ŞEKİL 6. Çok bantlı tarayıcının çalışmasının şematik görünüşü

Üç kanallı televizyon kamera sistemleri, yeryüzüne ait görüntüleri, üç değişik bandda kaydederler :

1. Band : 0.475 - 0.557 μm (Mavi - Yeşil)
2. Band : 0.580 - 0.680 μm (Sarı - Kırmızı)
3. Band : 0.690 - 0.830 μm (Kırmızı - Kızılötesi)

Üç kanallı televizyon kamera sistemi de 185 x 185 km^2 'lik bir alanı göstermekte olup boyut ayırması (rezolüsyon) 80 m'dir(Şekil7)

Çok bantlı tarayıcının ve üç kanallı televizyon kamera sisteminin elde ettiği verileri, telemetrik yoldan almak için, yeryüzünde alıcı istasyonlar kurulmuştur. Landsat uydusu, yerdeki alıcı istasyonu görmediği zamanlarda, elde edilen görüntü verileri, uydudaki manyetik bantlara kaydedilir. Uydu, yerdeki alıcı anteninin görüş alanına girdiğinde, manyetik bantlara kaydedilmiş görüntü verileri, alıcı yer istasyonuna gönderilmektedir.



ŞEKİL 7. Landsat 1 ve Landsat 2'deki üç kanallı televizyon kamera sistemi.

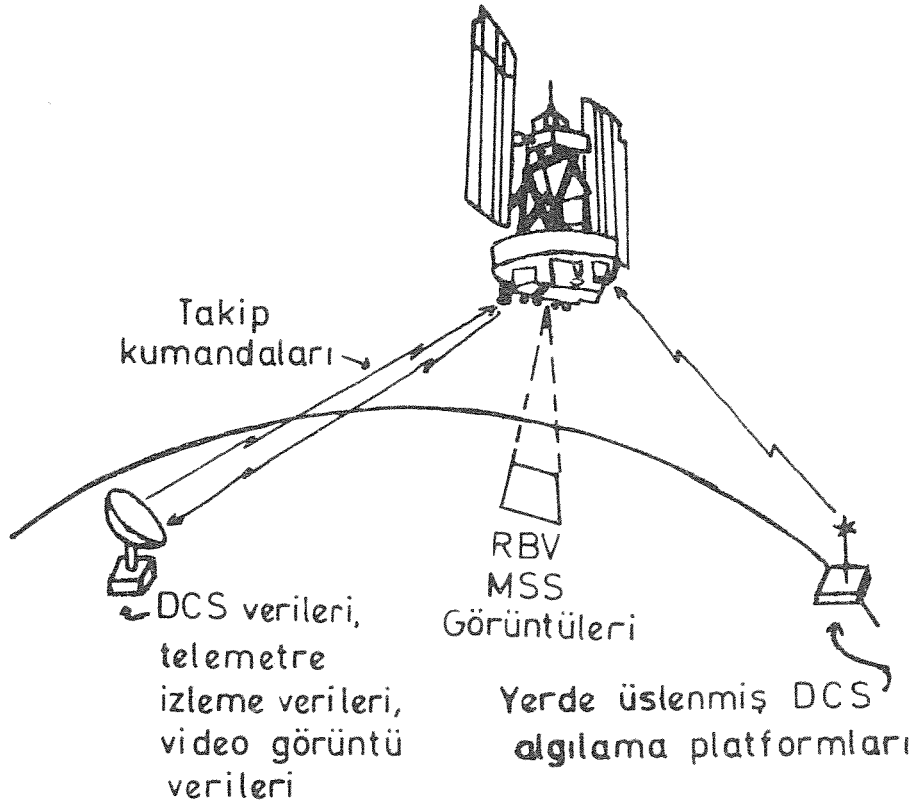
Karışıklığı önlemek için üç kanallı televizyon kamera sisteminin (RBV) bantları 1,2,3 ; çok bantlı tarayıcı sisteminin (MSS) bantları da 4,5,6,7 şeklinde tanımlanmıştır.

Ayrıca, yeryüzünde ulaşılması güç olan yerlere hidroloji, meteoroloji, sismoloji, volkanoloji ve benzer konularda, otomatik olarak çalışan ve bilgi toplayan yer istasyonları kurulmuştur. Bunun elde ettiği veriler, Landsat veya başka araştırma uydularının "Veri Toplama Sistemleri" (DCS - Data collection system) tarafından toplanmaktadır. Bu veriler, daha sonra kullanılmak üzere, uydulardan telemetrik yolla, ulaşımı daha kolay olan diğer yer istasyonlarına aktarılmaktadır (Şekil 8).

3. UYDU VERİLERİNİN ANALİZ VE YORUM YÖNTEMLERİ

3.1. Foto Yorumlama Yöntemi

Yorumlamada en etken unsur yorumu yapan kişidir. Uzman bir yorumcu, tek band bir uydu resminden çıplak gözle birçok bilgi elde



ŞEKİL 8. Landsat uydusu Veri Toplama Sistemi (DCS-Data Collection System).

edebilir. Fakat, bilgisayarlarla yapılan yorumlamalar hem daha kolay hem de çabuk sonuç alınması bakımından önem taşır.

Foto yorumlayıcı, daha ayrıntılı bilgiyi "Renk Katıcı Gözleme aleti" ve "Yoğunluk Dilimleyicisi" gibi yardımcı elektrooptik aletlerin yardımıyla sağlar. Bu çalışmanın sürdürülmesi sırasında uygulanan bu yöntem gereği kullanılan aletler hakkındaki özet bilgiler aşağıya çıkarılmıştır.

3.2.1. Renk Katıcı Gözleme Aleti (Color Additive Viewer)

Renk Katıcı Gözleme aleti, bu çalışmanın sürdürülmesinde faydalanılan ve uygulamada geniş olarak kullanılan bir alettir. Bu alet 2, 3 veya 4 ayrı şeffaf siyah-beyaz pozitif filmden tok bir "yanlış¹⁾ renkli görüntü" elde etmek için kullanılır. Bu aletle yapılan işlemlerin aşamaları şöyle özetlenebilir :

Önce, çalışılan bölgenin dört ayrı kanaldan çekilmiş resimleri tek tek alete yerleştirilir. Her kanal (band) resim için üç ayrı filtre (kırmızı, yeşil, mavi) kullanılabilir. Daha sonra, her band için seçilmiş bir renkli filtre ve filmlerden geçen ışık demetleri, aynı ekran üzerine, üstüste düşürülür. Böylece, ekranda "yanlış renkli" bir görüntü elde edilmiş olur (falsa color photograph). En kapsamlı anlamda, yanlış renkli resimlerde yeşil bitkiler kırmızı; kırmızı renkler yeşil; kızılötesi radyasyonu yutan yeşil yüzeyler mavi mavi yüzeyler de siyah görünürler. Renkli kızılötesi resimlerde , birer, yanlış renkli resimlerdir.

Bu alette, lambalardan gelen ışık şiddetleri ayarlanarak veya filtreler değiştirilerek, istenilen ayrıntının daha iyi belirlenmesi sağlanır

3.1.2. Yoğunluk Dilimleyicisi (Density Slicer)

Bu alet, uydu resimlerinde görülen gri renk tonlarını renkendirerek, farkı tonların, göz ile daha iyi ayırdedilebilmelerini sağlamaktadır. Yoğunluk Dilimleyici aleti ile, resim üzerindeki bir noktanın parlaklık değeri ²⁾ sayısal olarak bulunabilmektedir. Ayrıca, yine resim üzerinde herhangi bir profil boyunca parlaklık değerleri de alınabil-

-
- 1) Cisimleri doğada, insan gözüne göründükleri renklerden daha farklı renklerde gösteren resimlere "Yanlış Renkli Resim" adı verilir.
 - 2) Resimdeki gri renk tonlarının sayısal değerine "parlaklık değeri" denmektedir.

mehtedir. Bu aletle, aynı ekran üzerinde, yansıma değerlerine ait perspektif görüşleri de (üç boyutlu) elde etmek olanaklıdır. Aletin alt ekranında, resmin ölçeği büyütülüp küçültülebilmektedir.

Söz konusu alet, bu çalışma amaçları için kullanılmak istenmişse de, bulunduğu laboratuvarın genişletilme çalışmaları sürdürülmekte olduğundan, olanaklı olmamıştır.

3.1.3. Görüntü Aktarıcısı (Zoom Transfer Scope)

Bu alet, uydu resimleri üzerinde yapılan yorumların, hari- üzerine geçirilmesi için kullanılır. Gözleme kısmına yerleştirilmiş büyüteç yardımıyla resim ve haritanın ölçek farklılıkları giderilebilir. Söz konusu aletle, uydu resminin görüntüsünün 14 kereye kadar büyütülme olanağı vardır.

3.2. Genel Amaçlı Bilgisayarlarla Resim Analiz Ve Yorumlama Yöntemi

Genel amaçlı bilgisayarlarla analiz ve yorumlamada, bilgisayar uyumlu teypler (CCT-Computer Compatible Tapes) kullanılmaktadır. Uydu resimlerinden doğrudan doğruya elde edilen verilerin yararlanılabilirlikleri sınırlı olmaktadır. Buna karşılık bilgisayar uyumlu teypler, uydudan telemetrik yolla elde edilen sayısal verileri, hiçbir kayba uğratmadan, vermektedir.

3.3. Özel Amaçlı Bilgisayarlarla Resim Analiz ve Yorumlama Yöntemi

Çok bantlı tarayıcı (MSS) verilerinin analizi ve yorumu için özel amaçlı bilgisayarlar geliştirilmiştir. Bu bilgisayarlar, genel amaçlılardan daha hızlı bir biçimde, verilerin analiz ve yorumlanmasına olanak sağlamaktadırlar. Analog ve digital olmak bu sistemlerde, çalışanın, alete istenilen anda müdahalede bulunması ve analog bilgilerle dijital bilgilerin birlikte alınabilmesi olanağı bulunmaktadır. Bu bilgisayarlarla, analiz ve sınıflandırmalar için hem şeffaf MSS filmleri, hem de bilgisayar uyumlu teypler kullanılmaktadır.

4. U Y G U L A M A

4.1. Öngörülen Yöntem Ve Uygulaması

Tektonik çizgiselliklerle ilgili olarak,uzaktan algılama yöntemlerinin uygulamabileceği konular hakkında,bu çalışma gereği M.T.A. Enstitüsü ve D.S.İ. laboratuvarlarında bir araştırma yapıldı.Ayrıca,bu çalışmada kullanılacak yöntem veya yöntemlerinde saptanmasına çalışıldı.

Başlangıçta,değişik uygulama seçenekleri düşünüldü.Örneğin, çalışılacak bölgenin çizgiselliklerinin genel doğrultularının gül diyagramlarıyla saptanması; Yoğunluk dilimleyicisi aletiyle düşey yönde (y-ekseni) profiller alıp bu profillerin parlaklık değeri eğrilerinin elde edilmesi ve fay sistemlerinin saptanması; episantr dağılımından yararlanarak Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun belirli bir alan içindeki kısmının irdelenmesi; Domsal yapılar ile maden aramaları için hedef sahalarının saptanması gibi.

Yukarıda belirtilen bu seçeneklerden,konu olarak Giresun, Gümüşhane,Erzincan,Sivas illerini kapsayan bir bölgeye ait uydu resimlerindeki çizgiselliklerin saptanması ve bunların haritalanması düşünüldü(EK-4).Elde edilecek çizgisellik haritasındaki çizgisellik doğrultu değerlerinin,jeolojik haritadaki tektonik çizgiselliklerin doğrultu değerleriyle karşılaştırılması ve bunların uyumluluk derecelerinin saptanması kararlaştırıldı.

D.S.İ.Genel Müdürlüğü Uzaktan Algılama Servisinde bulunan Renk Katıcı Gözleme aletinden,çizgiselliklerin saptanmasında etkin bir biçimde yararlanıldı.185 x 185 km² boyutunda ve yukarıda adları geçen illeri kapsayan,Landsat uydusundan elde edilen çok bantlı tarayıcı görüntüleri değerlendirildi.

Bu çalışma için, adı geçen bölgeye ait 4., 6., 7. bandlardaki pozitif şeffaf filmler kullanıldı. Bu filmler, Renk Katıcı Gözleme Aleti'ne yerleştirilerek, her üç bandın görüntüsüne, değişik filtreler uygulandı. Çizgisellikleri gözlemek için de en uygun renk filtreleri araştırıldı; çizgiselliklerinin saptanmasında kullanılan filtrelerin kırmızı, yeşil ve mavi olması kararlaştırıldı.

En uygun üç filtre kombinasyonunda, aletin yataya yakın durumdaki ekranında oluşan görüntü üzerindeki gözlenen doğrusal büyük çizgisellikler bir aydınlatma kağıdına geçirildi (Ek 1, Ek 2, Ek 3).

4.2. Uydu Görüntülerinin Değerlendirilmesi ve Yapılan Ölçümler

Uygulanan yeşil, mavi ve kırmızı filtrelerin her değişimi için, gözlenen çizgisellikler bir aydınlatma kağıdına aktarılarak, bölgenin çizgisellik haritası elde edildi. Çok bantlı tarayıcı görüntüsünün 5. bandının kağıt baskısında, çıplak gözle görülebilen çizgisellikler işaretlendi. Elde edilen bu çizgisellik haritası 1/850.000 ölçeğindedir.

Diğer taraftan, ön değerlendirme için, daha önce bu konuda yapılmış çalışmalar incelendi: Bu çalışmalar içinde (10) ve (6) kaynak no.lu çalışmalar uygulama yöntemi bakımından, bu çalışmayla paralellik göstermektedir. Buna karşılık, bütün Türkiye'yi kapsayan çalışmalardan, ölçeklerinin küçük olması nedeniyle büyük ölçüde yararlanılamamıştır.

Yukarıda değinilen ilke aşamadan sonra, sonuçların daha önce yapılmış jeolojik çalışma sonuçlarıyla karşılaştırılması düşünüldü. Bunun için (11) ve (12) kaynak no.lu çalışmalar incelendi: (11) no.lu çalışma, Reşadiye ilçesi ve civarını kapsamaktadır. Bu yöre ise üzerinde çalışılan resim alanının doğusunda kalmakta ve (12) no.lu kaynak ise, çalışma bölgemizin içinde olmasına karşılık jeolojik haritası 1/100.000 ölçeğinde olduğundan, çalışılan resim alanının çok küçük bir kısmını kapsamaktaydı (Görüntüden elde edilen Çizgisellik Haritasının ise 1/850.000'dir). Bunun üzerine, Kuzey Anadolu Fay Zonu'yla ilgili (13), (14), (15), (16), (17) ve (18) kaynak no.lu çalışmalar incelendi. Bu çalışmalarda ölçek küçüklüğü veya

çalışma bölgemizin dışında kalmalarından dolayı, karşılaştırma ve değerlendirme açısından büyük bir yarar sağlamadı.

M.T.A. Enstitüsü ya da başka kurumlarca yapılmış yerel jeolojik çalışmalardan da, ölçek büyüklüğü nedeniyle, yararlanılamadı.

Sonuçta, 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası ile uydu görüntü verilerinin karşılaştırılması düşünüldü. Çizgisellik haritasını çıkardığımız uydu görüntü alanı Samsun, Trabzon, Sivas ve Erzurum paftalarından oluşan harita parçasının orta kısmını oluşturmaktadır.

Çizgisellik Haritamızın ölçeği 1/850.000 olduğundan, ölçeğinin jeolojik haritamızın ölçeği olan 1/500.000'e büyütülmesi gerekli yerdu. Bu büyütme işi, projeksiyonda, çizgisellik haritasının dört ayrı parçasının büyütülmesiyle yapıldı (Ek 6).

Daha sonra, aydınlatma kağıdına çizilmiş (jeolojik haritayla aynı ölçekte) çizgisellik haritasının, jeoloji haritasının üstüne konularak karşılaştırılmasıyla, birbirlerine karşıt gelen çizgisellikler saptandı. Bunların doğrultuları ölçülerek Çizelge 3' deki X_{Harita} ve Y_{Resim} değerleri elde edildi.

Bu çalışmanın başlangıcında gül diyagramlarının da çizilmesi düşünülmüş olduğundan, çok sayıda doğrultu ölçümü yapılmış ve bunların değerleri haritalara işlenmiş idi. Bu nedenle, bu doğrultu değerleri harita üzerinde bırakılarak, birbirlerine karşıt gelen çizgisellikler renkli kalemle işaretlendi (Ek 6 ve Ek 7).

Çizelge 3'deki X_H büyüklükleri, 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritasından sağlanan tektonik çizgiselliklerin (fay, antiklinal, senklinal v.s.) ; Y_R ise X_H değerlerine karşılık gelen çizgisellik haritasındaki çizgiselliklerin derece cinsinden doğrultu değerleridir.

Yapılan bu değerlendirme ve ölçmelerden sonra, uydu görüntüsünden elde edilen 108 çizgisellikten 31'inin jeolojik haritadaki bir faya, bir senklinal veya antiklinale yada başka bir tektonik çizgiselliğe karşılık geldiği saptandı.

ÇİZELGE 3. Ölçülen çizgiselliklerin doğrultu değerleri

$X_H^{(1)}$	$Y_R^{(2)}$
N78E	N63E
N70E	N80E
N80E	N82E
N86E	N82E
N84W	N77W
N77W	N77W
N65W	N63W
N52W	N62W
N82W	N69W
N47E	N46E
N68E	N70E
N77E	N67E
N79W	N78W
N88E	N88E
N61W	N71W
N69E	N57E
N71W	N82W
N65W	N69W
N84E	N85E
N71W	N70W
N89E	N89E
N67W	N63W
N72E	N69E
N85W	N81W
N60W	N71W
N73W	N73W
N76W	N77W
N69E	N55E
N28E	N10E
N27E	N22E
N44E	N44E

(1) Harita değeri olup Grafik 1'de X eksenine taşınmıştır.

(2) Resim değeri olup Grafik 1'de Y eksenine taşınmıştır.

5. VERİLERİN ANLAMLANDIRILMASI VE YORUMLANMASI

Çizelge 3'de görüldüğü gibi, birbirlerine karşılık gelen X_H ve Y_R doğrultu değerlerinden 26'sı arasında, birtakım farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıkları yorumlayabilmek ve farklılıkların derecesini saptamak için, istatistik analiz yöntemlerine başvuruldu.

Bilindiği gibi, iki değişken arasındaki ilişkinin derecesini, korelasyon katsayısı denen bir katsayı vermektedir. Burada X_H ve Y_R yi birer değişken kabul eder ve korelasyon katsayısına da R dersek, sözkonusu katsayı;

$$R = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\left[\sum(X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum(Y_i - \bar{Y})^2\right]^{1/2}} \quad (17)$$

bağıntısından hesaplanabilmektedir. Yukarıdaki bağıntıda X_H ve Y_R değerleri yerine konduğunda (Çizelge 4)

$$R = \frac{7523.46}{\left[(7642.05)(9361.84)\right]^{1/2}}$$

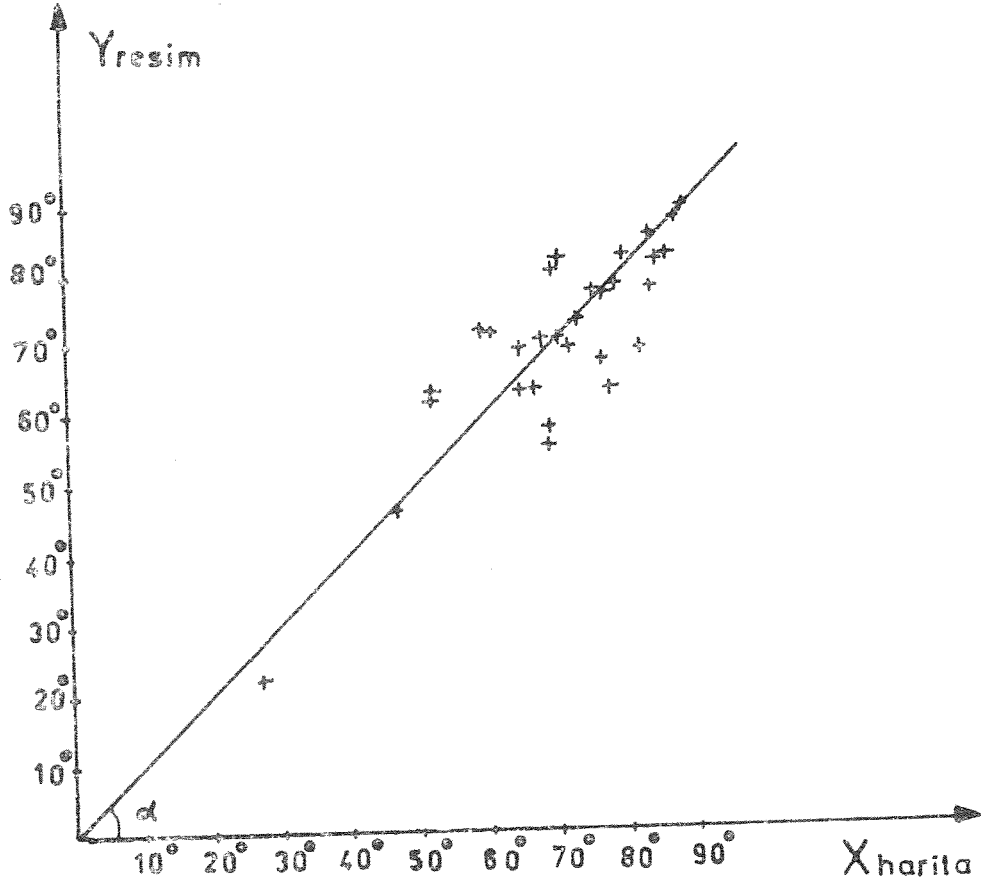
$$R = \frac{7523.46}{8358.14} = 0.90$$

• olduğu anlaşılır. Bu da, X_H ve Y_R değerleri arasında iyi bir uyum olduğunu göstermektedir. Çünkü, korelasyon katsayısının değeri 1'e, oldukça yakındır.

X_H ile Y_R arasında, nasıl bir bağıntı bulunduğunu görüntülemek için Grafik 1 çizilmiştir. Sözkonusu grafikten de görüldüğü gibi, X_H ve Y_R arasında, doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Ayrıca bu ilişkiyi kanıtlayan doğru, orijinden geçmektedir. Bu doğru-

X_{Harita}	Y_{Resim}	$(X_H - X)$	$(X_H - X)^2$	$(Y_R - Y)$	$(Y_R - Y)^2$	$(X_H - X)(Y_R - Y)$
N78E	N63E	8.84	78.15	- 4.48	20.07	- 39.60
N70E	N80E	0.84	0.71	12.52	156.75	10.51
N80E	N82E	10.84	117.51	14.52	210.83	157.39
N86E	N82E	16.84	283.58	14.52	210.83	244.51
N84W	N77W	14.84	220.22	9.52	90.63	141.28
N77W	N77W	7.84	61.46	9.52	90.63	74.63
N65W	N63W	- 4.16	17.30	- 4.48	20.07	18.63
N52W	N62W	-17.16	294.46	- 5.48	30.03	94.03
N82W	N69W	12.84	164.86	1.52	2.31	19.51
N47E	N46E	-22.16	491.06	-21.48	461.39	475.99
N68E	N70E	- 1.16	1.34	2.52	6.35	- 2.92
N77E	N67E	7.84	61.46	- 0.48	0.23	- 3.76
N79W	N78W	9.84	96.82	10.52	110.67	103.51
N88E	N88E	18.84	354.94	20.52	421.07	386.59
N61W	N71W	- 8.16	66.58	3.52	12.39	- 28.72
N69E	N57E	- 0.16	0.02	-10.48	109.83	1.67
N71W	N82W	1.84	3.38	14.52	210.83	26.71
N65W	N69W	- 4.16	17.30	1.52	2.31	- 6.32
N84E	N85E	14.84	220.22	17.52	306.95	259.99
N71W	N70W	1.84	3.38	2.52	6.35	4.63
N89E	N89E	19.84	393.62	21.52	463.11	426.95
N67W	N63W	- 2.16	4.66	4.48	20.07	9.67
N72E	N69E	2.84	8.06	1.52	2.31	4.31
N85W	N81W	15.84	250.90	13.52	182.79	214.15
N60W	N71W	- 9.16	83.90	3.52	12.39	- 32.44
N73W	N73W	3.84	14.74	5.53	30.58	21.23
N76W	N77W	6.84	46.78	9.52	90.63	65.11
N69E	N55E	- 0.16	0.02	-12.48	155.75	1.99
N28E	N10E	-41.16	1694.14	-57.48	3303.95	2365.87
N27E	N22E	-42.16	1777.46	-45.48	2068.43	1917.43
N44E	N44E	-25.16	633.02	-23.48	551.31	590.75
<u>2144</u>	<u>2092</u>		<u>7462.05</u>		<u>9361.84</u>	<u>7523.46</u>
$X_H = \frac{2144}{31}$				$Y_R = \frac{2092}{31}$		
$X_H = 69.16$				$Y_R = 6748$		

ÇİZELGE 4. Korrelasyon Katsayısının Saptanması



GRAFİK 1. X_H ile Y_R değerleri arasındaki ilişki.

nun eğimini gösteren $\text{tg } \alpha = 1$ olduğundan ($\alpha = 45^\circ$) bu iki değişken arasındaki fonksiyonel bağıntı

$$X_H = Y_R \quad (18)$$

şeklinde belirir (X_H ve Y_R 'nin birimleri aynıdır).

Sonuç olarak, çalışılan bölge için, uydu görüntülerinden çıkarılan çizgisellikler ile jeolojik haritadan elde edilen tektonik çizgisellikler (fay, antiklinal, senklinal v.b.) arasında iyi bir uyum bulunduğu söylenebilir.

6. SONUÇ

Bu çalışma ile, çalışılan bölge için, jeolojik haritayla karşılaştırılan uydu görüntüsü verilerinin, güvenilir oldukları ortaya konulmuştur. Şöyle ki, çok geniş bir alan içindeki tektonik çizgisellikler, büyük bir yakınlıkla ve araziye çıkmadan saptanabilmektedir.

Bu çalışma ile varılan sonuçlardan biri de, çalışılan bölgenin aynı ölçekteki uydu görüntüsünden gerek çıplak gözle ve gerekse aletler kullanarak elde edilen çizgiselliklerle, jeoloji haritasından çıkarılan tektonik çizgiselliklerin, sayısal yünden, aralarında oldukça büyük fark oluşudur. Çalışmaya konu olan bölgenin uydu görüntüsünden 108 adet çizgisellik saptanmış olmasına karşın, aynı bölgenin aynı ölçekli jeoloji haritasında yalnız 31 adet tektonik çizgisellik bulunmaktadır. Aslında, var olan tektonik çizgiselliklerin sayısı, ne çizgisellik haritasında görüldüğü kadar çok, ne de jeolojik haritada olduğu kadar azdır.

Uydu görüntülerinde bir fay, bir antiklinal v.b. yapısal elementler çizgisellik verebildiği gibi akarsular, formasyon kontaktları v.b. coğrafi veya litolojik etkenler de çizgisellikler verebilmektedir. Uydu görüntüsünden bu çalışma gereği çıkarılan 108 adet çizgisellik, tabii ki hem tektonik, hem de coğrafi veya litoloji kökenli çizgisellikler kapsamaktadır. Ancak, konumuz sadece tektonik çizgisellikler olduğundan, çizgisellik haritasındaki, sayıca, oldukça büyük bir değer görüntüsü vermiştir. Aynı ölçekli jeolojik haritanın yapılaş yılı, yapıldığı zamanın olanakları ve benzer kriterler düşünülecek olursa, gerçekte var olup da haritaya geçirilmemiş tektonik çizgiselliklerin (fay, antiklinal, senklinal eksenleri gibi) bulunabileceği inkâr edilemez. Oysa, tüm bu sayısal farklılıklardan çok, her iki haritada yani çizgisellik haritasıyla jeolojik haritada, birbirlerine karşıt gelen çizgiselliklerin uyumluluk yada uyumsuzlukları, bu çalışmanın esas konusunu kapsamaktadır.

Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi, birbirine karşıt gelen 31 çizgisellikten yalnız 5'inin doğrultu değerlerinin birininin aynı olduğu, 26'sının ise değişik derecelerde farklılıklar

gösterdiği saptanmıştır. Bunun üzerine, yapılan incelemeyle, sözkonusu farklılıkların pek büyük olmadığı, yapılan korelasyon katsayısı hesabından da anlaşılmıştır (kor. katsayısı 0.90).

Bununla birlikte, ülkemizin değişik bölgeleri bir başka çalışmaya konu olarak alındığında, aynı karşılaştırmanın yapılmasının olanaklı olabileceği fakat, korelasyon katsayısının değişik bulunabileceği olasılığını da burada belirtmek gerekir.

Sonuç olarak belirtilmesi gereken bir başka husus da Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun, uydu görüntülerinden çok belirgin bir şekilde görülmüş olmasıdır. Fay Zonu; doğrusal vadiler, bitki örtüsüne bağlı renk tonu değişimleri veya doğrusal gidişli morfolojik yükselimlerden yararlanılarak tanımlanabilmektedir.

Çizgisellik haritasında, çizgisellik olarak görülüp de kökeni belirlenememiş olan çizgiselliklerin değerlendirilmesi bu bölgenin büyük ölçekli (1/25.000 veya 1/60.000) hava fotoğraflarından detay çalışması ile olanaklı olabilecektir. Bu tür ayrıntı çalışmaları, jeoloji ve jeofiziğin ilgili dallarında belgesel bir yorum olanağı sağlamaktadır. Ayrıca belirtmek gerekir ki, uydu görüntülerinin yalnız veya normal hava fotoğraflarıyla beraber kullanılmalarda çalışmaların daha hızlı, daha ekonomik ve gereken doğrulukta yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

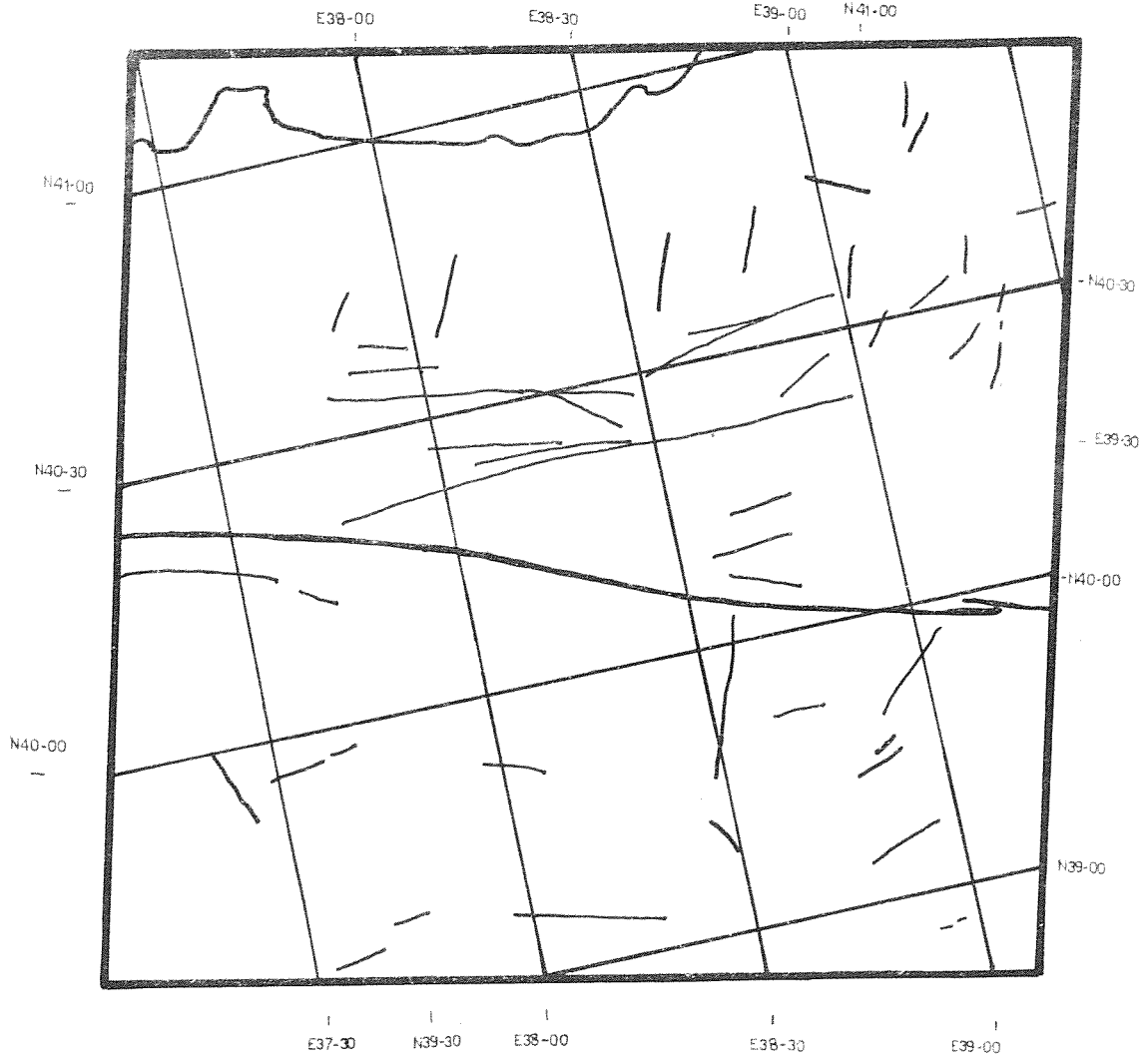
EKLER

- | | |
|-------|--|
| Ek 1. | Yeşil, yeşil, kırmızı filtrelerde görülen çizgisellikler |
| Ek 2. | Mavi, kırmızı, kırmızı " " " |
| Ek 3. | Yeşil, kırmızı, mavi " " " |
| Ek 4. | 1/4.000.000 ölçekli çalışılan bölgeyi gösterir harita |
| Ek 5. | 1/850.000 ölçekli çizgisellik haritası |
| Ek 6. | 1/500.000 ölçeğe büyütülmüş çizgisellik haritası |
| Ek 7. | 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası |

YARARLANILAN KAYNAKLAR

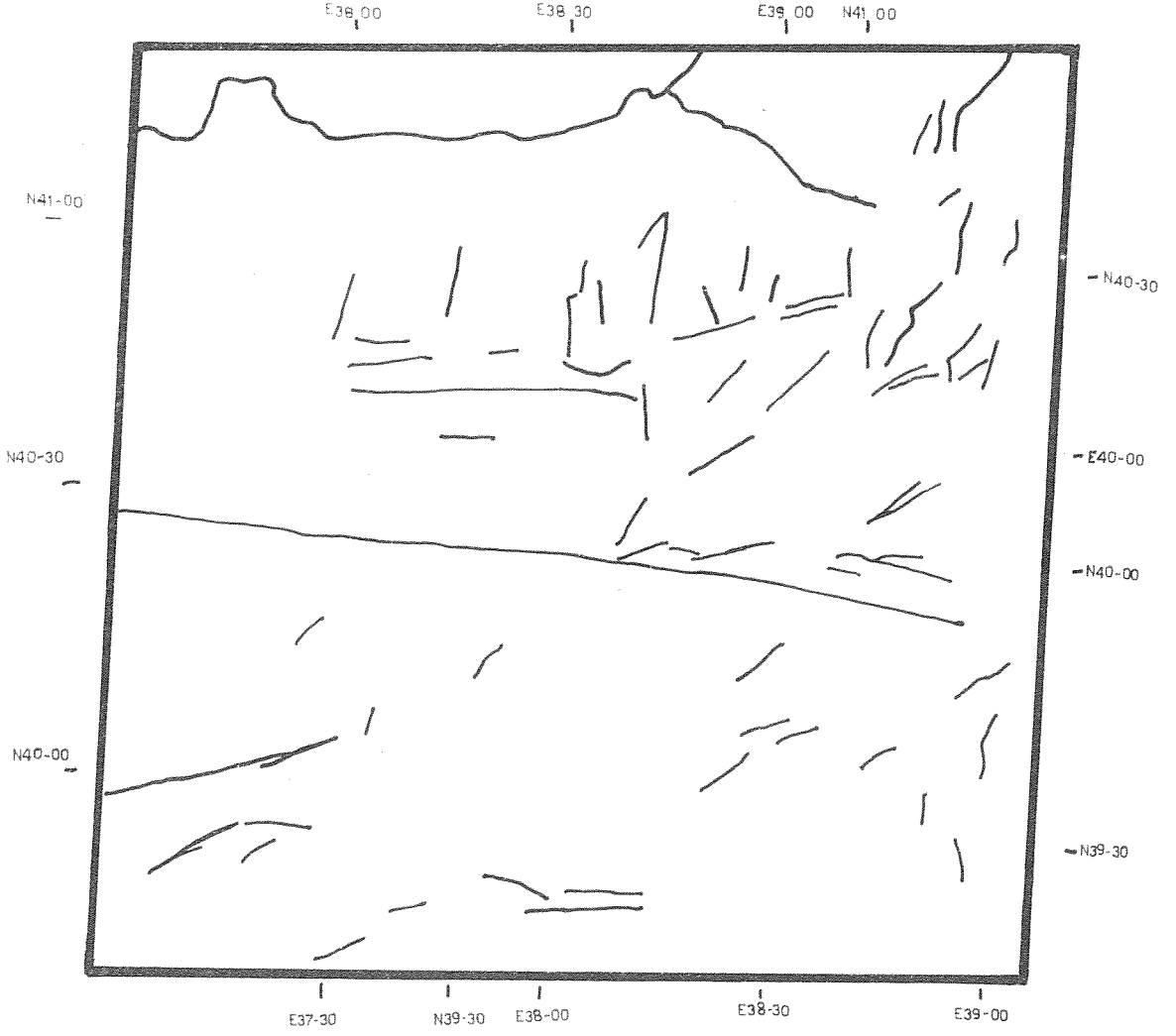
1. Henden, İ. (1976), "Uzaktan Algılama", M.T.A. Rapor No: 6372, Ankara.
2. Örmeci, C. (1976), "Uzaktan Algılamada Kızıl Ötesi", TUFB 1976 bildirileri, Hrt. Gn. Md. , Ankara.
3. Alpmen, M. (1978), "Uzaktan Algılama Sistemlerinde Geometrik Korelasyon ve Satırsal Tarayıcı Bilgilerinin Sayısal Düşeye Çevirmeyle Kömür İşletmelerine Ait Çevresel Sorunlara Erep, Landsat ve Hava Resimleri - nin Uygulamaları", TUFB 1978 Bildirleri, Hrt. Gn. Md., Ankara.
4. Finsterwalder, R. (1976), "Fotogrametri", Çev. M. Aytaç , C. Örmeci, O. Altan, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
5. Tatar, Y. (1979), "Uzaktan Algılamada Landsat Programı ve Jeolojiye Katkısı", T.M.M.O.B., No: 1, Ankara.
6. Henden, İ. (1980), "Uzay Görüntülerinden Türkiye Çizgisel Haritası ve Maden Aramaları için Hedef Sahalarının Seçilmesi", M.T.A. , Rapor No: 6676, Ankara.
7. Rüger, W., Pretscher, J., Regensburger, K. (1958), "Photogrammetrie", VEB Verlag, Berlin.
8. "Uzaktan Algılama" (Broşür), M.T.A. Enstitüsü, Jeofizik Dairesi Başkanlığı, Ankara, 1980.
9. Örmeci, C. (1977), "Fotojeoloji" (Ders Notları) İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
10. Akdere, S. (1976), "Report On The Tectonic Map Of Turkey (Prepared by Remote Sensing Method)" , M.T.A., Ankara.

11. Seymen, İ. (1975), "Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özellikleri"(Doktora Tezi), İ.T.Ü. Maden Fakültesi , İstanbul.
12. Yılmaz, Y. (1974), "Gümüşhane Granitinin Jeolojisi", İ.Ü. Fen Fakültesi Mecmusaı, Seri: B , Cilt: 39, İstanbul.
13. Artan, Ü., Sestini, C. (1971), "Sivas-Zara-Beynınarı Bölgesinin Jeolojisi", M.T.A. Dergisi , Sayı: 76, Ankara.
14. Ketin, İ. (1969), "Kuzey Anadolu Fayı Hakkında", M.T.A. Dergisi, Sayı: 72, Ankara.
15. — (1968), "Türkiyenin Genel Tektonik Durumu ile Baslıca Deprem Bölgeleri Arasındaki İlişkiler" M.T.A. Dergisi, Sayı: 71, Ankara.
16. —(1957), "Kuzey Anadolu Deprem Fayı", İ.T.Ü. Dergisi , Cilt: 15, No: 2, İstanbul.
17. Tokay, M. (1973), "Kuzey Anadolu Fay Zonunu, Gereede ile Ilgaz Arasındaki Kısmında Jeolojik Gözlemler", Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kusağı Simpozyumu, M.T.A., Ankara.
18. Seymen, İ. (1973), "Kuzey Anadolu Fay Zonunu, Niksar ve Resadiye (Tokat) Dolaylarındaki Özel -likleri", Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kusağı Simpozyumu, M.T.A., Ankara.
19. Altınlı, İ.E., Erentöz, C. (1966), "1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Erzurum Paftası" M.T.A., Ankara.
20. Baykal, F., Erentöz, C. (1966), "1/500.000 ölçekli Türkiye Haritası Sivas Paftası", M.T.A., Ankara
21. Gattinger, T.E., Erentöz, C., Ketin, İ. (1962), "1/500000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Trabzon Paftası", M.T.A., Ankara.
22. Göksu, E., Pamir, H.N., Erentöz, C. (1974), "1/500.000 Ölçekli Tür. Jeo. Hrt. Samsun Paftası", M.T.A Ankara.



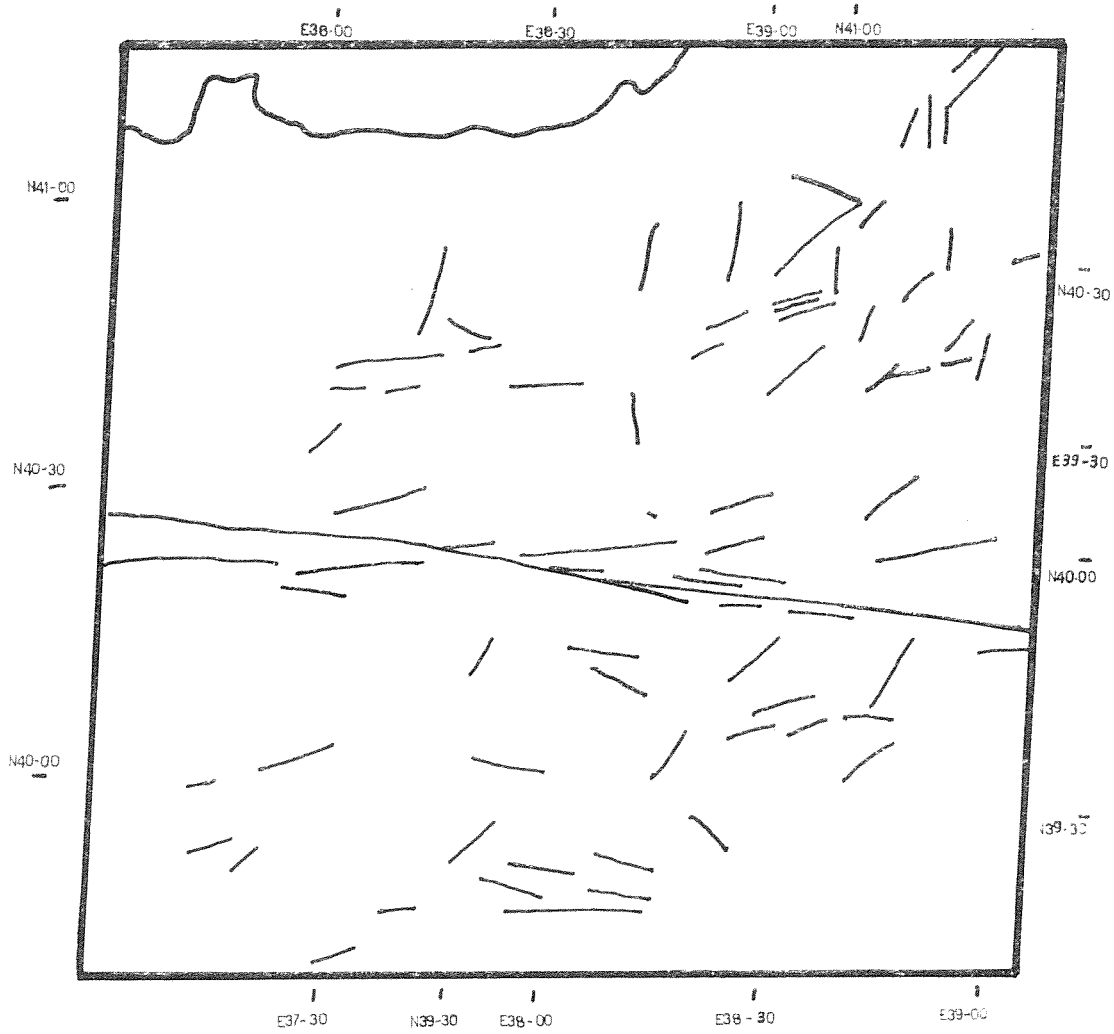
- 4. banf yeşil //
- 6. banf //
- 7. banf kırmızı //

ölçek 1/850.000



- 4. bant mavi filtre
- 5. bant kırmızı "
- 7. bant " "

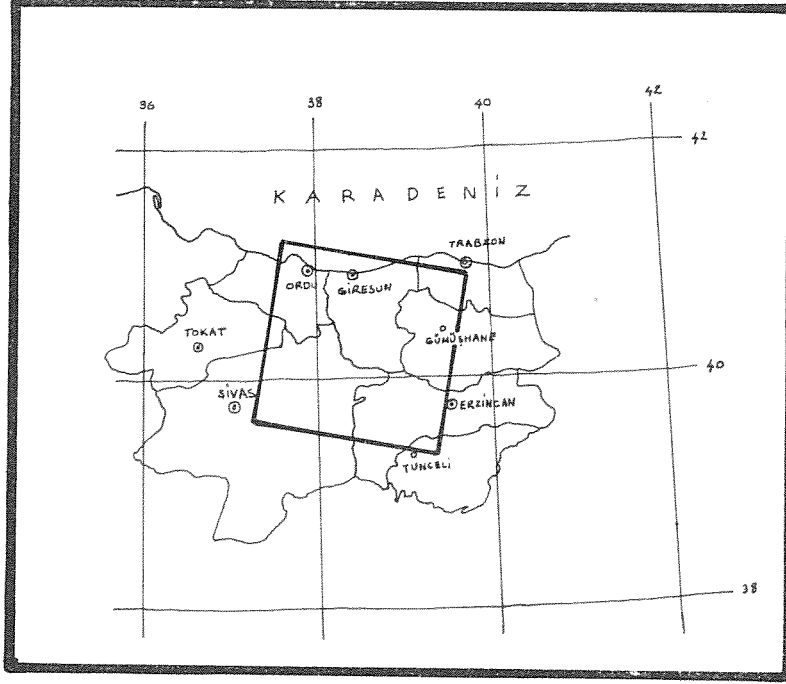
ölçek: 1/850.000



4. bant yeşil filtre
6. bant kırmızı "
7. bant mavı "

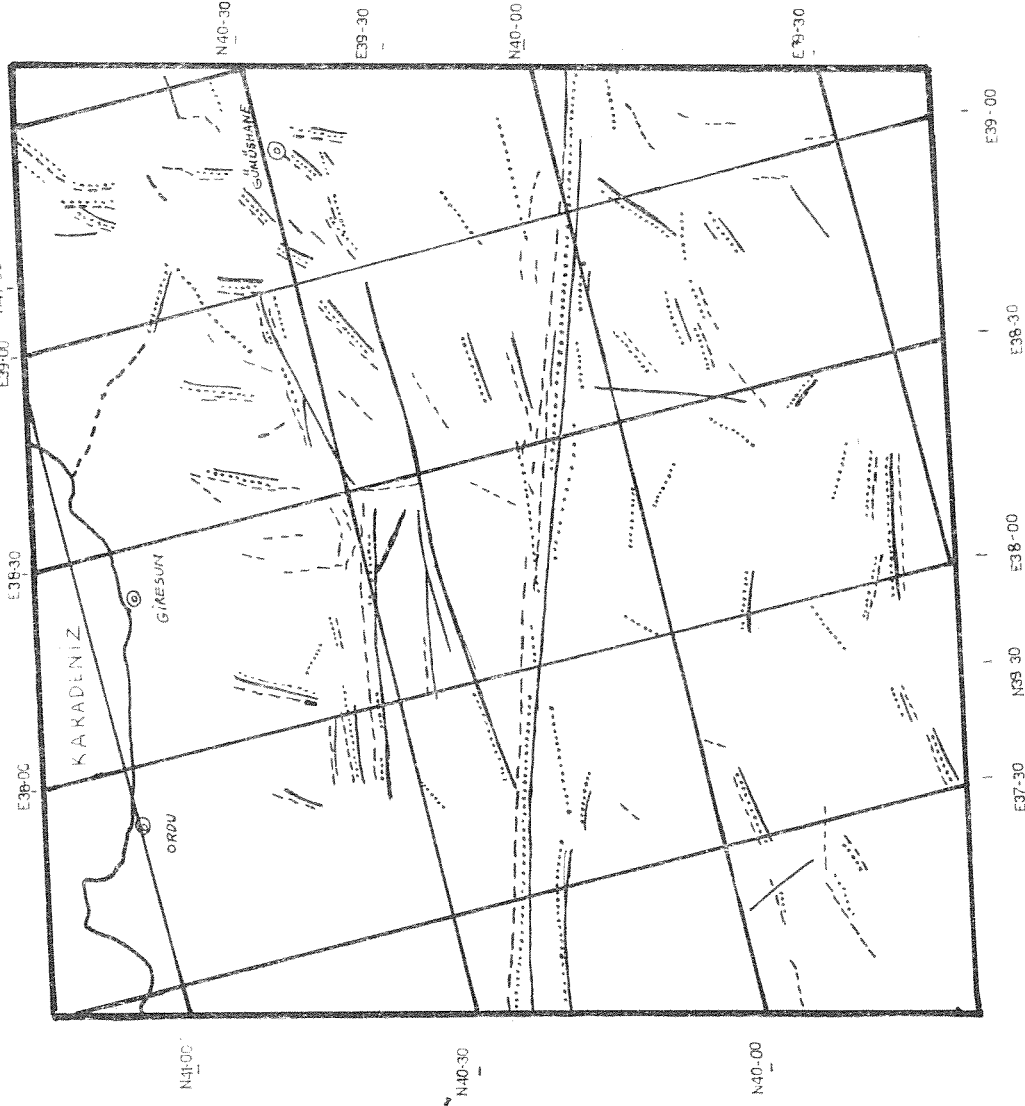
ölçek: 1/850.000

ÇALIŞILAN BÖLGEYİ GÖSTEREN, LANDSAT UYDU
FOTOĞRAFININ KAPSADIĞI ALAN (kare içine alınmıştır)



ölçek 1/4000000

ORDU - GİRESUN - GUMUŞHANE - ERZİNCAN - SİVAS YÖRESİNİN
UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN YARARLANILARAK ÇIKARTILAN
ÇİZGİSELİK HARİTASI



LEJAND

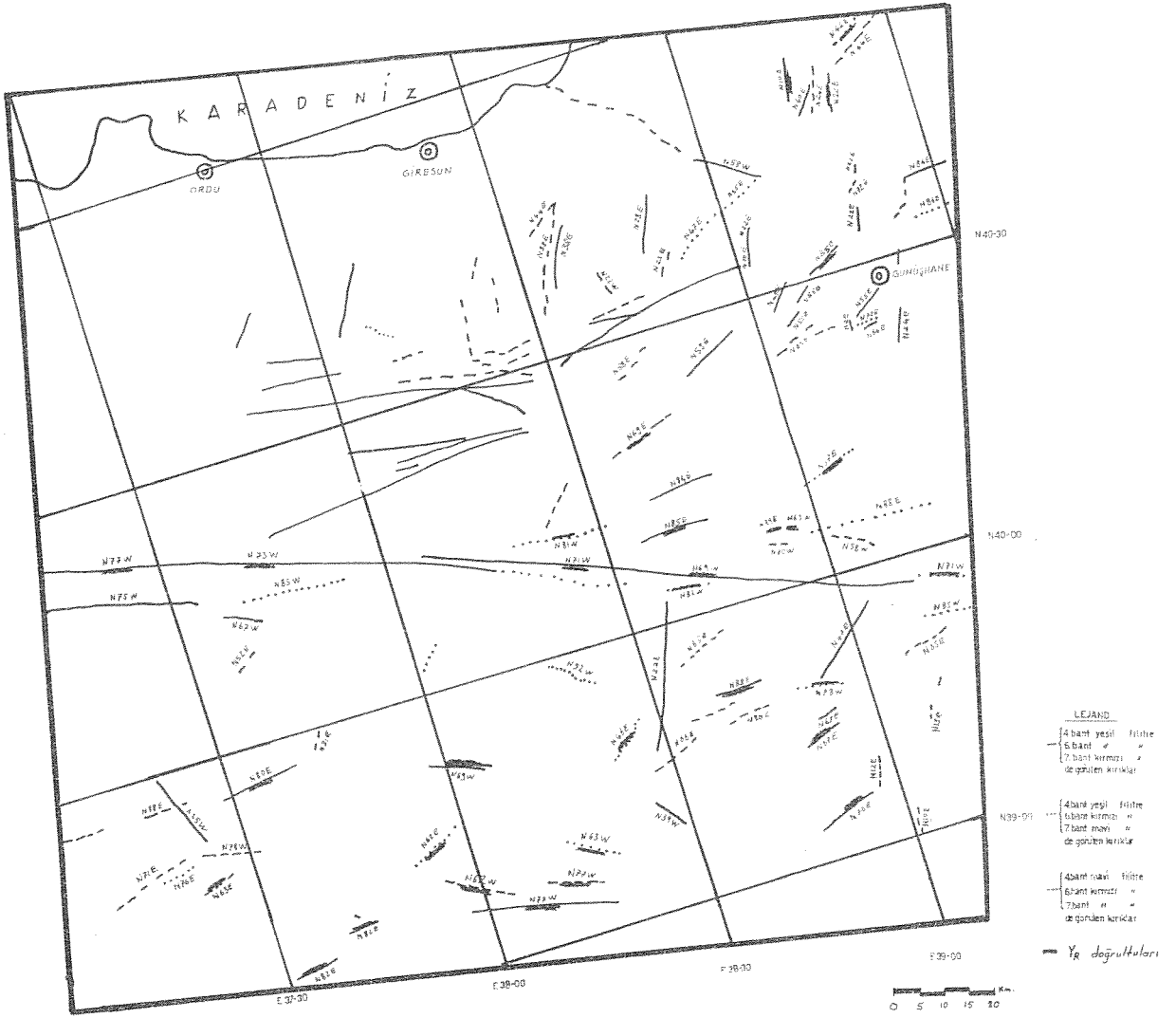
- | | |
|-----|----------------------|
| — | 4. bant yeşil filtre |
| — | 5. bant " " |
| — | 7. bant kırmızı " |
| — | de göçülen kırıklar |
| --- | 4. bant yeşil filtre |
| --- | 5. bant kırmızı " |
| --- | 7. bant mavi " |
| --- | de göçülen kırıklar |
| --- | 4. bant mavi filtre |
| --- | 5. bant kırmızı " |
| --- | 7. bant " " |
| --- | de göçülen kırıklar |

Fotoğrafı: E-1522-07371

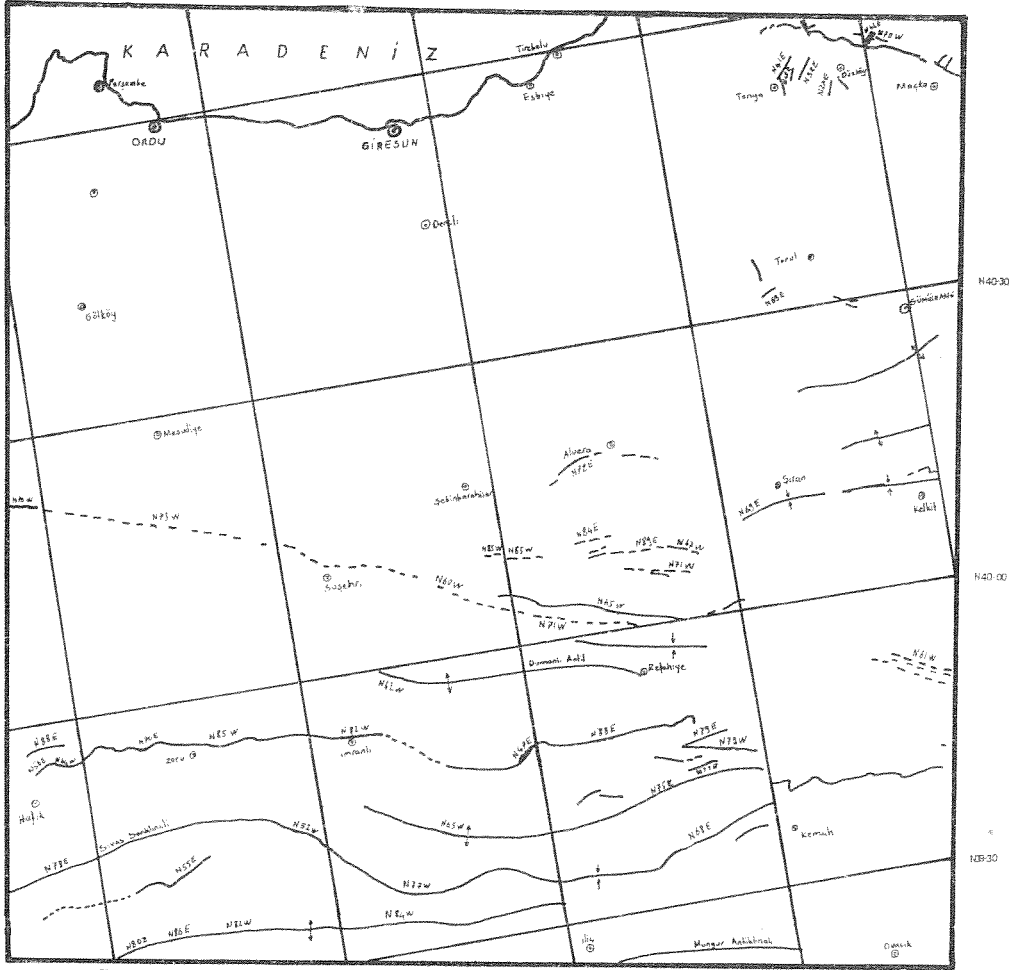
ölçek: 1/650.000

Kayıt tarihi: 27 DEC 73

ORDU - GİRSEUN - GÜMÜŞHANE - ERZİNCAN - SİVAS YÖRESİNİN
 UFDU GÖRÜNTÜLERİNDEN YARARLANILARAK ÇIKARILAN ÇİZGİSEL HARİTASI



1:500 000 ÖLÇEKLİ TÜRKİYE JEOLJİ HARİTASI SAMSUN-TRABZON-SİVAS-ERZURUM



- LEGEND
- sığaq. dənizmə. lay
 - - - mütləməli sığaq. bürdümə. lay
 - + antiklinal
 - sinklinal
 - fay
 - X_H dağrultuları

