

BÖLÜM 5

TEMEL HARİTALAMA TEKNİKLERİ VE KARTOGRAFİK MATERYALLER

BÖLÜM 5. TEMEL HARİTA BİLGİLERİ

Prof. Dr. İlhami BAYRAMİN
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara

Harita Nedir? Bilimsel tekniklere göre doğal ve yapay detayları ölçülmüş yeryüzü parçasının, belirli bir oran dâhilinde küçültülerek, yatay bir düzleme izdüşümünün, çizgi ve özel işaretlerle gösterilmiş şekline harita denir.

5.1. Ölçek, Yön, Koordinat, Projeksiyon

5.1.1 Ölçek

Ölçek Nedir? Herhangi bir haritanın ölçeği, harita üzerinde ölçülen iki nokta arasındaki mesafenin yeryüzündeki gerçek mesafeye olan oranıdır. Harita ile arazi arasındaki matematiksel ilişki ölçektir.

Ölçek: Haritadaki uzunluk / Arazideki uzunluk

Ölçeklerine göre haritalar genellikle 5 grupta sınıflandırılırlar.

- Çok büyük ölçekli (1/250 – 1/2.500 çok ayrıntılı)
- Büyük ölçekli (1/5.000 – 1/25.000 topoğrafik yapı vs, gerekli ayrıntı)
- Orta ölçekli (1/50.000 – 1/100.000 topoğrafik ayrıntılar genel çizgi halinde)
- Küçük ölçekli (1/200.000 – 500.000 genel topoğrafik yapı)
- Çok küçük ölçekli (1/1.000.000 ve > büyük arazi parçaları)

5.1.2. Yön

Bilindiği üzere 4 ana yön (Kuzey, Güney, Doğu, Batı) ve 4 ara yön (Kuzey Doğu, Kuzey Batı, Güney Doğu ve Güney Batı) olmak üzere yön belirteci olarak 8 yön ifadesini kullanılır. Haritalama çalışmalarında bunlardan en önemlisi *KUZHEY* yönüdür. 3 çeşit Kuzey yönü tanımlanmıştır.

- Gerçek Kuzey (Boylamların birleştiği Kuzey Kutbu)
- Manyetik Kuzey (Manyetik kutup, pusula)
- Grid Kuzeyi (Harita paftasındaki kuzey)

Burada önemli olan çalışmanın amacına öre hangi kuzey'in kullanılması gerektiğidir. Özellikle GPS kullanımında başlangıç ayarlarında Kuzey yönünün doğru seçilmesi önemlidir. Yöneler bakımından diğer önemli ifade Manyetik Sapma Açısı'dır (Gerçek kuzey ile manyetik kuzey arasındaki sapma). Boylamların birleştiği gerçek kuzey noktası ile pusulanın gösterdiği kuzey arasındaki farklılık sapma açısını gösterir. Bu farklılık yeryüzündeki gravite değişimleri ile değişir.

5.1.3. Koordinat ve Projeksiyonlar

Yerin Şekli

Denizler, karalar ve diğer katmanlar homojen bir dağılım göstermezler. Dünyanın şeklini geometrik olarak göstermek olanaksızdır. Yerin kendine özgü şekline JEOİD denir. Jeoid bir denge düzeyi olarak tanımlanabilir. Harita üretimi için, büyük parçaların ölçülmesinde, yer'in (arz) geometrik olarak tanımlanamayan jeoid biçimi bir sorundur. Fiziksel yüzey olması nedeniyle Jeoidi harita yapımında orijinal yüzey yada referans yüzeyi olarak almak olanaksızdır. Potansiyel teorisi ile tanımlanabilen jeoid yerine, geometrik bir yüzey olan dön elipsoit referans yüzey olarak alınır. Dön elipsoit, bir elipsin küçük eksenini etrafında dönmesi ile meydana gelen yüzeydir. Dön elipsoit, yarı eksenleri a ve b olan bir elipsin b kutup eksenini etrafında dönmesinden oluşan geometrik bir cisimdir. Dünya için kabul edilen referans elipsoit ile jeoid arasında her noktada değişen h yükseklik farkı vardır. - ve + olabilen bu değerlere jeoid yüksekliği denir. Elipsoidin boyutlarından söz edilirken a ve b eksenlerinin belirtilmiş olması gerekir. “ $(a - b) / a$ ” oranı ile hesaplanan ve elipsoidin basıklığı denilen kavram elipsoidin büyüklüğünü belirlemede kullanılır. Yeryüzüne ait sabit bir elipsoit yoktur. 19. yy'dan sonra birçok araştırmacı elipsoit boyutlarını belirlemek amacıyla değişik ölçümler yapmış, değişik değerler bulmuştur. 1909 Hayford elipsoidi 7 Ekim 1924 tarihinde Madrid'te toplanan Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik kongresinde “Uluslararası Elipsoid” olarak kabul edilmiştir. Türkiye ve bir çok batı ülkesi Hayford elipsoidini ulusal haritalarını üretmek için referans yüzey olarak kullanmışlardır.

Harita Projeksiyonları

Yeryüzünün elipsoit'e benzer bir şekil olduğu düşünülürse, bu şeklin anlaşılır olabilmesi için bir düzleme yada haritaya dönüştürülmesi gerekir. Dolayısıyla eğri yüzey üzerindeki bilgilerin bir düzlem yüzeye aktarılması söz konusudur. Eğri bir yüzeyin düzleme doğrudan açılabilmesi olanaksızdır. Yerkürenin de her hangi bir kısmı

bozulmadan veya yırtılmadan düz bir yüzey haline getirilmesi mümkün değildir. Matematik ve geometrik kurallarla, yardımcı yüzeylerden faydalanarak düzleme açılım gerçekleştirilebilir. Eğri bir yüzey üzerindeki bilgilerin matematik ve geometrik kurallardan faydalanarak harita düzlemine geçirilmesine “Harita Projeksiyonu” denilir. Harita projeksiyon hesap işlerinde, yer kürenin elipsoit olmasına rağmen, matematiksel tanımlarla daha basit ve anlaşılır olması bakımından yeryüzü küre olarak kabul edilir. Küre (veya elipsoit), ancak 3 temel yüzeyden bir tanesi üzerine iz düşürülebilir ve daha sonra harita üretebilmek için bu yüzey açılır. Bunlar, düzlem, silindir veya konik yüzeyler olabilir. Projeksiyon yüzeyinin değme noktasındaki normali, yada projeksiyon yüzeyini ekseni; orijinal yüzey ekseni ile çakışık ise bu hale *Normal projeksiyon*, Yüzeyin değme noktasındaki normali ya da yüzeyin ekseni ile 90 lik bir açı yapıyorsa bu tür projeksiyonlar *Transversal projeksiyon*, Veya orijinal yüzey ekseni ile her hangi bir açı yapıyorsa bu tip projeksiyonlara da *eğik projeksiyonlar* adı verilir. Orijinal yüzey denilen dünya üzerinde bulunan ve haritaya konu olan bilgiler arasında uzunluk, alan, ve şekil bakımından daima bir ilişki vardır. Bu bilgiler bir projeksiyon yüzeyine geçirildiğinde aralarında mevcut olan ilişkilerin orijinal yüzeydeki gibi aynen kalması beklenmez. Bu ilişkilerde bozunma bilgi kaybı olur. Bir harita projeksiyonu geliştirilirken orijinal yüzey bilgileri arasında bulunan mevcut ilişkilerden en az birinin projeksiyon yüzeyinde değişmemesi istenir ve matematiksel bağıntılar buna göre kurulur.

Koordinat Sistemleri

- Coğrafi Koordinat Sistemi
- UTM Projeksiyon Koordinat Sistemi
- Kartezyen Koordinat Sistemi

Coğrafik Koordinat Sistemleri (Geographic Coordinate Systems)

CKS yeryüzünde bir konumu tanımlamak için 3-boyutlu küresel yüzeyi kullanır. CKS büyük oranda yanlış biçimde DATUM olarak anılır, bununla beraber datum sadece CKS'nin bir parçasıdır. CKS açısal ölçü birimini, başlıca meridyen ve datum'u kullanır. Bir nokta onun enlem ve boylamı ile ifade edilir. Enlem ve boylam, dünyanın merkezinden dünya yüzeyindeki bir noktaya olan açıdır (genelde derece olarak).

Küresel sistemde, yatay çizgiler veya doğu – batı çizgileri, paralel veya enleme eşit olan hatlardır, düşey çizgiler veya kuzey – güney çizgileri eşit boylam veya meridyenlerdir.

Bu hatlar dünyayı çevreler ve ızgaralı (grid) bir network oluştururlar, bu network graticule olarak adlandırılır.

Kutup noktaları arasındaki orta enlem ekvator (equator) olarak adlandırılır ve 0 enlemini tanımlar. 0 boylamı asıl veya başlangıç (prime meridian) meridyeni olarak adlandırılır. Birçok CKS'de prime meridian, Greenwich'ten geçen boylamdır. Bazı ülkeler, Bern, Bogota, Paris'ten geçen boylamları esas meridyen olarak alırlar.

Graticule'nin orijini (0, 0) eqvator ve prime meridyenin çakıştığı yer olarak tanımlanır. Böylece küre ekvatorun aşağı ve yukarısındaki ve prime meridyenin sağ ve solundaki sınırlar esas alınarak meydana gelen 4 küresel dörtgene bölünür.

Boylam ve enlemler geleneksel olarak, ondalık dereceler (decimal degrees, dd) veya derece, dakika ve saniye (degree, minutes, seconds, dms) olarak ölçülür. Enlem değerleri ekvatora göre kıyaslanarak ölçülür ve -90 (güney kutbu) ile +90 (kuzey kutbu) arasında değişir. Boylam değerleri -180 (batıya doğru) ve +180 (doğuya doğru) değişir. Eğer Greenwich prime meridian alınır, Avustralya ekvatorun güneyinde ve Greenwich'in doğusunda yer alır ve pozitif boylam değeri ve negative enlem değerine sahiptir.

Enlem ve boylamlar bir noktanın yeryüzünde tam konumunu belirleyebilmelerine rağmen, uniform birimlere sahip ölçümler değildirler. Sadece ekvator boyunca, bir derecelik boylamın mesafesi, bir derecelik enlem mesafesine eşittir veya çok yakındır. Çünkü ekvator boylam kadar büyük olan tek paraleldir. Ekvatorun aşağı ve yukarısında, enlem ve boylamı tanımlayan dairelerin bir noktaya yöneldiği (birleştiği) kuzey ve güney kutup noktalarında tek bir nokta oluncaya kadar oransal olarak küçülürler. Boyamlar kutuplara doğru biraraya gelirken 1 dereceyi temsil eden boylamın mesafesi 0'a kadar azalır. Clarke 1866 küresinde, 1 ° lik boylam ekvatorunda 111.321 km'ye eşitken, bu mesafe 60° enleminde sadece 55.802 km'dir. Boylam ve enlemler standart bir uzunluğa sahip olmadığından herhangi bir mesafe veya alan düz bir harita veya bilgisayar ekranında doğru olarak ölçülemezler.

Sphere (Küre) Ve Spheroid (Elipsoid)

CKS şekli ve büyüklüğü sphere veya spheroid tarafından tanımlanır. Dünyanın şekli elipsoid olarak bilinsede bazen daha kolay hesaplama yapmak için küre olarak varsayılır. Bu varsayım sadece 1 / 5.000.000'dan daha küçük ölçekli haritalar için kullanılır. Çünkü bu ölçekten daha küçük haritalarda, küre veya elipsoid arasındaki fark ayırt edilemez. Bununla beraber, 1 / 1.000.000 veya daha büyük ölçekli haritalarda dünyanın şeklini temsil etmek amacıyla elipsoidi esas almak gereklidir. Bu ölçekler arasında ki seçim haritanın amacı ve doğruluna bağlıdır.

Sphere daireyi temel alırken spheroid elipsi temel alır. Elipsin şekli iki yarı çapla tanımlanır, uzun olanı semimajor axis (yarı major eksen, a) kısa olanı ise semiminor axis (yarı minör eksen, b) olarak adlandırılır. Elips yarı minör eksen etrafından döndürülerek elipsoid elde edilir. Spheroid aynı zamanda elipsoidin düzlüğü ile tanımlanır ve şu şekilde formülize edilmiştir.

$$F = (a - b) / a$$

Bu düzleştirme değeri çok küçüktür ve genelde yerine 1/f kullanılır.

World Geodetic System 1984 (WGS 1984 veya WGS84) için spheroid parametreleri;

$$a = 6378137.0 \text{ m ve } 1/f = 298.257223563 \text{ tür.}$$

Düzlüleştirme değeri 0 – 1 arasında değişir. 0 değeri her iki eksenin eşit olduğunu gösterir ve küreyi oluşturur. Dünya'nın düzlüleştirme değeri yaklaşık olarak 0.003353'tür.

Diğer bir kullanılan parametre ise eccentricity e^2 'dir ve şu şekilde ifade edilir.

$$e^2 = (a^2 - b^2) / a^2$$

Doğru Haritalama İçin Farklı Spheroidlerin Tanımlanması

Dünya, onun yüzey özellikleri ve özel düzensizliklerini anlamak için birçok defa etüt edilmiştir. Bu etütler Dünya'yı temsil eden birçok spheroid çeşidi ile sonuçlanmıştır. Genellikle bir ülkeye veya bir bölgeye uyan spheroidler seçilir. Bir ülke veya alana uyan spheroidin diğer bir ülkeye veya alana uyması önemli değildir. Son zamanlara

kadar, Clarke 1986 tarafından belirlenen Kuzey Amerika verileri kullanılmıştır. Clarke 1986 spheroidin'de major eksen 6,378,206.4 m minör eksen 6,356,583.8 m dir.

Yüzeydeki ve yerçekimi etkisindeki değişiklikler nedeniyle dünya ne mükemmel bir küre nede mükemmel bir elipsoitdir. Uydu teknolojileri bazı elptik sapmaları açığa çıkarmıştır, örneğin Güney kutbu, kuzey kutbuna göre ekvatora daha yakındır. Uydular aracılığı ile belirlenen spheroidler eski yer ölçümlerine dayanan spheroidlerin yerini almaya başlamışlardır. Örneğin Yeni Standart Spheroid Kuzey Amerika için Geodetşc Reference System 1980 (GRS 1980) dir ve eksenler 6,378,137.0 ve 6,356,752.33414 m dir. Birçok organizasyon spheroid değişimlerini nedeniyle yapılan koordinat sistem değişimlerini henüz gerçekleştirmemiştir.

Datum'lar

Spheroid dünyanın şeklini tahmin eden bir yaklaşım olurken DATUM spheroidin dünya merkezine göre yerini tanımlamaktadır. Datum'u değiştirdiğinizde veya daha doğruya gittiğinizde koordinat değerlerinizde değişecektir.

Örneğin kontrol noktası olarak USA Redland teki noktanın koordinatları, North American Datum NAD 1983'e göre -117 12 54.61539, 34 01 43.77884 ve aynı noktanın NAD 1927'deki değeri - 117 12 54.61539 34 01 43.72995 tir. Boylam değerleri yaklaşık olarak 3 saniye değişirken bu değer enlemde 0.05 saniye kadar olmuştur.

Son 15 yılda, uydu verileri yerbilimcilere, koordinatları dünya kütesinin merkezini kıyaslamak, dünya ya en iyi uyan yeni ölçümlerler sunmuştur. Buna en iyi örnek WGS 1984. Bu sistem dünya çapında yer bulduru için yeni bir çerçeve sunmaktadır.

Yersel datum'lar dünya yüzeyindeki özel bir alan için spheroidi düzenler. Spheroidin üzerindeki bir nokta dünyanın özel bir pozisyonuna eşlenir. Bu nokta datumun merkezi olarak bilinir. Merkezin koordinatı sabittir ve bütün noktalar bu merkeze göre hesaplanır. Bu merkez dünyanın merkezi değildir. European 1950, NAD 1927 yersel datumlardır. Bu datumlar diğer bölgelere göre uygun değildirler.

Projeksiyonlu Koordinat Sistemleri

Projeksiyonlu düz 2-D boyutlu yüzey olarak tanımlanır. Coğrafik koordinat sisteminin tersine projeksiyonlu koordinat sistemi iki boyutta sabit uzunluk, açı ve alana sahiptir. Projeksiyonlu koordinat sistemi her zaman küre veya elipsoide dayanan CKS ne bağlıdır.

Projeksiyonlu koordinat sisteminde bir yer her zaman bir merkezi olan gridin x , y koordinatları ile tanımlanır. Herbir pozisyon, merkezi noktaya göre iki değerle referans edilir. Birisi yatay diğeri dikey pozisyonudur. X , ve Y koordinati olarak tanımlanan bu sistemde merkezin değerleri 0, 0 dır.

Izgaralı sistemde eşit olarak, yatay ve dikey olarak dağıtılmış çizgilerin merkezinden geçen yatay hat x -ekseni, dikey hat ise y -ekseni olarak adlandırılır. Birimler sabit ve mesafeler eşittir. Merkezin üst ve sağındaki noktalar +, +, üst solundaki noktalar -, +, merkezin alt sağındaki noktalar +, - ve merkezin alt solundaki noktalar -, - değer alırlar.

Haritalama Projeksiyonu Nedir?

İster dünyanın şeklini küre ister elipsoid olarak kabul edin, iki boyutlu düz bir sistemde harita elde etmek için 3D yüzeyin transfer edilmesi gerekmektedir. Bu matematiksel transformasyon işlemine harita projeksiyonu ismi verilir. Haritalama projeksiyonunun konumsal özelliklerini nasıl değiştirdiğini anlamanın kolay bir yolu yanan bir ışık ile dünya yüzeyinin projeksiyon yüzeyi denen bir yüzeye düşürülmesidir. Üzerine eşit aralıklı gridlerin çizilmiş olduğu Dünya yüzeyinin saydam olduğunu farzederek temiz bir kağıdı saralım ve dünyanın ortasında da bir ışığın yandığını düşünelim. Bu ışık dünyadaki fiziksel objelerin gölgesini kağıdın üzerine düşürecektir. Bu aşamadan sonra kağıdımızı tekrar açarak düzleyelim. Düz kağıt üzerinde Gridin şeklinin çok farklı olduğu ve büyük bir bozulmanın olduğu görülecektir. Spheroid'in bir düzlem üzerine düzleştirilerek aktarılamaz yırtılır. Dünya yüzeyinin iki boyuta aktarılmasında şekil, mesafe ve yönde büyük bir bozulma meydana gelir.

Harita projeksiyonu dünya üzerindeki küresel koordinatları düz düzlemsel koordinatlarla ilişkilendirmek için matematiksel formulleri kullanır. Farklı haritalama projeksiyonları farklı tipte bozulmalara neden olur. Bazı projeksiyonlar veri karakterlerinin bir veya iki özelliğinin bazunumunu minimize etmek için dizayn edilmişlerdir. Projeksiyon alanı doğru gösterebilir fakat şekli bozulabilir. Aşağıdaki

şekilde kutuplardaki veri esnetilmiştir. 3D yüzeylerin 2D düzlemlere aktarılmasında değişik yöntemler vardır.

Haritalama projeksiyonları özel amaçlar için üretilmişlerdir, birisi büyük ölçeklerde sınırlı alanlar için kullanılırken diğeri, dünya için küçük ölçekler için kullanılabilirler. Küçük ölçekli veriler için dizyn edilen harita projeksiyonları genelde elipsoidal coğrafi koordinat sistemleri yerine küresel coğrafi koordinat sistemlerini esas alır.

CONFORMAL (Uyumlu) Projeksiyonlar

Conformal projeksiyonlar yersel şekli korurlar. Konumsal ilişkileri açıklayan bireysel açıları korumak için, conformal projeksiyonlar harita üzerinde 90°lik açılarla dik olarak kesişen çizgilere (gridler) sahip olmak zorundadırlar. Bunu bütün açıları sağlayarak başarırlar. Bu işlem sırasında bir alanı çevreleyen bir çok hat büyük bir bozunuma uğrayabilir. Hiçbir harita projeksiyonu büyük alanların şeklini muhafaza edemez.

EŞİT ALAN (EQUAL AREA) PROJEKSİYONLARI

Eşit alan projeksiyonları görüntülenen özelliklerin alanlarını korur. Bunu yapmak için diğer özellikler, şekil, açı ve ölçek, bozulur. Bu harita projeksiyonunda enlem ve boylamlar doğru açılarda çakışmayabilirler. Bazı durumlarda, küçük alanların haritalarında, şekiller belli olacak şekilde bozulmazlar, ve belgelenmedik ve ölçüm yapılmadıkça equal area projeksiyonu, conformal projeksiyondan ayırmak zordur.

EŞİT MESAFE (EQUIDISTANT) PROJEKSİYONLARI

Eşit mesafe projeksiyonları kesin iki nokta arasındaki mesafeyi korurlar. Bütün haritada ölçek doğru bir şekilde sağlanmaz, bununla beraber, birçok durumda bir veya daha fazla hatta ölçek doğru olarak korunur. Birçok eşit mesafe projeksiyonlarında herşeye rağmen, hat, küçük eya büyük daire, düz veya eğri, haritadaki bir veya daha fazla hattın uzunluğu dünya üzerinde aynı uzunluktadır. Bu mesafelere doğru denebilir. Örneğin sinusoidal projeksiyonda, ekvator ve bütün diğer paraleller doğru uzunluktadır. Diğer eşit mesafe projeksiyonlarında, ekvator ve bütün meridyenler doğru uzunluktadır. Bazı diğerleri (two-point eqyidistance), bir veya iki nokta arasında, ve haritadaki her bir noktada doğru ölçeği gösterirler. Unutmaki, haritadaki bütün noktaları eşit mesafe ölçen equidistance projeksiyonu yoktur.

Doğru Yön Projeksiyonları

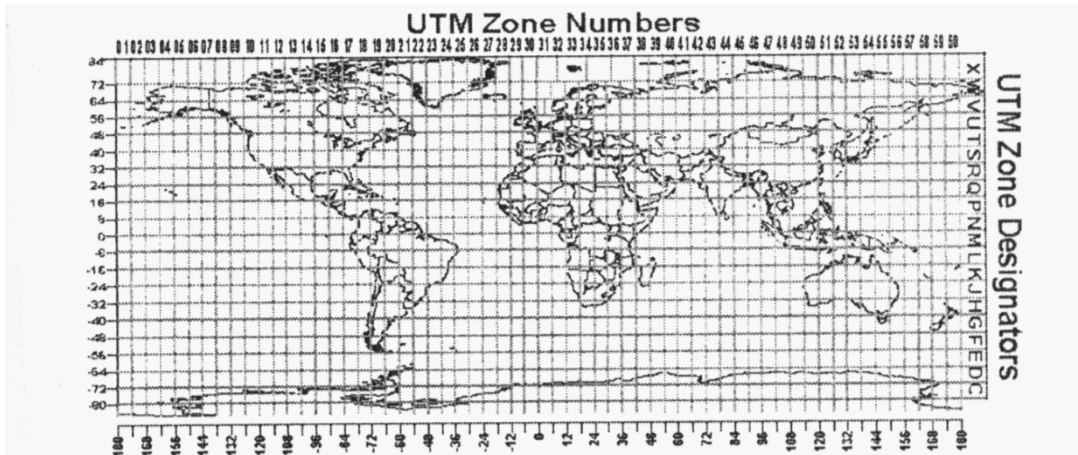
Dünya gibi eğri bir yüzeyde iki nokta arasındaki en kısa yön, düz bir yüzey üzerindeki doğru hattın küresel bir yüzey boyunca olan yöndür. Bu iki nokta arasındaki büyük bir dairedir. Düz yön veya azimutal projeksiyonlar, büyük daire çizgilerinin bazılarını merkeze kıyaslanarak hat üzerindeki bütün yönlerini korurlar.

Projeksiyon Tipleri

Haritalar düz olduğundan, en basit projeksiyonların bazıları yüzeylerini herhangi bir germe veya esnetme yapılmadan düzleme aktarmak için geometrik yüzeyler üzerine yapılırlar. Bu yüzeylere geliştirilmiş yüzeyler adı verilir. Bilinen en genel örnekleri, koniler, silindirler veya düzlemlerdir. Haritalama projeksiyonu, sistematik olarak, elipsoid yüzeyinden alanları matematiksel algoritmaları kullanarak düz bir yüzeyde temsil edilen pozisyona yansıtır. İlk işlem bir veya iki değinim noktası yaratmaktır. Her bir değinim nokta veya hat teğet olarak adlandırılır. Şekillerde görüldüğü gibi düzlemsel (planar) projeksiyonda düzlem dünyaya bir noktada teğettir. Koni veya silindirler bir hat boyunca dünyaya teğet olurlar.

UTM Projeksiyon Sistemi

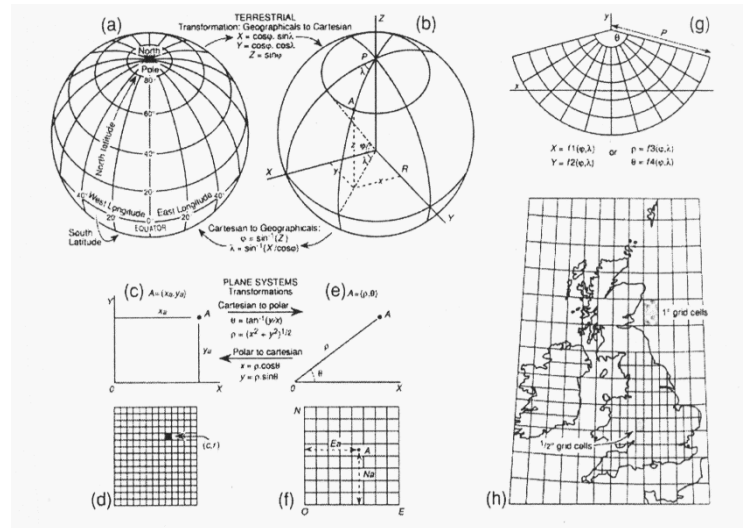
- Gauss-Krüger projeksiyonu esas alınarak geliştirilmiştir
- İkinci dünya savaşından sonra bütün dünya ülkeleri için ortak bir harita projeksiyonunun geliştirilmesi düşüncesiyle Gauss-Krüger projeksiyonunda bazı değişiklikler yapılarak UTM ortaya çıkarılmıştır
- Projeksiyonun referans yüzeyi elipsoittir
- Başlangıçta sadece ABD tarafından benimsenmiş daha sonra uluslar arası düzeyde kullanılmıştır.
- Türkiye’de ise ülke nirengi ağına dayalı 1/25000 ölçekli temel haritalarda düzlem koordinatlar 6°lik dilim genişlikli Gauss-Krüger sistemine göre üretilmiştir
- UTM projeksiyonunda, 180° meridyeninden başlamak üzere dünya, 6° boylam aralıklı 60 dilime ayrılmıştır.
- 1 / 5.000 ölçekli Standart Topoğrafik (ST) ve Standart Topoğrafik Kadastral Haritalar (STK) 3°lik dilimler halinde Gauss-Krüger sistemine göre üretilmiştir
- Türkiye 35, 36, 37, 38 zonlarda yer alır.



Şekil 5.1.1 UTM koordinat sisteminin temel yapısı

Kartezyen koordinat sistemi

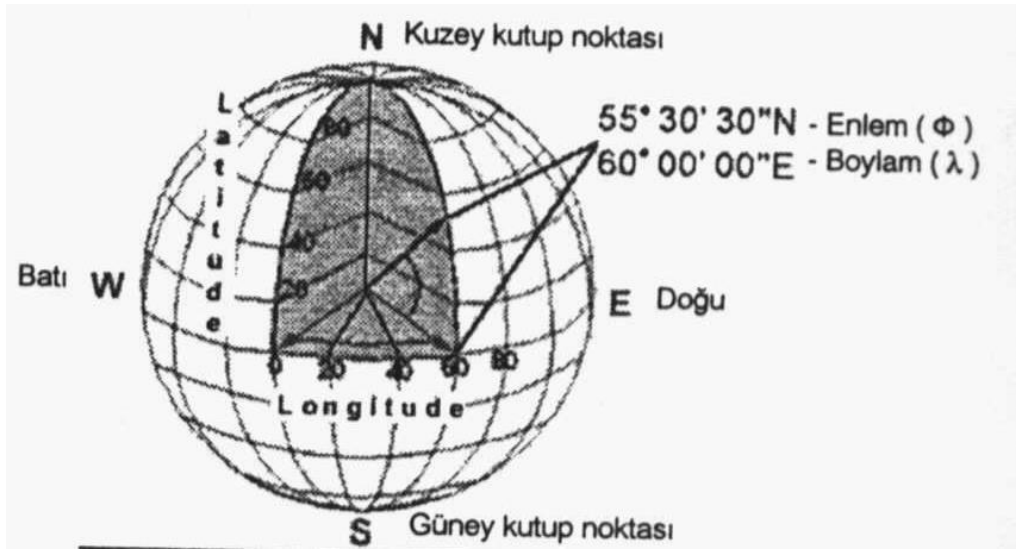
- Koordinat sistemleri çok çeşitli olmasına karşın, günümüzde en çok kullanılan klasik sistem dik koordinat yada kartezyen koordinat sistemidir.
- Bu sistemler plan veya düzlem koordinat sistemi olarak bilinirler.
- Buna göre dik konumdaki eksenler referans sınır olarak alınırlar ve herhangi bir noktanın düzlem koordinatı (x, y) uzaydaki konumu da (x, y, z) değerleri ile tanımlanır.
- Dik koordinat sistemi daha çok büyük ölçekli haritalar ve küçük alanlar için kullanılır.



Şekil 5.1.2. Bazı temel koordinat sistemleri

Coğrafi Koordinat Sistemi

- Bütün dünyayı saran koordinat ağı
- Paralel ve meridyenlerden oluşur
- Ekvator dünyayı *kuzey ve güney yarım küreler* olmak üzere ikiye ayırır
- Ekvator düzlemine paralel düzlemlerin yerküre ile ara kesitleri paralel daireleri oluşturur
- Ekvatorun kuzeyindekilere *kuzey paraleli* güneyindekilere *güney paraleli* denir
- Paralel daireler kuzey ve güneyde her 1°'ye karşılık gelip, 90'ar adetten 180 adettir.
- Ekvatoru dik olarak kesen, kutuplardan ve yerin merkezinden geçen düzlemlerin arakesit eğrileri *meridyenleri* oluşturur.
- Londra'da Greenwich gözlemevinde bulunan bir gök dürbününün ekseninden geçtiği varsayılan meridyen, *başlangıç yani 0° meridyenidir*
- Başlangıç meridyenine göre 180 adet *doğu meridyeni* 180 adet *batı meridyeni* toplam 360 adet meridyen vardır
- Bir noktanın ekvatora olan uzaklığını yer merkezinden gören açıya o noktanın enlemi (latitude) denir, Φ (fi) ile gösterilir
- Bir noktadan geçen meridyen düzlemi ile başlangıç meridyen düzlemi arasında kalan açıya o noktanın boylamı (longitude) denir λ (lamda) ile gösterilir
- 1°'lik aralıkla geçen meridyenler arasında zaman farkı 4 dakikadır
 Φ ve λ değerlerine bir noktanın coğrafi koordinatları denir



Şekil 5.1.3. Coğrafi koordinat sistemi

C.K.S dünyanın merkezini başlangıç noktası kabul eder ve dünya üzerinde herhangi bir noktanın konumunu belirlemede derece cinsinden enlem-boylam değerlerini kullanır.

5.2. Topoğrafik Haritalar ve Özellikleri

Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Kahramanmaraş

5.2.1. Haritanın Tanımı

Harita, yeryüzünün tamamının veya bir parçasının kuşbakışı görünümünün matematiksel yöntemlerle istenilen ölçeğe göre küçültülerek, özel işaretlerle bir düzlem üzerine çizilmiş örneğidir.

Haritaya çizilecek bilgiler genel olarak deniz, göl, akarsu, dağ, tepe mağara vb. doğal şekillerle; yol, baraj, sulama kanalı, çit, duvar, bina vb. yapay tesislerdir. Bunların dışında coğrafi koordinat ağı genelde haritalarda gösterilmektedir. Doğal ve insan eliyle yapılmış ayrıntılar; özel işaretler, çizgiler, renkler ve şekillerle gösterilir.

Bir haritada gösterilecek bilgiler o haritanın ölçeğine ve yapılış amacına bağlıdır. 1: 25 000 ölçekli bir haritada gösterilen arazi bilgileri, aynı sıklık ve birimde 1:100 000 ölçekli bir haritada gösterilmez. 1:100 000 ölçekli haritada, 1:25 000 ölçekli haritada bulunan bilgilerin genel çizgilerle gösterilmesi zorunludur. Bu ayıklama işlemi yapılırken haritanın gerçek araziye uyumu ve haritanın okunaklığının bozulmaması gerekir.

5.2.2. Baskı Tiplerine Göre Harita çeşitleri

Baskı tiplerine haritalar üçe ayrılır:

1. Basılı Haritalar,
2. Plastik Kabartma Haritalar,
3. Sayısal Haritalar.

5.2.3. Ölçeklerine Göre Haritalar

Ölçeklerine göre haritalar üçe ayrılır:

1. Küçük Ölçekli Haritalar: 1:500000 ve daha küçük ölçekli haritalardır.

2. Orta Ölçekli Haritalar: 1:500 000 - 1:100 000 arasında ölçeğe sahip haritalardır.

3. Büyük Ölçekli Haritalar: 1:100 000 hariç daha büyük ölçekli haritalardır.

Türkiye de büyük ölçekli haritaların (1:5000 ve daha büyük ölçekli) haritaların yapım ve dağıtımını Harita Genel Komutanlığına aittir.

5.2.4.Tiplerine Göre Haritalar

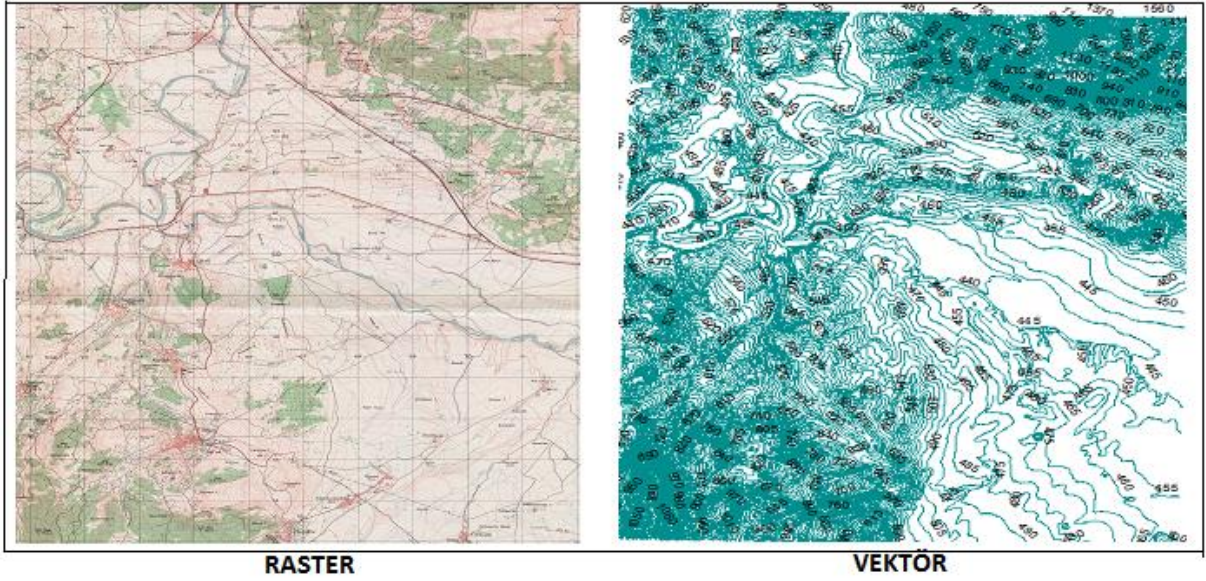
1.Planimetrik Haritalar: Arazinin yalnız yatay durumlarını gösterir. Üzerinde ölçülebilir şekilde yeryüzü şekillerinin bulunmaması ile topoğrafik haritalardan ayrılır. Yatay düzlem üzerindeki ayrıntıların konumu sadece x, y değerleri ile hesaplanan haritalardır.

2.Topoğrafik Haritalar: Yeryüzü üzerindeki kabartı ve çukurların eş yükseklik eğrileriyle (münhani), ayrıntıların ise çizgi ve sembollerle gösterildiği haritalardır.

Topoğrafik haritalar değişik yöntem ve cihazlarla, doğrudan sayısal olarak veya mevcut çizgisel haritalardan sayısallaştırıcılar kullanılarak vektör veya raster yapıdaki sayısal topoğrafik haritalar elde edilir (şekil 1). Sayısal topoğrafik haritalar, raster ve vektör olarak ikiye ayrılır:

a. Raster Harita: Mevcut basılı haritaların, raster tarama tekniği kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılması ile elde edilen ve üzerinden koordinat alınabilen renkli sayısal harita görüntüsüdür.

b. Vektör Harita: Harita üzerindeki bir noktanın (bina, kuyu gibi) tek bir X,Y koordinatı ile, bir çizginin (yol, nehir gibi) birbirini taklip eden X,Y koordinatları ile ve bir alanın (orman, göl gibi) başladığı yerde biten ve alanı çevreleyen X,Y koordinatları ile tanımlandığı haritalardır. Bu modelde, nokta, çizgi ve alan koordinatları üç boyutlu koordinat sistemi içerisinde değerlendirilerek, eş yükseklik eğrileri, sabit yükseklikli yüzeyleri, nokta yüksekliklerini ve kırık çizgilerini herhangi bir bakış açısına uygun olarak görmek mümkündür.



Şekil 5. 1.Raster ve vektör formatında haritalar

3.Piktomap (Pictomap) Haritaları: Fotoğrafların değişik renk tonu ile maskelenmesi işlemi (Photographic Image Conversion by Tonal Masking Procedures) ile renkli ve çizgili standart fotoğraf üzerine eş yükselti eğrileri, harita işaretleri ve yer adları eklenmek suretiyle elde edilirler (şekil 5.2).



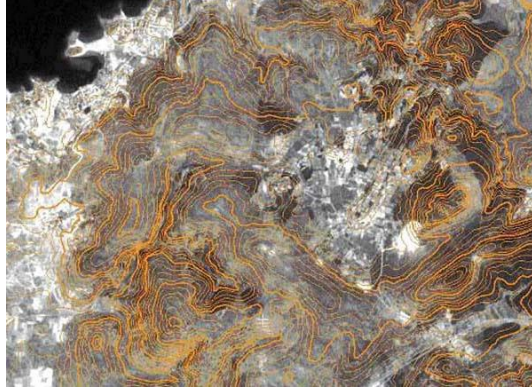
Şekil 5. 2. Piktomap harita (Durgut 2005)

4.Fotomozaikler: Topoğrafik harita yerine kullanılabilen ve mozaik olarak isimlendirilen hava fotoğraflarının birleştirilmiş olanıdır (şekil 5.3). Foto mozaiklerden, daha sıhhatli bir haritanın yapımına vakit olmadığı zamanlarda faydalanılır.



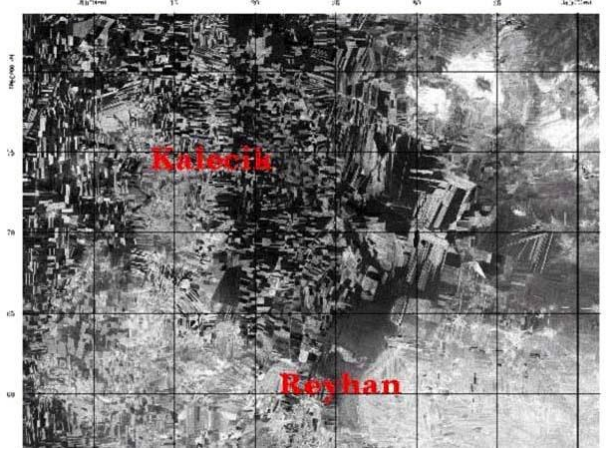
Şekil 5. 3. Fotomozaik harita (Durgut, 2005)

5.Ortofoto Haritalar: Perspektif resimlerdeki eğikliği ve arazi yükseklik farklarından dolayı görüntü kaymalarının giderilmesi sonucu elde edilmiş, harita gibi belli bir ölçeği olan fotoğraflık görüntüdür (şekil 5. 4). Bunun üzerine kartoğrafik bilgilerin (Harita kenar bilgileri, gridler, eş yükseklik eğrileri, isimler vb.) eklenmesi sonucu **ortofoto harita** ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5. 4. Ortofoto harita (Durgut, 2005)

6. Fotoğraf Haritaları: Üzerinde grid çizgileri, kenar bilgileri, yer adları ve numaraları, önemli yükseklikler, devlet hududu yaklaşık ölçek ve yön çizilmiş olan bir hava fotoğrafı veya bir sıra hava fotoğraflarının kopyasıdır (şekil 5. 5).



Şekil 5. 5. Fotoğraf harita (Durgut, 2005)

7.Diğer Haritalar: Atlaslar, Coğrafi haritalar, Turistik yol haritaları, Kadastro haritaları, Arazi krokileri, Şehir/Kamu hizmet haritaları gibi.

5.2.5. Topoğrafik Harita Renkleri

Harita üzerindeki ayrıntıların tanınmasını kolaylaştırmak üzere bunları gerçek görünüşleriyle verebilmek için topoğrafik işaretler değişik renklerle gösterilmiştir. Bu renkler harita tipleri ve amaca göre çeşitli olmasına rağmen bir örnek olarak aşağıdaki açıklamalar verilmiştir;

1. 1:100 000 ve daha büyük ölçekli haritalarda kullanılan ayrıntılar ve renkleri:

a. Siyah: Kitabe ve coğrafi değerler, her türlü yol çizgileri, demiryolları ve bunlara ait yapılar, nirengi ve rakım noktaları, elektrik tesisleri, enerji nakil hatları, yapay yarma ve dolmalar, tepe, sırt gibi doğal ayrıntı isimleri, kamu istifadesine açık tüm tesisler (cami, okul, besihane vb.), kenar bilgilerine ait açıklama yazıları, taşlık, kayalıklar ve arazi şeklinde kayalık bölgelerinin münhanileri.

b. Mavi: Su ile ilgili tüm yapay ve doğal ayrıntılar ve bunların isimleri; göl, deniz, su deposu, sarnıç, sulama kanalları, su yolları, çeltik, havuz (bunlara ilaveten 1:250 000 ölçeği için grid çizgileri de mavi gösterilir), dilim kenarı paftaları içinde komşu dilime ait grid çizgileri ve bunlara ait kenar bilgileri, daimi kar altında olan bölgelerin eş yükseklik eğrileri.

c. Yeşil: Tabiatla yeşil olan her türlü ayrıntı (orman, çalılık, meyvelik, bağlık vs.).

- d. Kırmızı:** Yol dolguları, meskun yerler, özel kullanılan binalar gibi ayrıntılar ile dikkat çekici olması bakımından deniz fenerleri, hava alanı işaretleri, haritanın gizlilik dereceleri
- e. Kahverengi:** Eş yükseklik eğrileri, eş yükseklik eğri değerleri, kumul vb. (1999 yılından itibaren yapılan haritalarda).

2. 1:250 000, 1:100 000 ve daha büyük ölçekli haritalarda kullanılan renkler:

Benzer şekilde (aynı ayrıntılarda) aşağıda belirtilen farklılıklar dışında aynen kullanılır;

a. Grid çizgileri mavi renktedir.

b. Mor renk 1:250 000 ölçekli JOG serisi haritalarda kullanılan bir renk olup hava alanları, hava seyrüsefer bilgileri, enerji nakil hatları, normal manyetik sapma eğrileri gibi bilgileri göstermek için kullanılır.

c. Ayrıca, sadece 1:250 000 ölçekli JOG serisinin HAVA türünde hipsometrik renk kademelerini (yükseklik zemin renklerini) gösteren ilave renkler de kullanılır.

5.2.6. Topoğrafik Haritalarından Yeryüzü Şekillerinin Tanınması

Haritalardan öncelikle beklenen, yeryüzünün şekil ve büyüklüklerinin insanların yararına, tanısına doğru ve ölçekli olarak sunulmasıdır.

Bir cisim tanınabilir ve ölçülebilir hale getirmenin en kolay yolu teknik resminin çizilmesi olup, bunun kendine özgü kuralları vardır. Aynı şekilde yeryüzünü de tanınabilir ve ölçülebilir hale getirmenin en iyi yolu haritasının yapılmasıdır. Bunun da farklı yöntemleri vardır.

Yeryüzüne ait çizgisel ayrıntılar (doğal veya yapay) haritada çizgilerle ifade edilir. Çizgisel bir yapı göstermeyen yükseltmeler ve çukurluklar ise günümüzde Gölgeleme, Kademelendirme ve Münhanilerle (Eşyüksekti eğrileriyle) tanımlanmakta veya bunların kombinasyonları ile haritalarda ifade edilmektedir.

a).Yeryüzü Şekillerinin Gölgeleme İle Gösterimi

Gölgeleme, harita sınırları içine giren yeryüzünün kuzeybatıdan güneydoğuya doğru paralel ışık huzmeleri ile aydınlatıldığı varsayımına dayalı, üç boyutlu tanımlama yöntemidir (şekil 5.6). Gölgelemenin esası aydınlatma yönüne bakan yüzeylerin açık ve aydınlatma yönünün aksine bakan yüzeylerin koyu tonda boyanmasına dayanmaktadır. Koyu renk olacak yüzeydeki ton şiddeti; ışığın geliş doğrultusu ile yaptığı açının büyüklüğü, yamaç eğiminin fazlalığı ve koyu gölge olacak yüzeyin büyüklüğü ile doğru orantılıdır.

Günümüzde klasik haritalar ve bilgisayar olanakları ile üretilen sayısal haritalarda, yükseklik arttıkça değişen renk ve tonları ile gerçekleştirilen çok renkli gölgeleme yöntemleri kullanılmakta ve giderek yaygınlaşmaktadır.

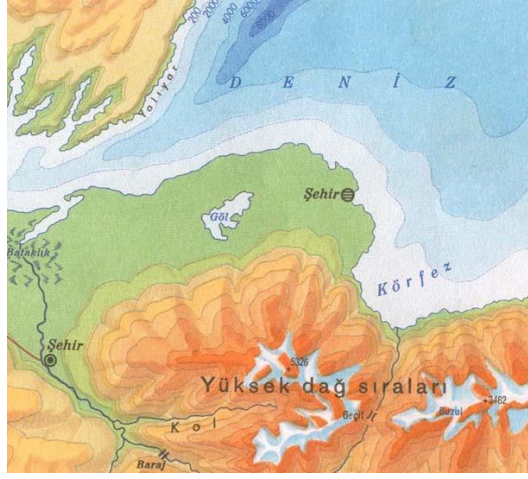


Şekil 5. 6. Gölgelendirilmiş harita (Durgut, 2005)

b).Yeryüzü Şekillerinin Renk Katmanları İle Gösterimi

Genellikle orta ve küçük ölçekli haritalarda yükseklikleri ve arazinin genel olarak şeklini ifade etmek için kullanılır. Yöntem arazinin renk katmanları ile gösterilmesi esasına dayanır. Deniz seviyesinden itibaren yükseklikler katmanlar halinde gruplandırılır. Arazinin bu katmanlar tarafından kesilmiş olduğu düşünülür. Arazi ve katmanların ara kesit çiftleri aralığı bir renk katmanını göstermektedir (şekil 5.7).

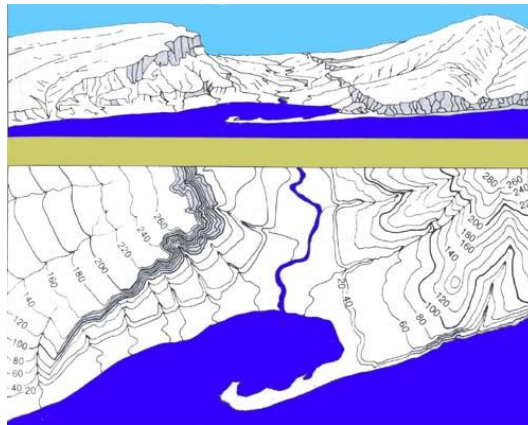
İşte her katmanın arazi ile kesiştirilmesi ile oluşan ara kesit çiftlerinin, harita üzerindeki izdüşüm aralıkları yükseldikçe koyulaşan farklı renklerle boyanması suretiyle üretilen haritalara renk kademeli harita denilmektedir.



Şekil 5. 7. Renklendirilmiş harita (Durgut, 2005)

c).Eş Yükseklik Eğrileri (Münhaniler) İle Yeryüzü Şekillerinin Gösterimi

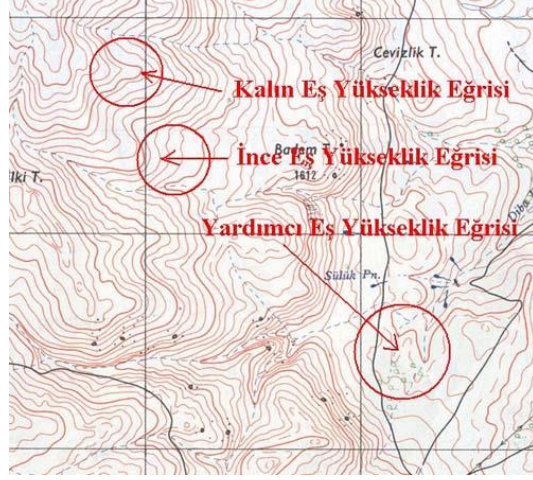
Deniz seviyesinden itibaren eşit aralıklarla üst üste sıralandığı varsayılan yatay düzlemlerin, yeryüzü kabartılarını kesme çizgilerinin yatay düzlem üzerindeki izdüşümlerine Eş Yükseklik Eğrisi (münhani) denir. Diğer bir anlamda paralel yüzeyler ile arazi arızalarının kesişme varsayımı ile oluşacak ara kesitin harita düzlemi üzerindeki izdüşümüdür (şekil 5. 8).



Şekil 5. 8. İzdüşüm görünüm (Durgut, 2005)

Üç tip eş yükselti eğrisi gösterimi vardır (şekil 5.9).

1. İnce Eş Yükseklik Eğrisi (Ara Münhani)
2. Kalın Eş Yükseklik Eğrisi (Ana Münhani-Gösterge Münhanisi)
3. Yardımcı Eş Yükseklik Eğrisi



Şekil 5. 9. Eş yükelti eğrileri çeşitleri (Durgut, 2005)

Eş Yükseklik Eğrilerinin Özellikleri

1. Bir eş yükseklik eğrisi üzerindeki bütün noktalar deniz seviyesinden aynı yüksekliktedir.
2. Her eş yükseklik eğrisi kendi üzerine kapanır. Haritanın kenarında kesilse bile komşu haritada devam eder ve kapanır.
3. Kapanan bir eş yükseklik eğrisi, tepe veya çukuru gösterir. Tepe ve çukuru ayırt etmek için çukur merkezini gösterecek şekilde ok konur.
4. Eş yükseklik eğrileri çatallaşmaz ve birbirini kesmezler.
5. Yer yüzeyinin eğimi arttıkça (dikleştiğçe) eş yükseklik eğrileri de birbirlerine daha yakın olarak geçerler.
6. Düzgün (eş) eğimli arazide eş yükseklik eğrilerinin aralıkları eşittir.
7. Üstü yassı ve yuvarlak tepelerde eş yükseklik eğrileri tepeye doğru ve eteklerde, ortaya yakın yerlere nazaran daha aralıklıdır.
8. Bir vadiyi takip eden eş yükseklik eğrisi vadinin bir kenarı boyunca yukarı çıkar, sonra dönüş yaparak vadi tabanından geçer, vadinin diğer kenarından aşağı doğru iner. Vadi yamacındaki eş yükselti eğrileri yamaç eğim doğrultusuna dik bir yol izlerler.
9. Bir sırttan geçen eş yükseklik eğrisi, sırtın bir kenarını takip ederek gelir, su bölümü hattından döner ve sırtın diğer kenarı boyunca geri gider.

10. Akarsuyun kaynağında su yatağı dik olduğundan eş yükseklik eğrileri daha sık, akarsu büyüüp kollar aldıkça eğim azalacağından, eş yükseklik eğrileri daha seyrek geçer.

11. Eş yükseklik eğrisi akarsularda V harfi şeklinde geçerler. Harfin sivri ucu akarsuyun kaynağını gösterir.

12. Birbirine paralel iki dereden hangisi daha derin (rakımı az) ise aynı rakamlı eş yükseklik eğrisi derin olan derede daha ileri gider.

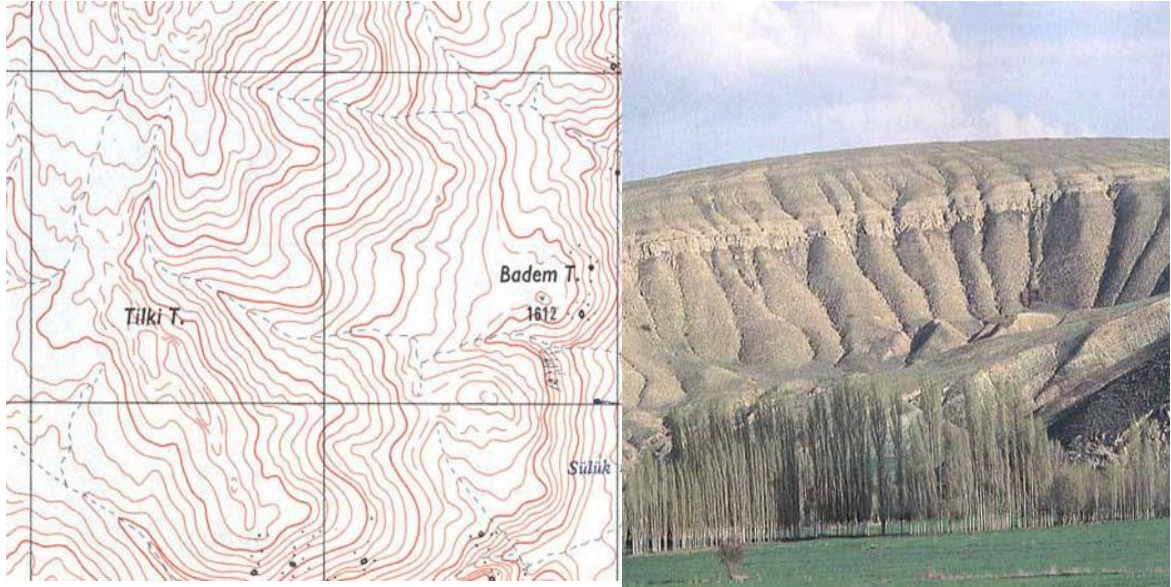
13. Eş yükseklik eğrileri sağrı ve sırtlarda U harfi şeklinde geçer. U harfinin kapalı kısmı sağrı veya sırtın etek kısmını, açık tarafı da tepe istikametini gösterir.

14. Eş yükseklik eğrileri geniş sağrı ve sırtlarda yayvan ve küt, sivri sağrı ve sırtlarda ise dar kavisli şekilde geçerler.

15. Deniz dibi derinliklerini göstermek için yine eş yükseklik eğrileri kullanılır. Bu eş yükseklik eğrilerine derinlik eş yükseklik eğrileri de denir.

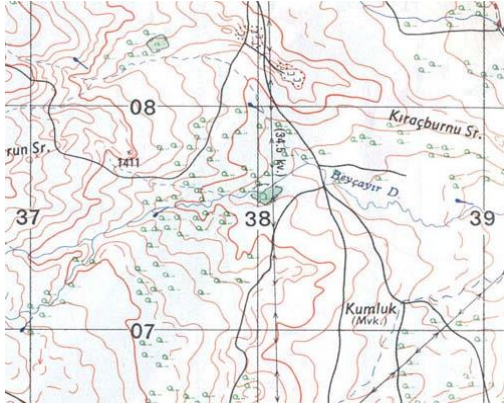
Eş Yükselti Eğrilerinin Kullanımı İle İlgili Örnekler

Çatak (Derecik); Yağmur sularının akışı ile yamaçlarda oluşmuş yarıntılardır (Şekil 5.10).



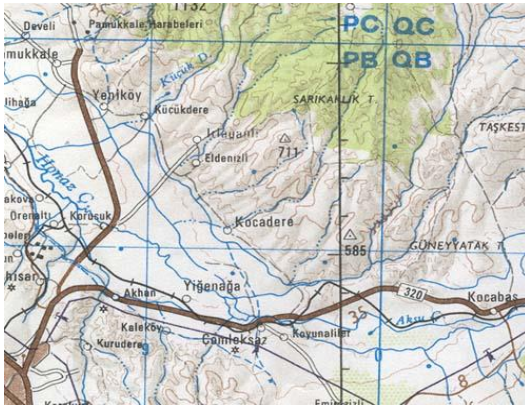
Şekil 5. 10. Çatak (Durgut, 2005)

Dere; Birden fazla çatağın birleşmesiyle meydana gelen akarsulardır. Doğada mevsime göre kuru dere veya sulu dere olarak oluşur (Şekil 5.11).



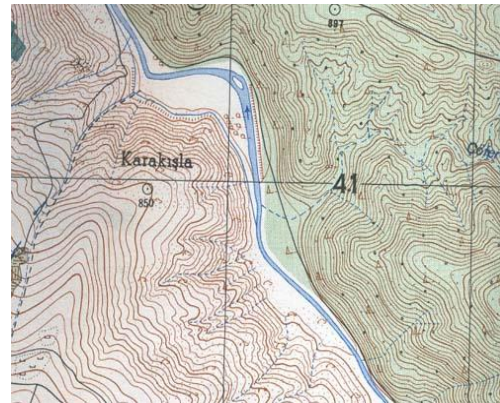
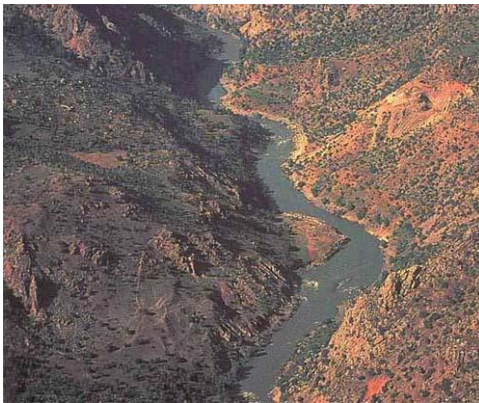
Şekil 5. 11. Dere (Durgut, 2005)

Çay; Derelerin birleşmesi ile meydana gelen devamlı sulu akarsulardır (şekil 5.12).



Şekil 5.12. Çay (Durgut, 2005)

Irmak (Nehir): Birden fazla çayın veya derenin birleşmesi ile meydana gelen büyük akarsulardır (şekil 5.13). Nehir ırmağa nazaran daha büyük olan akarsudur.



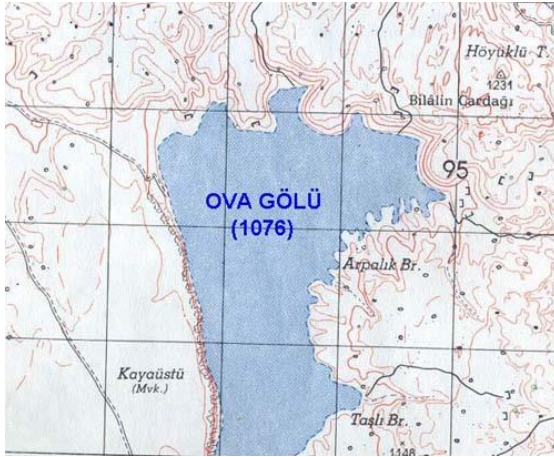
Şekil 5. 13. Irmak (Durgut, 2005)

Talvek; Akarsu yatağının akıntı yönünde en derin yerlerinden geçtiği varsayılan hattır. Bu hat suyun tabanından geçer (şekil 5.14).



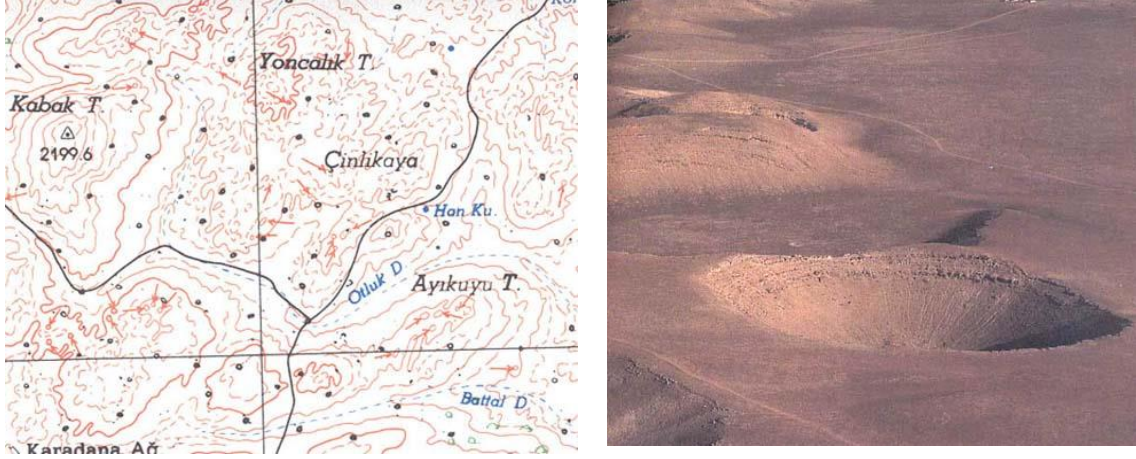
Şekil 5.14. Talvek çizgisi (Durgut, 2005)

Göl; Çukurları dolduran ve bazen bir tarafa akıntısı olan, durgun su birikintileridir (şekil 5.15).



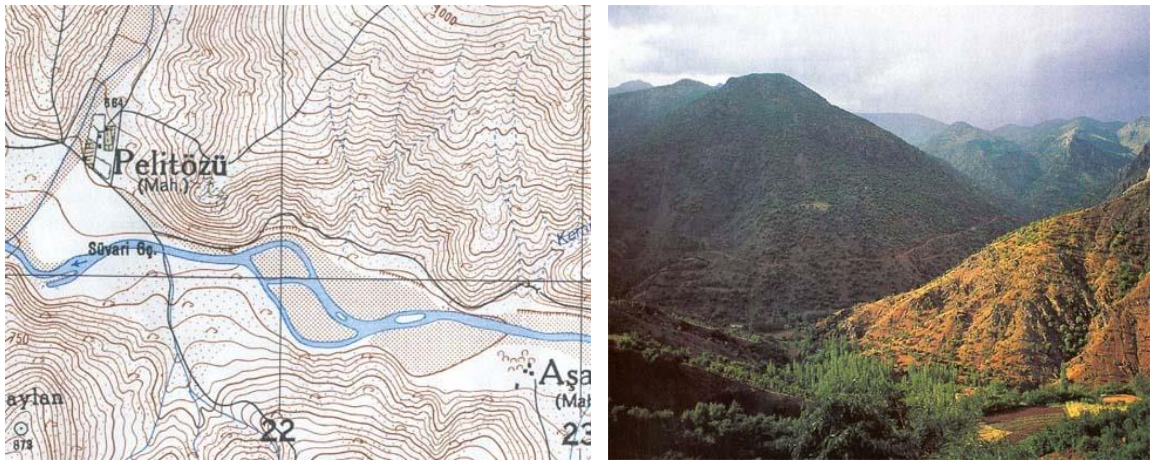
Şekil 5. 15. Göl (Durgut, 2005)

Kokurdan; Bulunduğu yere göre derinlik gösteren ve dışarıya akıntısı olmayan çanak şeklindeki doğal susuz çukurlardır. Haritalarda çukurun merkezine doğru bir ok koymak suretiyle belirtilir. Genellikle karstik alanlarda görülür (şekil 5.16).



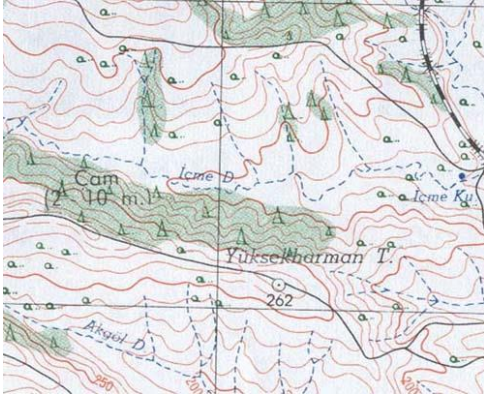
Şekil 5. 16. Kokurdan (Durgut, 2005)

Vadi; Akarsuların aşındırması ile oluşmuş akarsuyun her iki yatağından akarsu yatağı doğru eğimli dışarıya akışı olan çukurlardır (şekil 5.17).



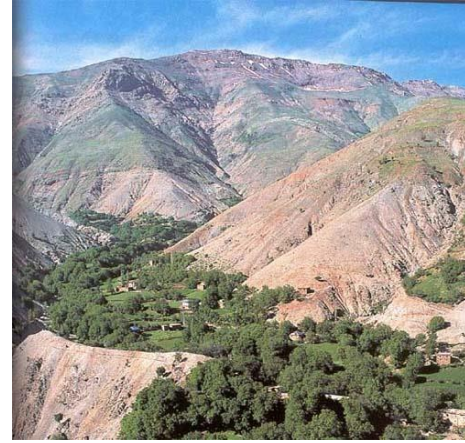
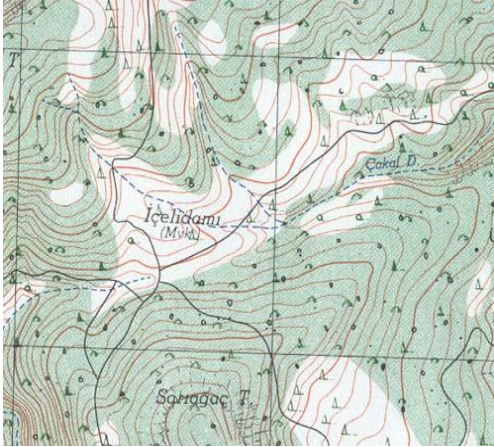
Şekil 5. 17. Vadi (Durgut, 2005)

Sağrı; İki derecik arasında meydana gelmiş yayvan arazi kabartısıdır (şekil 5.18).



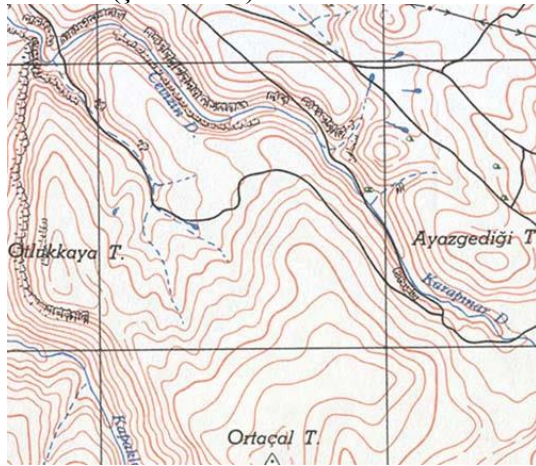
Şekil 5. 18. Sağrı

Sirt; İki dere arasındaki uzunlamasına uzanan dar dik arazi kabartılarıdır (şekil 5.19).



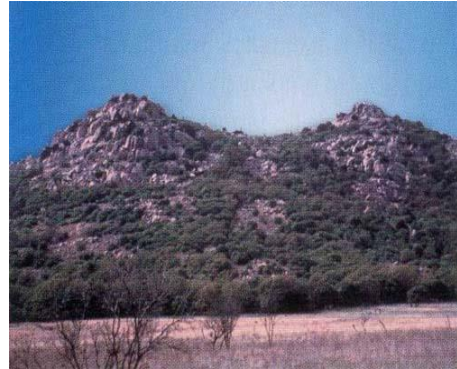
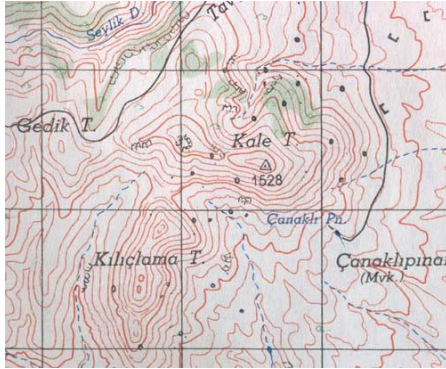
Şekil 5. 19. Sirt (Durgut, 2005)

Yamaç; Sağrılarda ve sırtlarda su bölümü çizgisi akarsu yatağı arasında kalan eğimli kısımdır (şekil 5.20).



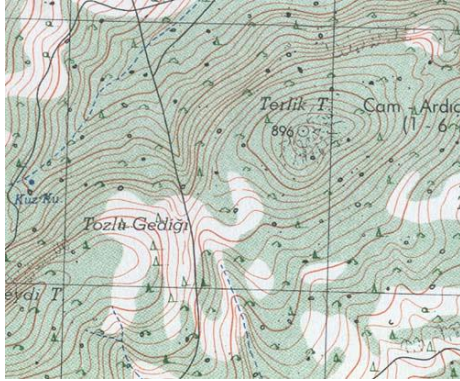
Şekil 5.20. Yamaç (Durgut, 2005)

Boyun; Dağlık yerlerde, doruk boylarında yer yer görünen çukurluklardır. Su bölümü çizgisi üzerinde bulunurlar (şekil 5.21). Geçitten farkı yaz kış ulaşım imkanı vermesidir.



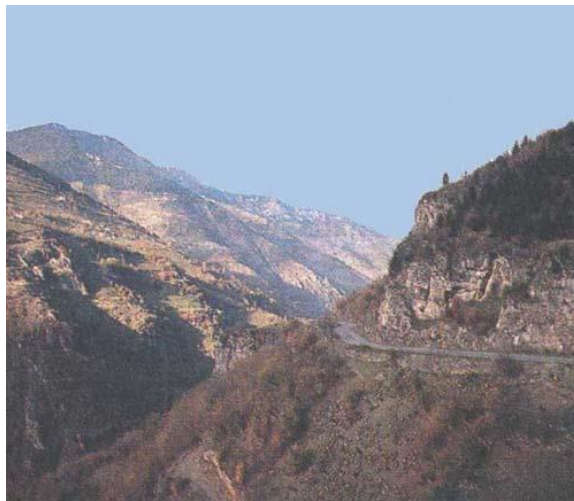
Şekil 5. 21. Boyun (Durgut, 2005)

Gedik; Dar ve derin boyunlara denir (şekil 5.22).



Şekil5.22. Gedik (Durgut, 2005)

Geçit; Gediklerden daha derin ve iki yanı sarp olan uzun boyunlara denir (şekil 5.23).



Şekil 5.23. Geçit (Durgut, 2005)

Bel; İki dağın iki tepesi arasında geçit veren çukur yere denir (şekil 5.24).



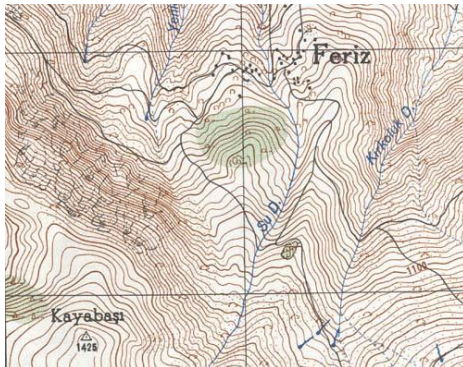
Şekil 5.19.Bel (Durgut, 2005)

Boğaz; İki eğik yüzey arasına sıkışmış uzun geçitlere denir (şekil 5.25).



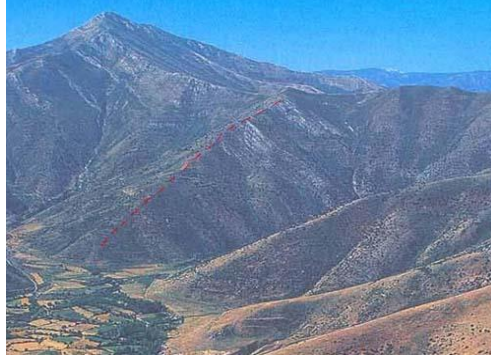
Şekil 5. 205.Boğaz (Durgut, 2005)

Uçurum Düşey ve düşeye yakın eğimi gösteren yamaçlardır. Yar da denir.. Deniz kıyısındaki yarlara falez olarak adlandırılır (şekil 5.26).



Şekil 5.216. Uçurum (yar) (Durgut, 2005)

Su bölüm çizgisi; Sırt ve sağrı gibi arazi kabartlarının en yüksek yerlerinden geçen çizgidir (şekil 5.27).



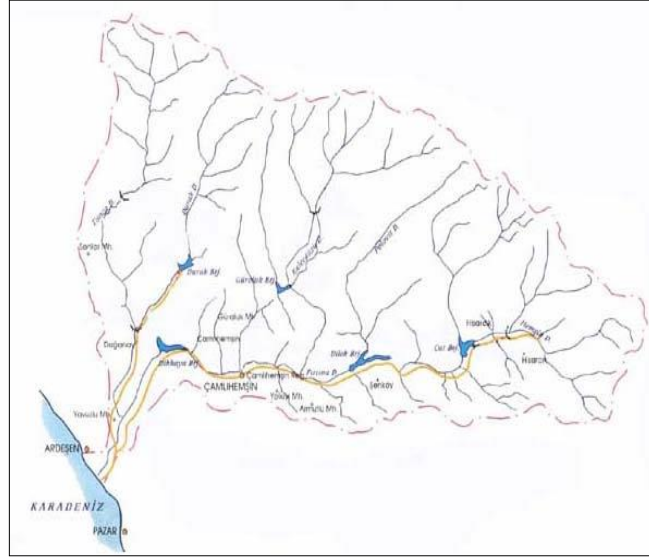
Şekil 5. 27. Su Bölüm Çizgisi (Durgut, 2005)

Doruk çizgisi; Bir dağ kütleğinde doruklardan ve boyunlardan geçtiği düşünülen su bölümü çizgisidir (şekil 5.28).



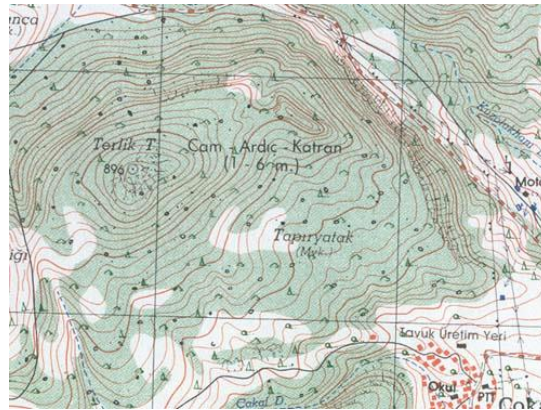
Şekil 5. 28. Doruk çizgisi (Durgut, 2005)

Havza; Genel anlamda çevresel dağlar veya sıradağlarla çevrili, komşu akarsulardan su bölüm çizgisi ile ayrılan sınırlar içinde kalan alanın yağış ve akışlarını toplayan büyük çukurlardır. Genel tanımlamada belirlenen Dışarıya akışı olanlara açık, olmayanlara kapalı havzalar denir.(Şekil 5.29).



Şekil 5. 229. Havza (Durgut, 2005)

Tepe; Çevresindeki alçak yerlere nazaran yükseklik gösteren ve her yöne eğimli olan arazi kabartısıdır (Şekil 5.30).



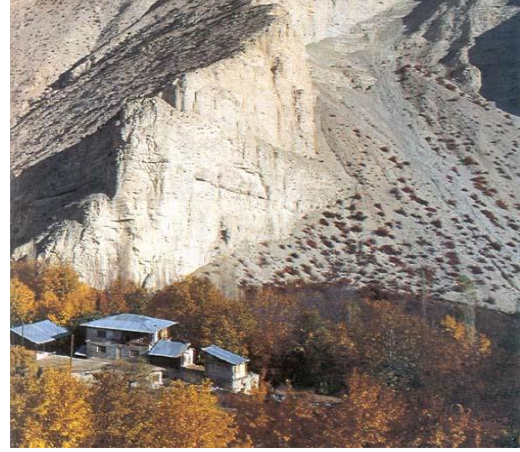
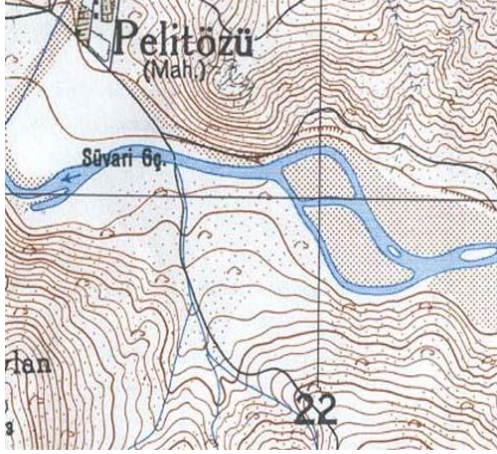
Şekil 5. 30. Tepe (Durgut, 2005)

Höyük; İnsanlar tarafından savunma veya yerleşim amacıyla yığılmış kabartılardır (şekil 5.31).



Şekil 5. 31. Höyük (Durgut, 2005)

Birikinti konisi; Dağların düzlüklerle birleştiği yerlerde akarsuların sürüklediği kum, çakıl ve kil gibi süprüntülerin vadi eteklerinde birikmesiyle oluşan yelpaze şeklindeki birikintilerdir (şekil 5.32).



Şekil 5. 32. Birikinti konisi (Durgut, 2005)

Seki; Vadi yamaçlarındaki eski akarsu yataklarna karşılık gelen; dar ancak kabaca akarsulara paralel olarak uzanan, bazen akarsulara doğru hafifçe eğimli düzlüklerdir (şekil 5.33).



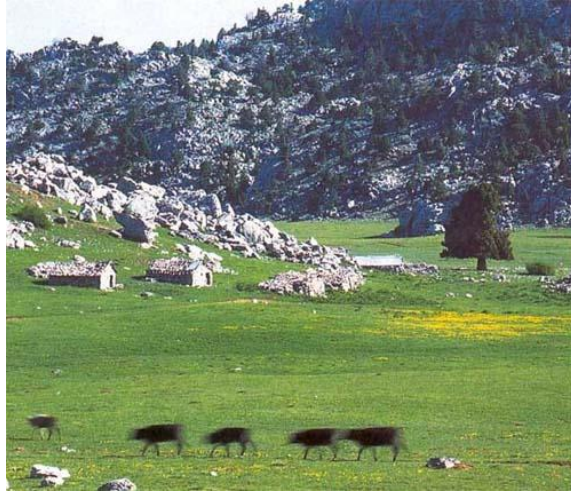
Şekil 5.33. Seki (taraça) (Durgut, 2005)

Ova; Bulunduğu yerde çevresine göre çukurda kalmış, çoğunlukla alüvyonlarla örtülü, akarsu eğimlerinin az ve derine gömülememiş olduğu, geniş veya dar düzlükler ile hafif dalgalı, yer yer tepeleri de bünyesinde bulunduran yeryüzü parçasıdır (şekil 5.34).



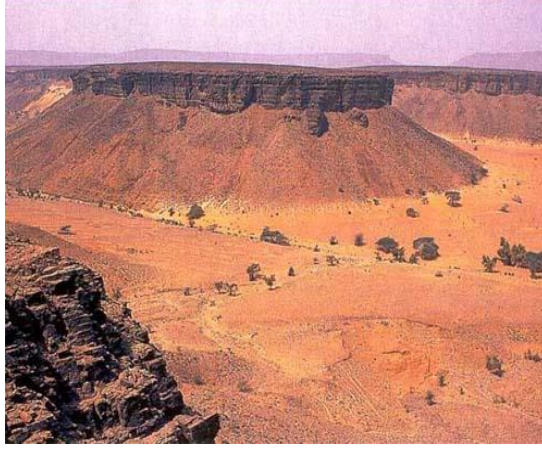
Şekil 5. 34. Ova (Durgut, 2005)

Plato; Dağlar üzerinde meydana gelmiş, akarsularca derince yarılmış ve parçalanmış, fakat üzerinde düzlüklerin belirgin olduğu arazilerdir (şekil 5.35). Yayla olarak da adlandırılır.



Şekil 35. Plato (yayla) (Durgut, 2005)

Tabaka düzlükleri ;Bunlar arazinin her yerinde bulunabilecek büyük ve küçük tortul tabaka düzlükleridir (şekil 5.36). Sert ve yumuşak tortul tabakaların üst üste istiflendiği arazilerin bazik lavların yayılma alanlarının veya volkanik kökenli olan tüf tabakalarının bulunduğu sahalarda zamanla akarsular tarafından yarılarak aşındırılması ile meydana gelirler. Masa dağı olarak da bilinir

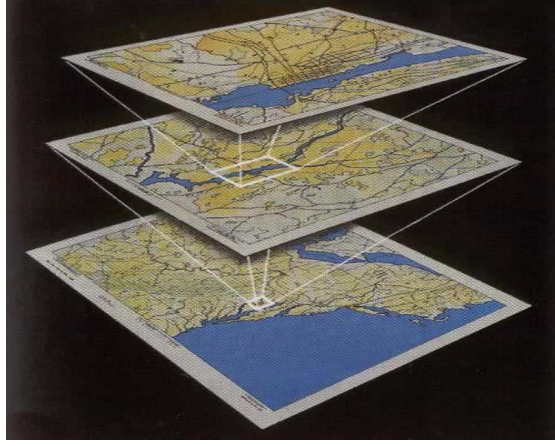


Şekil 5.36. Tabaka düzlüğü(Durgut, 2005)

5.2.7. Topoğrafik Haritalarda Ölçeğin Kullanımı

Ölçek; harita üzerinde seçilen iki nokta arasındaki uzunluğun, yeryüzünde aynı iki nokta arasındaki yatay uzunluğuna oranıdır.

Arazi üzerinde ölçeceğimiz bir uzunluğu, arzu edilen bir orana göre küçülterek kağıt üzerine çizebilmek için, ölçülen uzunluk ile çizilecek uzunluk arasında kurulacak orana ölçek denir. Harita ölçeği haritanın içeriğine etki eden önemli bir faktördür. Haritanın ölçeği ne kadar büyük olursa, içeriği de o kadar zengin, doğru, tam ve doğaya yakın olur (şekil 5.10). Buradan anlaşılacağı üzere ölçek; haritanın içeriğini, doğruluğunu ve aynı zamanda da kullanım alanlarını belirleyen bir ölçüttür.



Şekil 5.23. Haritalarda ölçeklerin oransal görünümü (Durgut, 2005)

Topoğrafik haritalarda 2 tür ölçek kullanılmaktadır. Bunlar:

1.Sayısal Harita Ölçeği

Harita ölçeği; çoğunlukla bir kesir ile ifade edildiğinden, sayısal harita ölçeği olarak tanımlanır. Matematiksel olarak;

$$\text{Harita Ölçeği} = \text{Harita Uzunluğu} / \text{Arazi Uzunluğu} = \text{HU} / \text{AU}$$

şeklinde ifade edilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus; arazi uzunluğunun daima yatay uzunluk olarak alınması gereğidir. Örneğin arazide 1 km olarak ölçülen bir yatay uzunluk, harita üzerinde 4 cm olduğuna göre harita ölçeğini belirlemek istersek,

$$\text{Harita Ölçeği} = 4 \text{ cm} / 1 \text{ Km} = 4 \text{ cm} / 100000 \text{ cm} = 1 / 25000 \text{ olarak bulunur.}$$

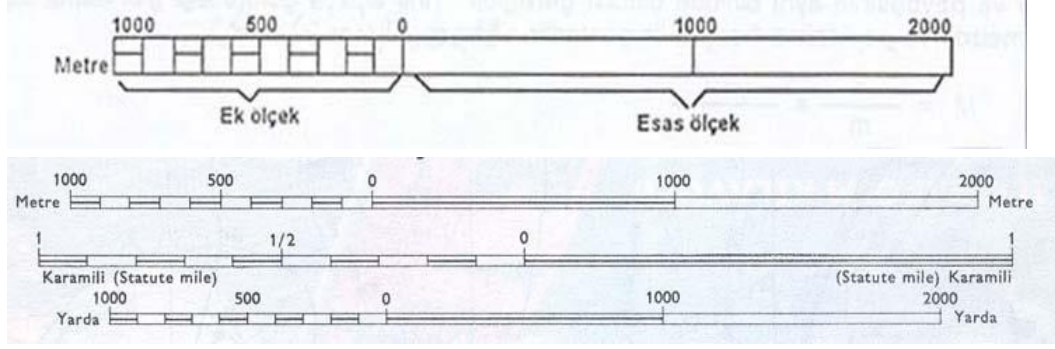
2.Çizgisel Ölçek (Grafik Ölçek)

Harita üzerinde ölçülen uzunlukları, arazi uzunluğuna sayısal ölçek yardımıyla çevirmek için hesaplama yapmak gerekir. Bu hesaplarla uğraşmamak için her haritada sayısal ölçek değerinin yanında, genellikle haritaların alt kitabesinin dışında çizgisel ölçek bulunur.

Çizgisel ölçek, haritadaki uzunlukların gerçek arazi uzunlukları olarak ölçülebildiği, harita üzerine basılmış bir cetveldir (şekil 5.38). Cetvelin bir (0) başlangıç noktası mevcuttur. Bu noktadan sağa doğru; uzunluk ölçüsünde kullanılması olası uzunluk birimlerine göre (km, kara mili, deniz mili, yarda) harita ölçeği dikkate alınarak

bölümler işaretlenmiştir. Bu bölüme esas ölçek denir. Sıfır noktasından sola doğru ana ölçeğin ondaları gösterilmiştir.

Bu bölüme de ek ölçek denir ve uzunlukları daha doğru (ondalarına kadar doğrudan) ölçmeye yarar.



Şekil 5. 24. Haritalarda çizgisel ölçek gösterimi (Durgut, 2005)

Çizgisel ölçek genelde iki durumda kullanılır.

1. Harita üzerinde ölçülen herhangi bir uzunluğun, arazide yatay uzunluk olarak doğal karşılığını bulmak,
2. Arazide ölçülen doğal bir yatay uzunluğu haritaya geçirmek için kullanılır.

Ölçeği Bilinmeyen Topoğrafik Haritalarda Ölçek Tayini

Harita, plan veya krokide; yırtılma, silinme vb. gibi nedenlerle ölçeğin bulunamadığı haller olabilir. Böyle durumlarda arazi uzunluğunun haritadan bulunabilmesi için öncelikle harita bulunması gerekir. Ölçek belirlemek için birkaç yöntem vardır.

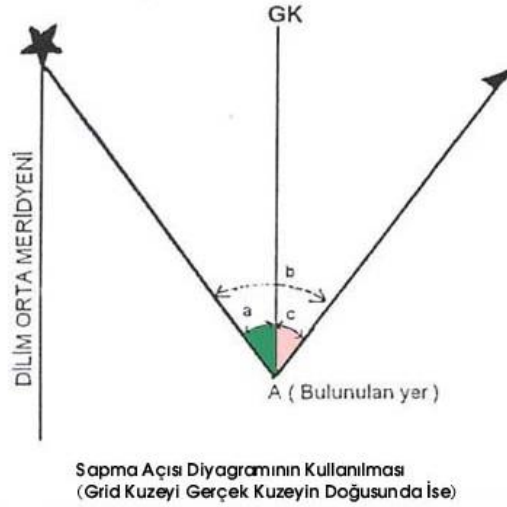
1. Harita Uzunluğunu, Arazi Uzunluğu İle Karşılaştırma:

- a. Önce hem harita, hem de arazide belli olan bir uzunluk harita üzerinde ölçülür (HU).
- b. Bu iki nokta arasındaki yatay uzunluk arazide ölçülür (AU).
- c. Ölçek tanımına göre; $\text{ÖLÇEK} = \text{HU} / \text{AU}$ hesaplanır.

5.2.8. Topoğrafik Haritalarda Yönlerin Kullanımı

Topoğrafik haritalarda başlangıç yönleri kullanılmaktadır (şekil 5. 39). Başlangıç yönleri;

- Grid Kuzeyi
- Manyetik Kuzey
- Gerçek Kuzey



Şekil 5 25. Haritalarda yön gösterimi (GK): Gerçek Kuzey) ve sapma açısı (Durgut, 2005)

5.2.9. Topoğrafik Haritalarda Kullanılan Açı Birimleri

1. Derece: Bir daire çevresinin 360 eşit bölümünden her birini merkezden gören açıya bir derece denir.

Grad: Bir daire çevresinin 400 eşit bölümünden her birini merkezden gören açıya bir grad denir.

3. Milyem: Bir daire çevresinin 6400 eşit bölümünden her birini merkezden gören açıya milyem denir.

Topoğrafik haritalarda açıları ölçmek, harita üzerinde ki; bir noktadan diğerine grid istikamet açısını bulmak, haritada bilinen bir noktadan grid istikamet açısı verilen bir istikameti çizmek için minkale adında ki açıölçer yani iletke kullanılmaktadır.

5.2.10. Topoğrafik Haritalarda Pusulanın Kullanımı

Pusula; üzerinde manyetik kuzeyi gösteren manyetik fosforlu bir ok ve farklı açı birimlerinde taksimatları olan bir döner kadrana sahip basit bir alettir (şekil 5.40). Manyetik fosforlu ok; dünyanın kendi eksenini etrafında saat yelkovanı aksi istikametinde dönmesiyle oluşan manyetik alanın yönünü (kuzeyi) gösterir.

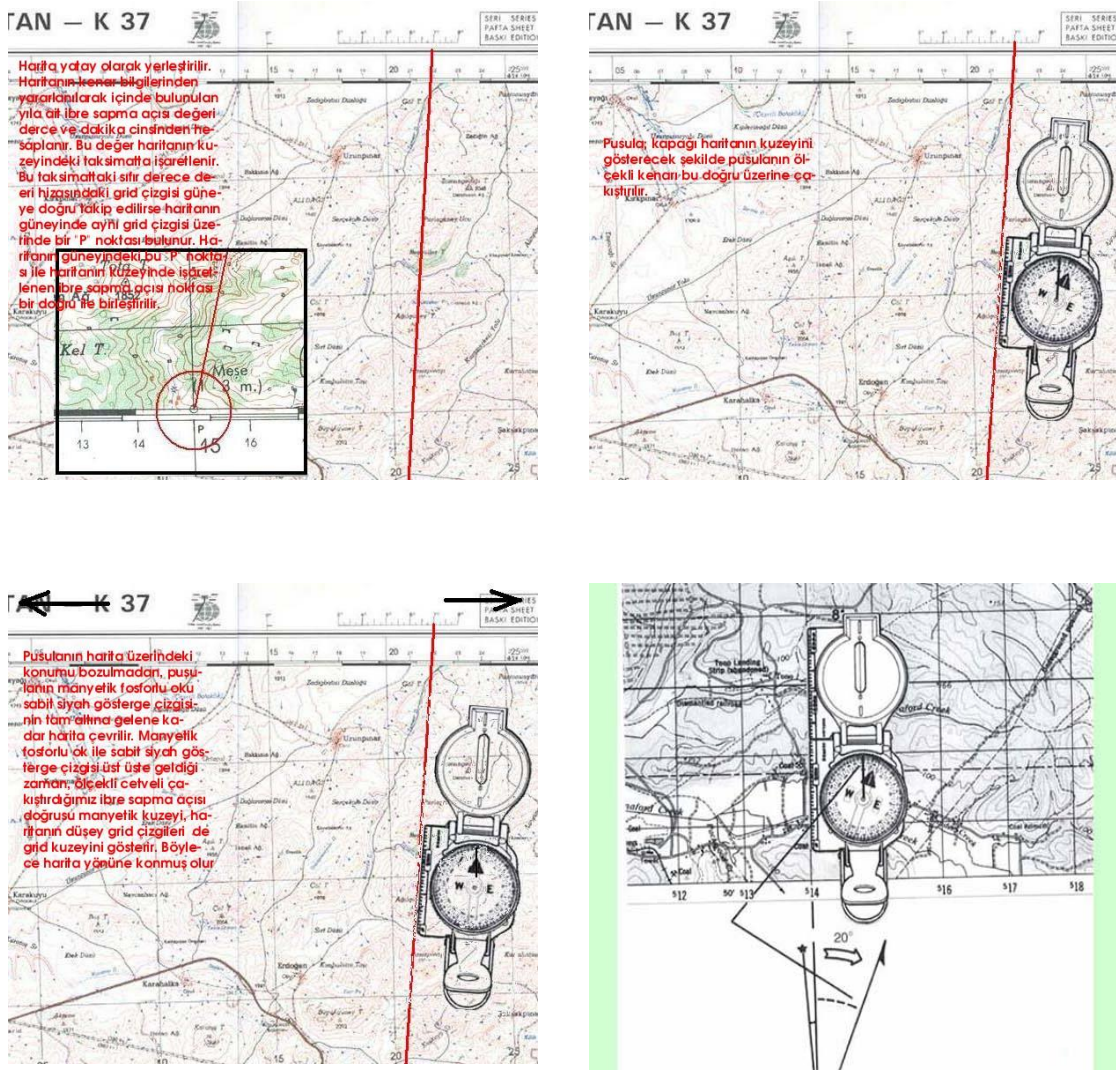


Şekil 5. 26. Pusula (Durgut, 2005)

Harita ile arazi incelemesi yapmadan önce harita yönüne konulmalıdır. Bunun için değişik yöntemler vardır.

1. Pusula ve "P" Noktası Yardımıyla Haritanın Yönüne Konulması:

Harita yatay olarak yere yerleştirilir. Haritanın kenar bilgilerinden yararlanılarak içinde bulunan yıla ait ibre sapma açısı değeri derece ve dakika cinsinden hesaplanır. Bu değer haritanın kuzeyindeki taksimatta işaretlenir. Bu taksimattaki 0° değeri hizasındaki grid çizgisi güneye doğru takip edilirse haritanın güneyinde aynı grid çizgisi üzerinde bir "P" noktası bulunur. Haritanın güneyindeki bu "P" noktası ile haritanın kuzeyinde işaretlenen ibre sapma açısı noktası bir doğru ile birleştirilir. Pusula; kapağı haritanın kuzeyini gösterecek şekilde pusulanın ölçekli kenarı bu doğru üzerine çakıştırılır. Pusulanın harita üzerindeki konumu bozulmadan, pusulanın manyetik fosforlu oku sabit siyah gösterge çizgisinin tam altına gelene kadar harita çevrilir. Manyetik fosforlu ok ile sabit siyah gösterge çizgisi üst üste geldiği zaman, ölçekli cetveli çakıştırdığımız ibre sapma açısı doğrusu manyetik kuzeyi, haritanın düşey grid çizgileri de grid kuzeyini gösterir. Böylece harita yönüne konmuş olur (Şekil 5.41).



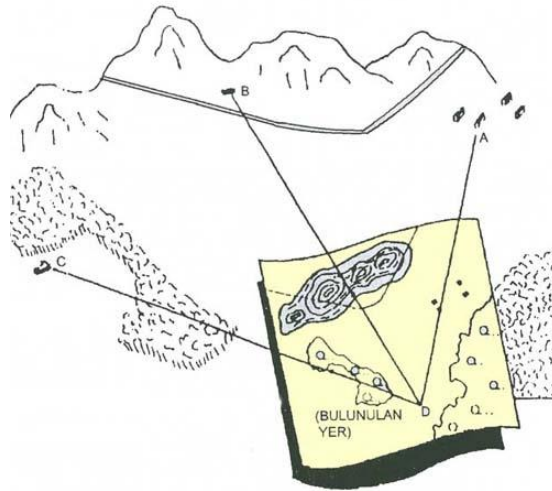
Şekil 5.27. Haritanın pusula yardımıyla yönüne yerleştirilmesi (Durgut, 2005)

2. Pusula İle Haritanın Yönüne Konulması:

Harita yatay olarak yere yerleştirilir. Harita kenar bilgilerinden yararlanılarak içinde bulunan yıla ait ibre sapma açısı değeri hesaplanır. Pusula; kapağı haritanın kuzeyini gösterecek şekilde, pusulanın ölçekli kenarı kuzey-güney uzanımındaki herhangi bir grid çizgisine çakıştırılır. Böylece sabit siyah gösterge çizgisi kuzey-güney uzanımındaki grid çizgilerine paralel olur. Pusulanın harita üzerindeki konumu bozulmadan, pusulanın manyetik fosforlu oku ile sabit siyah gösterge çizgisi arasında ibre sapma açısı kadar bir fark olana kadar harita çevrilir. Manyetik kuzey grid kuzeyinin doğusunda ise fosforlu ok sabit siyah gösterge çizgisinin solunda, manyetik kuzey grid kuzeyinin batısında ise fosforlu ok sabit siyah gösterge çizgisinin sağında olmalıdır.

Pusulasız haritanın yönüne konulması

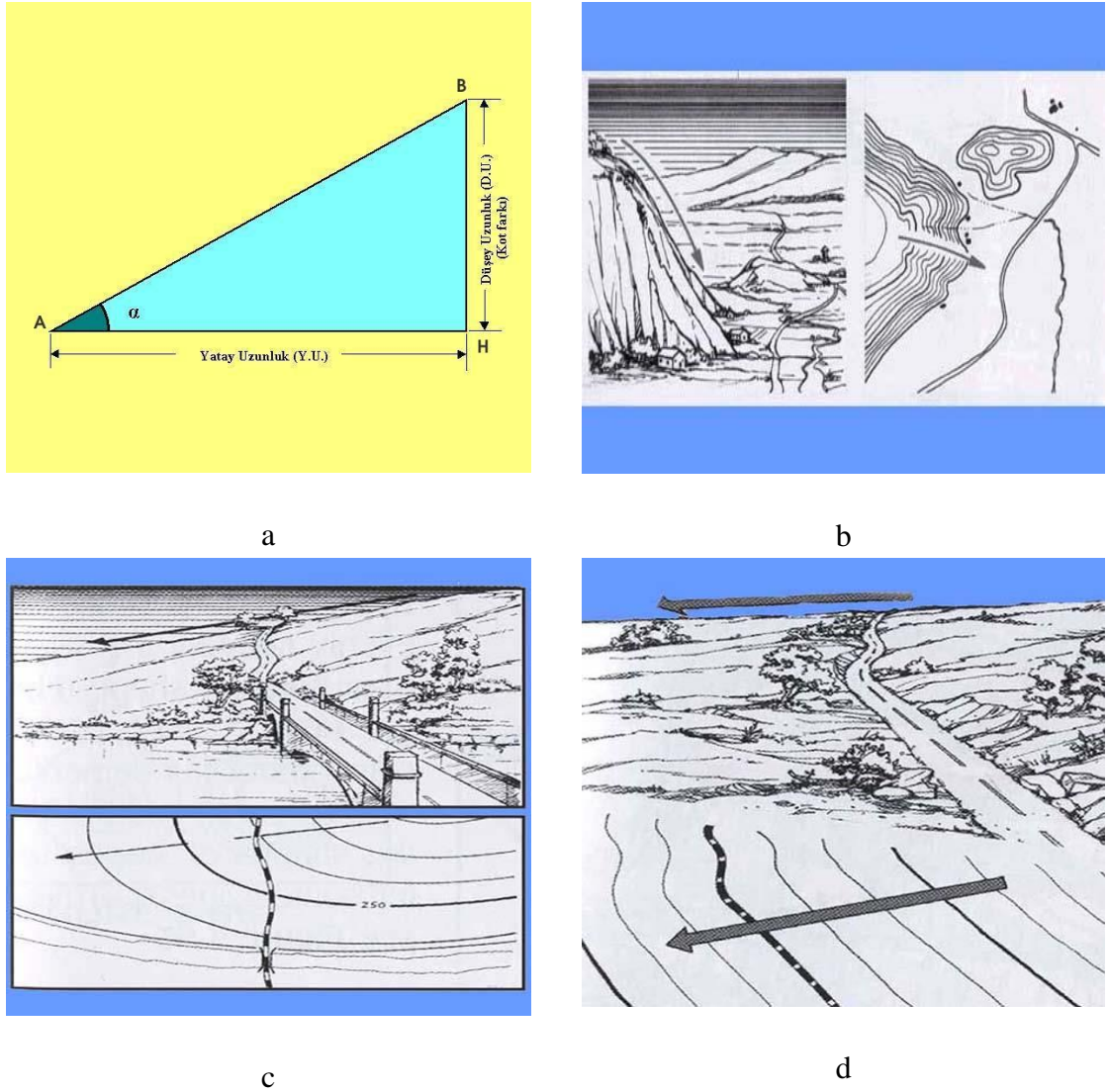
1. Bulunulan yer biliniyorsa, arazide tanınan ve bulunulan yerden görünen, haritada da mevcut iki veya üç nokta seçilir. Harita üzerinde, bulunulan noktadan seçilen noktalara doğrular çizilir. Çizilen bu doğrular arazideki aynı noktaları gösterecek şekilde harita çevrilerek yönüne konulmuş olur.
2. Bulunulan yer bilinmiyor fakat arazide tanınan ve haritada mevcut iki nokta varsa, yakın olan noktanın üzerine gidilir. Haritada diğer bilinen noktaya bir doğru çizilir. Bu doğru arazideki aynı noktayı gösterecek şekilde harita çevrildiğinde harita yönüne konmuş olur.
3. Arazide enerji nakil hattı, boru hattı, yol, çit gibi düz hatlar var ve bunlar haritada gösterilmişse, harita üzerindeki bu ayrıntılar arazideki aynı ayrıntıyla paralel olacak şekilde harita çevrilirse yönüne konmuş olur. Bu yöntemde tek bir ayrıntıyla yönüne koyma, yanlış ve ters istikamette olabilir. Bunu önlemek için varsa iki veya daha fazla ayrıntıdan yararlanılmalıdır (şekil 5.42).



Şekil 5. 28. Haritanın pusulasız yönüne konulması (Durgut, 2005)

5.2.11. Topoğrafik Haritalarda Eğimin Bulunması

İki nokta arasındaki doğrunun ufuk düzlemi (yatay düzlem) ile meydana getirdiği açıya o doğrunun eğimi denir (Şekil 5.43a). Arazi üzerinde herhangi bir doğrultunun eğimi; doğrultunun iki ucunda bulunan noktalar arasındaki kot farkının, (düşey uzunluğun), aynı noktalar arasındaki yatay uzunluğa bölünmesiyle bulunur (şekil 43b,c,d) . Eğimle ilgili her türlü bilinmesi veya bulunması gereken bilgi için eş yükseklik eğrilerinden yararlanır. Eğimler genellikle dik, orta ve yatık eğimler olarak sınıflandırılır.

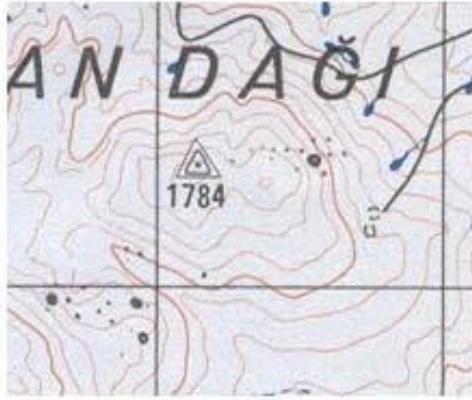


Şekil 5. 29. a)Eğim açısı ve b,c,d) eşyüksekti eğrilerinin arazide temsili görünümü
(Durgut, 2005)

5.2.12. Topoğrafik Haritalarda Yükseklik Bulma

Bir yerin deniz ortalama seviyesinden olan yükseklik veya alçaklık farkına rakım (kot) denir. Haritada bir yerin yüksekliğini bulmak için o yerin deniz ortalama seviyesinden ne kadar yüksekte olduğunu bilmek gerekir. Bunun için rakım bulma yöntemlerine geçmeden önce harita üzerinde kotu bilinen noktaları bilmekte yarar vardır. Bunlar;

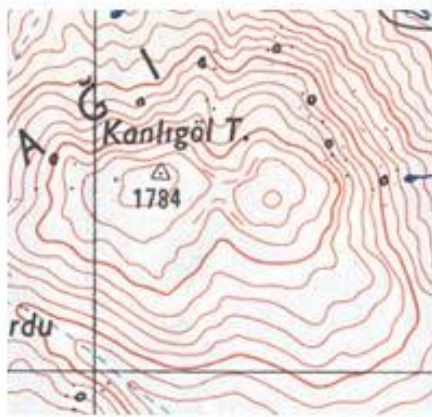
1. *Nirengi noktaları:* Nirengi noktaları, rakım değerlerinin özel işaretinin hemen altında yazılıdır. 4 tane nirengi noktası bulunmaktadır (şekil 5.44).
2. *Yükseklik noktası:* Harita üzerinde "x" şeklinde gösterilir. Özel işaretinin altında bulunan sayı noktanın rakımını gösterir.
3. *Kalın eş yükseklik eğrisi üzerinde yazılan rakım değerleri:* Kalın eş yükseklik eğrilerinin bazı yerleri kesilerek o eş yükseklik eğrisinin denizden olan yüksekliği eş yükseklik eğrisi renginde kesilen yere yazılmıştır. Bir noktanın rakımının bulunmasında noktaya en yakın kalın eş yükseklik eğrisi üzerindeki rakım bulunarak eş yükseklik eğrisi kalemin ucuyla noktaya doğru takip edilerek nokta civarına gelindiğinde diğer eş yükseklik eğrilerinden istifade ile noktanın rakımı hesaplanır.
4. *Deniz kıyı çizgisi:* Harita üzerindeki deniz kıyı çizgisinin değeri sıfırdır. Eğer bulunulan harita üzerinde deniz kıyı çizgisi mevcutsa buradan da rakım üretmek mümkündür (şekil 5.45).



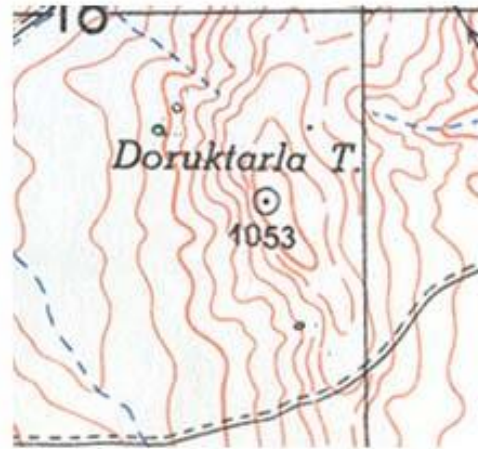
1'inci derece nirengi noktası



2'inci derece nirengi noktası

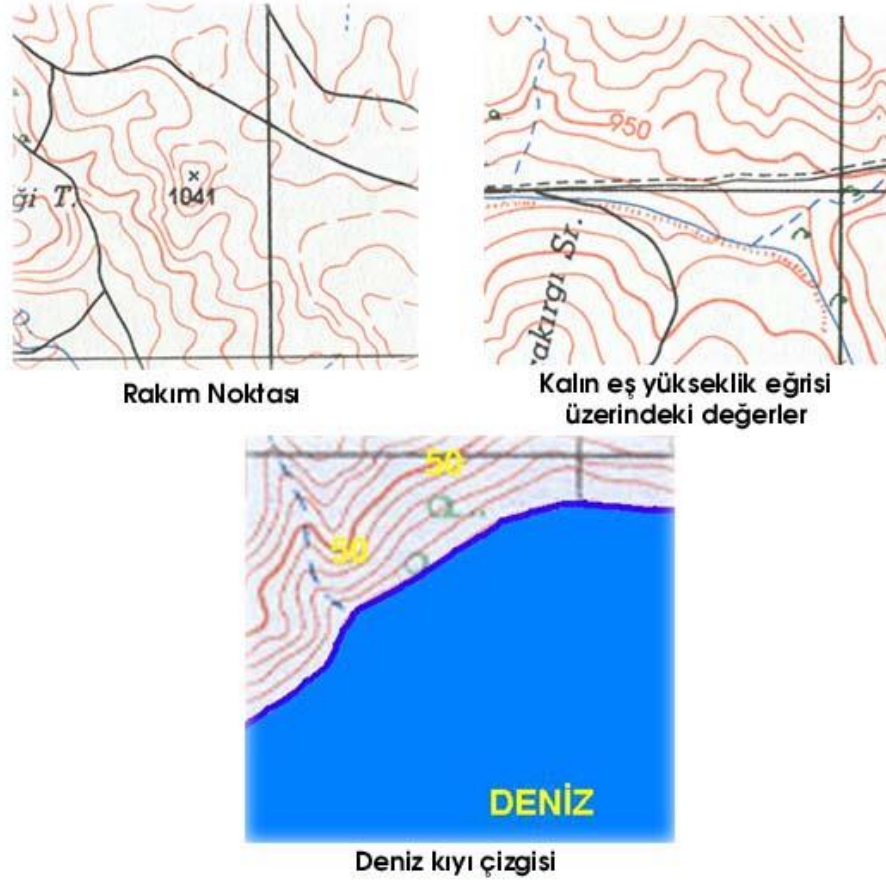


3'üncü derece nirengi noktası



4'üncü derece nirengi noktası

Şekil 5. 30. Nirengi noktalarının haritada gösterimi (Durgut, 2005)



Şekil 5. 31. Yükseklik noktaları, eş yükseklik eğrileri ve deniz kıyı çizgisi (Durgut, 2005)

Yükseklik Bulma Yöntemleri

1. Yüksekliği bulunması istenen nokta eş yükseklik eğrisinin tam üzerinde ise; noktanın rakımı eş yükseklik eğrisinin değeridir.
2. Yüksekliği bulunması istenen nokta bir tepe üzerinde veya çukurda ise; nokta bir tepe üzerinde ise bu tepenin zirvesine en yakın kalın eş yükseklik eğrisinin rakımı bulunur. Bunun için kalın eş yükseklik eğrisi üzerindeki rakım değerlerinden veya noktaya yakın nirengi noktası ya da rakım noktası değerlerinden yararlanılabilir. Tepeye en yakın kalın eş yükseklik eğrisinden noktaya doğru ince eş yükseklik eğrileri sayılır. Eş yükseklik eğrileri aralığı ile ince eş yükseklik eğrisi sayısı çarpılarak kalın eş yükseklik eğrisinin rakımına eklenir. Eğer tepe üzerinde yardımcı eş yükseklik eğrisi de bulunuyorsa eş yükseklik eğrileri aralığının yarısı, çıkan neticeye eklenir. Bu şekilde tepenin rakımı bulunmuş olur. Çukurlarda ise bu işin tersi yapılır.

3. Yüksekliği bulunması istenen nokta iki eş yükseklik eğrisi arasında ise; bu durumda orantı usulü kullanılır. Noktaya en yakın eş yükseklik eğrisinin değeri bulunur. Yüksekliği bulunan eş yükseklik eğrisi ile nokta arası ve daha sonraki eş yükseklik eğrisi arası bir doğru boyunca en kısa yoldan cetvel ile ölçülür. Elde edilen ölçülerle basit bir orantı kurularak hesap edilen ilave yükseklik, değeri daha önce bulunan en yakın eş yükseklik eğrisine ilave edilir.

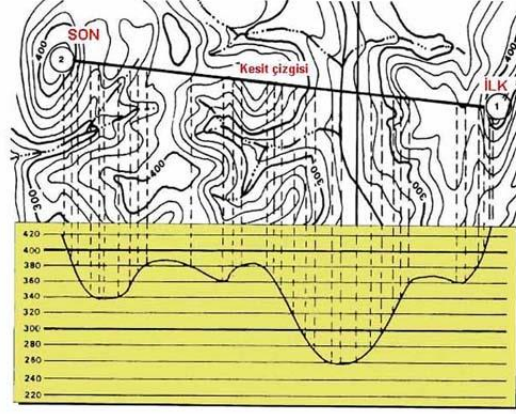
4. Acil durumlarda iki eş yükseklik eğrisi arasındaki bir noktanın rakımını bulmak; Bunun için iki eş yükseklik eğrisi arası yaklaşık olarak 4 eşit parçaya bölünür. 1/4 kısımları hangi eş yükseklik eğrisine yakın ise o eş yükseklik eğrisinin değeri noktanın yüksekliği olarak kabul edilir. Nokta iki tarafta olmayıp ortadaki 2/4 bölümlerinde ise, eş yükseklik eğrisi aralığının yarısı rakımı küçük olan eş yükseklik eğrisinin değerine ilave edilerek noktanın rakımı bulunmuş olur.

5.2.13. Topoğrafik Haritalarda Kesit Çıkarılması

Kesit; harita üzerinde bir doğrultu boyunca, iki nokta arasında veya doğrusal olmayan bir hat boyunca ölçekli yüzey çizgisidir. Bir diğer ifade ile arazi yüzeyindeki kesit hattı boyunca meydana gelen dalgalanmanın (yükselme veya alçalma) sürekli bir çizgiyle ölçekli olarak gösterilmesidir (Şekil 5.46). Belli bir istikamet boyunca araziye en iyi tanımlamanın yolu kesit çıkarılmasıdır (şekil 5.47). Kesit çıkarılırken iki ayrı ölçek kullanılır. Bunlar Yatay Ölçek ve Düşey Ölçektir.

Yatay Ölçek: Kesit üzerinde, kesit doğrultusu boyunca ölçülen mesafenin gerçek arazi uzunluğuna oranıdır. Kesit çıkarırken haritadan değiştirilmeden ölçü alınıyorsa yatay ölçek harita ölçeği ile aynıdır.

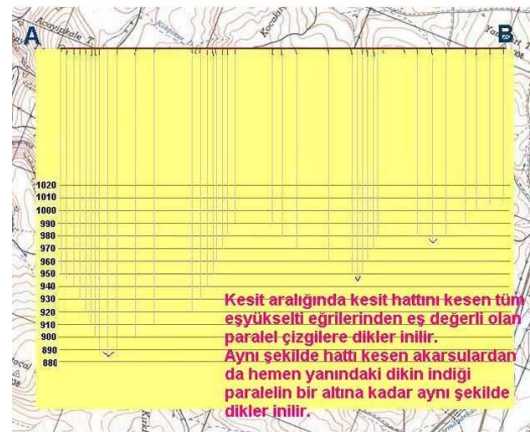
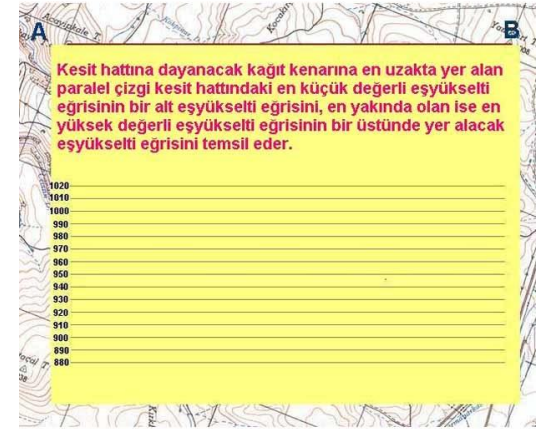
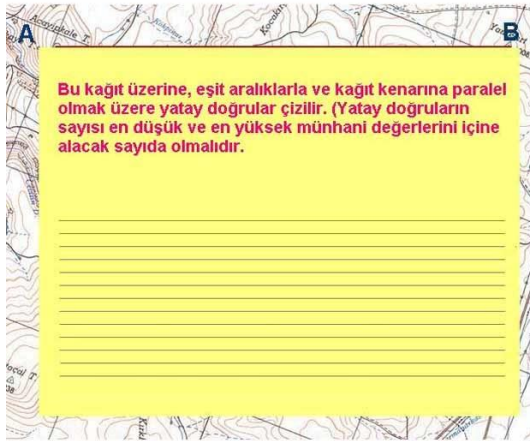
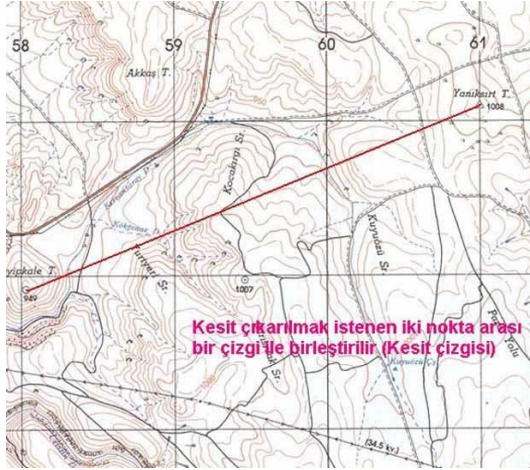
Düşey Ölçek: Kesit çizgisi haritadaki hem yatay mesafeleri hem de arazinin yükselme ve alçalma seyrini ifade etmektedir. Ancak yüzeydeki yükseklik farklarının harita ölçeği küçüldükçe Düşey ölçek matematiksel olarak abartma oranının yatay ölçekle çarpılması sonucu bulunur. (Düşey Ölçek = Yatay Ölçek x Abartma Oranı)



Şekil 5.32. Arazi kesiti (Durgut, 2005)

Kesit Alanının Kullanıldığı Yerler

1. Görünebilen ve görünmeyen bölgelerin işaretlenmesinde
2. Yol ve demiryolu yapımı planlanmasında,
3. Toprak yarma ve doldurma işleri planlamasında,
4. Arazi parçasının gerçek durumlarının araştırmasında,
5. Arazi parçasının eğiminin ölçülmesinde (düşey ölçek=yatay ölçek),
6. Enerji taşıma hatlarının projelendirilmesinde,
7. Sulama ve drenaj kanallarının projelendirilmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 5.33. Kesit çıkarmada izlenecek sıra(Durgut, 2005)

5.3. Hava Fotoğraflarının Özellikleri ve Yorumlanması

Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Kahramanmaraş

Hava fotoğrafları bir hava aracından (Uçak, helikopter, uçurtma, balon, uydu) çekilen ve belirli bir bölgeyi gösteren fotoğraflardır.

Hava fotoğrafları birinci dünya savaşında balon ve zeplinlerden, düşman bölgesinin gözetlenmesi amacıyla fotoğraf makineleri ile çekilmeye başlanmış, daha sonraları fotoğraf makinelerinin yerini geliştirilmiş hava kameraları almıştır. İkinci dünya savaşında, özel amaçla yapılmış uçaklara monte edilmiş bu kameralarla hedef bölgelerinin değişik açılarla bindirmeli ve bindirmesiz resimleri çekilmiştir. Kore harbinde Çinli gerillalar uçurtmalardan aldıkları hava fotoğrafları ile keşif görevleri yapmışlardır. Daha sonraları uzaktan kumandalı küçük model uçaklara yerleştirilen kameralarla bu görevlere devam edilmiştir.

Hava fotoğrafları toprak biliminde özellikle toprak etüd haritalama çalışmalarında uzun yıllar vazgeçilmez kartoğrafik material olarak rol oynadılar (Vink, 1964; FAO,1967). Günümüzde de halen yüksek çözünürlükleri, farklı kamera seçenekleri ve streeoskopik avantajları ile önemlerini korumaktadırlar (Aber ve ark. 2010).

Günümüzde uydulara yerleştirilen geliştirilmiş kameralarla bu teknik son derece ileri gitmiştir. Yüzlerce kilometre yükseklikten alınan bu fotoğraflar, bilgisayarlar yardımıyla, bölgesel büyütme yapılarak incelendiğinde en küçük ayrıntılar kıymetlendirilebilmektedir.

5.3.1.Hava Fotoğraflarının Kullanıldığı Alanlar

- a.Toprak etüd ve haritalama
- b.Toprak su koruma
- c.Tapu ve kadastro çalışmalarında,
- d. Kara yolu ve demiryolu yapımında yol güzergahının tespiti çalışmalarında,
- e. Jeolojik araştırmalar ve petrol aramalarında,
- f. Baraj inşaatlarında, sulama ve kurutma kanallarının yapımında.
- g. İmar çalışmalarında,
- h. Tarım çalışmalarında,
- i. Deniz trafiğine engel olabilecek engellerin tespitinde,

j. Orman amele planlarının yapımında,

k. Hava kirliliğinin tespiti çalışmalarında ve bunlar gibi daha birçok alanlardaki teknik çalışmalarda hava fotoğraflarından yararlanılmaktadır.

Bir harita çok seneler öncesi yapılmış olabileceği için, yapımından sonra meydana gelen yapay veya doğal değişimleri göstermez. Yakın bir süre önce alınmış bir hava fotoğrafı, bu haritanın yapımından beri geçen zamandaki bütün değişiklikleri de gösterir. Bu bakımdan harita ve hava fotoğrafları birbirini tamamlar, ikisini bir arada kullanarak elde edilebilecek bilgi toplamı, ikisinden birini kullanarak elde edilecek bilgiden daha fazladır.

5.3.2. Hava Fotoğraflarının Harita İle Karşılaştırma

1. Üstün Tarafları: Hava fotoğrafı, haritaya oranla aşağıdaki üstünlüklere sahiptir.

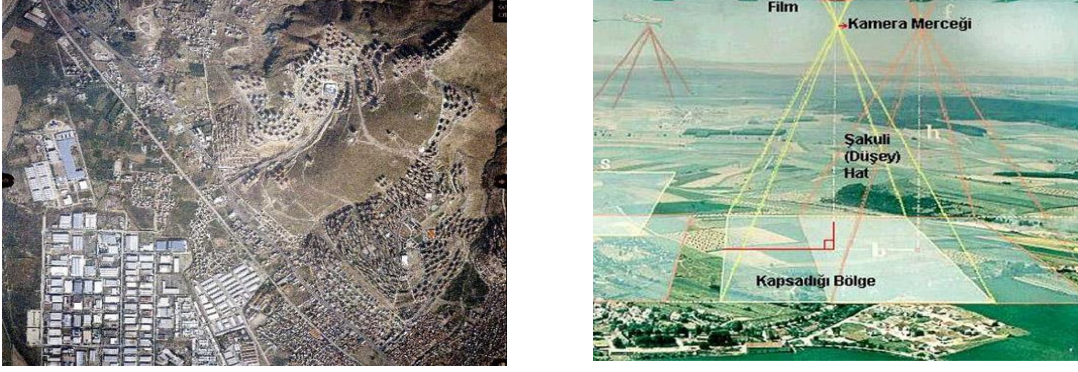
- a. Haritanın veremeyeceği şekilde arazinin resimli görüntüsünü verir.
- b. Haritadan daha kolay elde edilir. Çekimden sonraki bir kaç saat içinde fotoğraf hazır olabilir; buna karşın haritanın hazırlanması aylarca sürebilir.
- c. Belli bölgelerin, günlük gelişmelerinin karşılaştırılmasını sağlar
- d. Belli bir bölgedeki günlük değişikliklerin kalıcı ve nesnel bir kaydını verir.

2. Zayıf Tarafları: Harita ile karşılaştırıldığında hava fotoğraflarının aşağıda belirtilen zayıf tarafları vardır.

- a. Semboller kullanılmaksızın arazideki cisimlerin belirlenmesi ve vasıflandırması zordur.
- b. Konum ve ölçek sadece yaklaşık olarak verilebilir.
- c. Bindirmeli (orta alanlı) fotoğraflar ve üç boyutlu (stereoskopik) görme aleti (stereoskop) olmaksızın arazi yapısı ve üzerindeki ayrıntılar kolayca elde edilemez.
- d. Karşıt renk ve tonların azlığı nedeniyle, zayıf ışıkta fotoğrafı kullanmak zordur.
- e. Kenar bilgileri sınırlıdır.
- f. Hava fotoğraflarını kullanabilmek için daha fazla eğitime ihtiyaç vardır.

5.3.3.Düşey Hava Fotoğrafı

Hava fotoğrafları düşey (şekil 5.48) ve eğik (şekil 5.49 ve 50) olmak üzere iki esas tipe ayrılabilir. Fotoğraf alındığı anda kameranın yeryüzüne göre durumu fotoğraf tipini belirler.



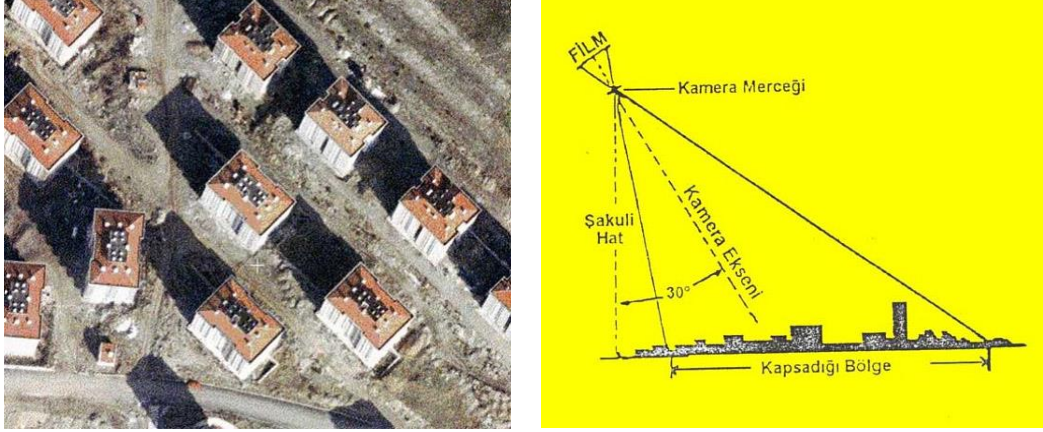
Şekil 5. 34.Düşey Hava Fotoğrafının Yerle İlişkisi (Durgut, 2005)

Düşey fotoğraf, kamera optik eksenini tam dikey (şakül doğrultusunda) konumda iken alınan fotoğraftır. Düşey bir fotoğraf aşağıda belirtilen özelliklere sahiptir.

1. Mercek eksenini yeryüzüne dikey durumda olur.
2. Nispeten küçük bir alanı kapsar
3. Düşey hava fotoğrafının kapladığı alan kare veya dikdörtgen olur.
4. Yukarıdan bakış şeklinde alındığı için, arazinin alışılmamış bir görüntüsünü verir.
5. Düz arazide fotoğraf üzerindeki uzunluk ve istikametlerin doğruluğu haritadaki doğruluğa yaklaşıp.
6. Yeryüzünün çukurluk ve kabartıları, ilk bakışta anlaşılacak şekilde belirli değildir.

5.3.4.Alçak Eğik Hava Fotoğrafı

Alçak eğik hava fotoğrafları kamera optik ekseninin, çekül doğrultusundan yaklaşık $\pm 30^\circ$ ye kadar eğik olduğu halde çekilmiş fotoğraflardır.



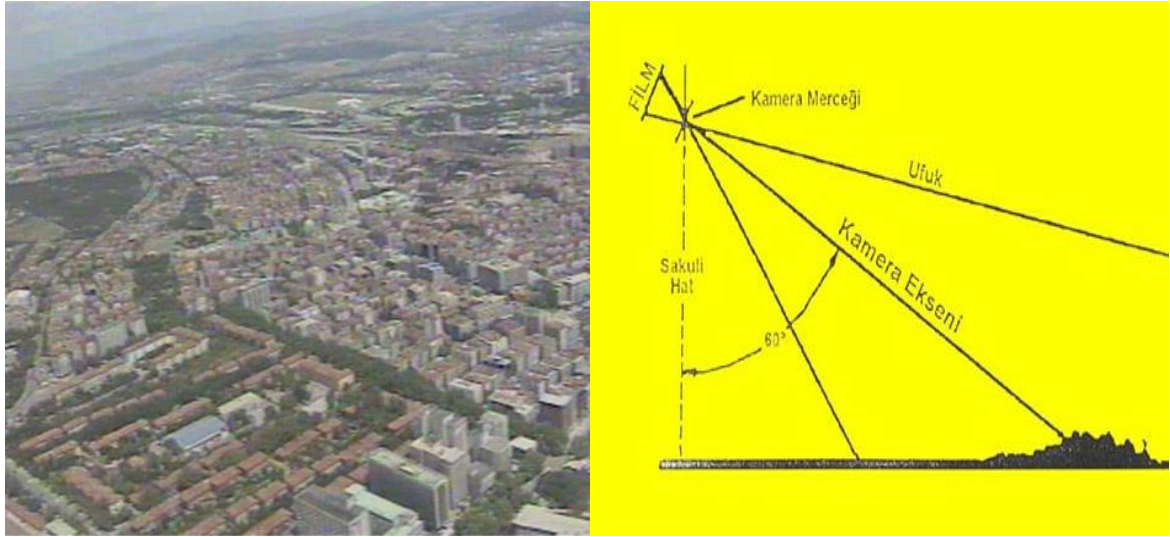
Şekil 5. 49. Alçak Eğik Hava Fotoğrafının Yerle İlişkisi (Durgut 2005)

Bölgeyi incelemek için veya keşif yapılırken harita yerine veya haritayı tamamlayıcı olarak kullanılır. Alçak eğik hava fotoğrafı aşağıda belirtilen özelliklere sahiptir:

1. Belirli ve nispeten küçük bir bölgeyi kapsar.
2. Fotoğraf, kare veya dikdörtgen olduğu halde, kapladığı bölge bir ikizkenar yamuk biçimindedir.
3. Yüksek bir bina veya tepeden bakılıyormuş gibi arazi ve cisimler daha alışılmış bir görüntü arz eder.
4. Fotoğrafın tamamı için geçerli bir ölçek yoktur ve mesafe ölçülemez. Arazideki paralel hatlar, fotoğrafta paralel değildir; bu nedenle yön (istikamet açısı) ölçülmez.
5. Yer şekli ve kabartılar, ayırt edilebilirse de biçimleri değişmiş olarak görünürler.
6. Fotoğraf üzerinde ufuk görünmez.

5.3.5.Yüksek Eğik Hava Fotoğrafı

Kamera optik ekseninin şakul doğrultusundan yaklaşık $\pm 60^\circ$ ye kadar eğik olduğu halde çekilmiş fotoğraflardır. Esas itibariyle havacılığa ait krokilerin hazırlanmasında kullanılır.



Şekil 5.35.Yüksek Eğik Hava Fotoğrafının Yerle İlişkisi (Durgut 2005)

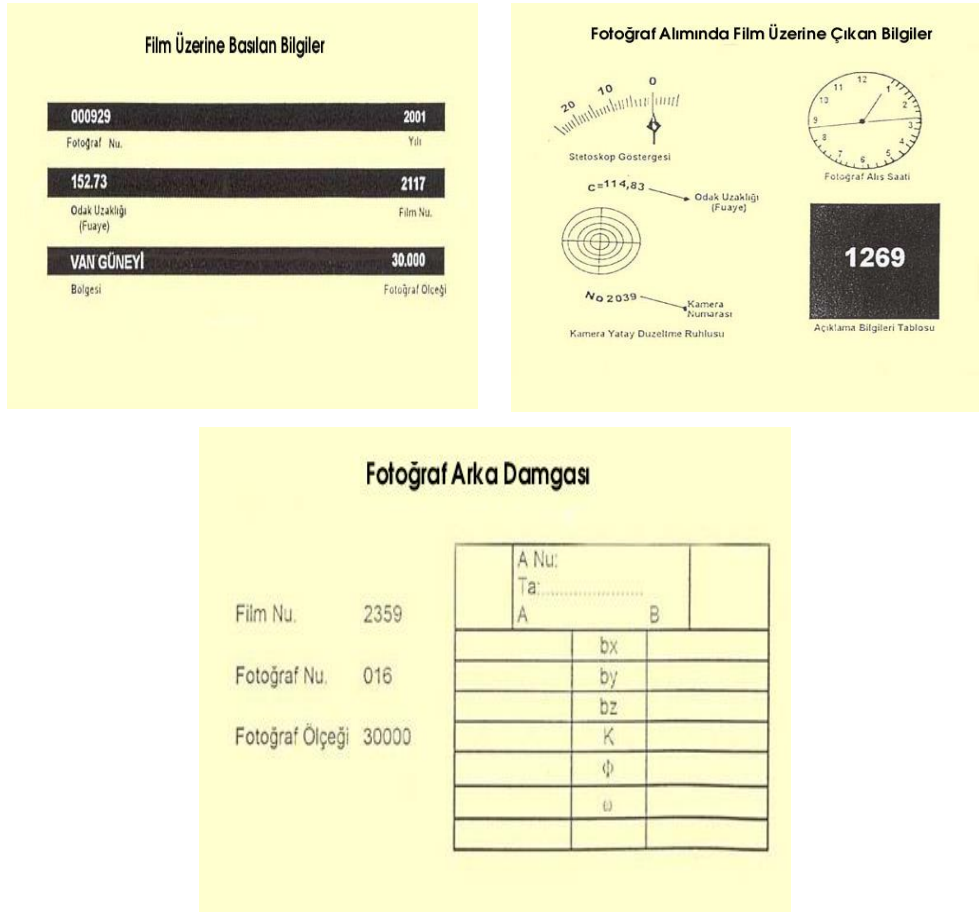
Yüksek eğik bir hava fotoğrafı aşağıda belirtilen özelliklere sahiptir:

1. Geniş bir alanı kapsar. (Tamamı kullanılmayabilir.)
2. Fotoğraf bir kare yada dikdörtgen olduğu halde, kapsadığı alan ikizkenar yamuktur.
3. Görünüş fotoğrafın alındığı yüksekliğe göre değişir.
4. Alçak eğik hava fotoğraflarında açıklanan nedenlerden dolayı bu fotoğraflarda da mesafe ve yön ölçülemez.
5. Yeryüzü şekilleri çok az ayırt edilebilirse de, her eğik fotoğrafta olduğu gibi biçim değişikliklerine uğramıştır. Uçuş yüksekliği çok fazla olan yüksek eğik hava fotoğraflarında, yeryüzü şekilleri belirsizdir.
6. Bu fotoğraflarda ufuk daima görülür.

5.3.6.Numaralama ve Başlık Bilgileri

Her hava fotoğrafının kenarında, fotoğrafı kullanan için çok önemli ve değerli olan bilgiler de yer almaktadır. Bu bilgilerin düzeni, tipi ve sayısı standart bir duruma sokulmuş ise de ikinci dünya savaşından bu yana, kamera, film ve havacılık teknolojisindeki hızlı gelişme, hava fotoğraflarının numaralama ve başlık bilgilerinde türlü değişiklikler olmuştur. Bunun sonucu olarak, fotoğrafı kullanan eski hava fotoğrafları ile yenileri arasında kenar bilgileri bakımından değişiklikler bulacaktır. Bazı kamera sistemlerinde kimi bilgiler, her fotoğraf üzerine, alım sırasında kendiliğinden kayıt edilir. Bazı kamera sistemlerinde ise, başlık bilgileri film üzerine sonradan eklenir.

Hava fotoğraflarının üzerinde bulunan standart başlık ve bilgiler şekillerde görülmektedir (şekil 5.51.)



Şekil 5 36 .Kenar Bilgileri (24x24 cm Ebadlı) (Durgut 2005)

3. Yabancı Ülkelerin hava fotoğraflarına ait kenar bilgileri hususunda örnek bir bilgi vermek amacıyla ABD de uygulanan fotoğraf kenar bilgileri aşağıda gösterilmiştir.

- Negatif film numarası,
- Kamera durumu,
- Fotoğrafi alan birlik adı,
- Kuvvet (Kara, Hava, Deniz),
- Uçuş veya görev numarası,
- Tarih (= işaretinden sonra),
- Zaman grubu ve zaman harfi (GMT = Greenwich ortalama zamanı),
- Odak uzaklığı,
- Yükseklik,

- j. Fotoğraf veya görüntünün cinsi,
- k. Coğrafi koordinatlar,
- l. Tanımlayıcı başlık,
- m. Proje numarası ve adı,
- n. Kamera tipi ve seri numarası,
- o. Koni seri numarası (varsa),
- p. Mercek tipi ve seri numarası,
- r. Kaset tipi ve seri numarası,
- s. Kullanılan fotoğraf filtresinin tipi,
- t. Gizlilik derecesi.

4. Otomatik olarak kaydedilmiş bilgiler bazı hallerde, yukarıda belirtilen sıradan farklı sırada olabilir, fakat fotoğrafı kullanacak olanlar için aynı bilgiler bulunur.

5.3.7. Hava Fotoğraflarının Ölçeğinin Bulunması

Bir hava fotoğrafının, harita yerine veya haritaya yardımcı olarak kullanılması için, önce, ölçeğinin bulunması gerekir. Düşey bir hava fotoğrafının, yaklaşık veya ortalama ölçeği, karşılaştırma yöntemi veya odak uzaklığı uçuş yüksekliği yöntemiyle tayin edilir (şekil 5.52a ve b) .

Odak Uzaklığı Yöntemi: Bir fotoğraf üzerinde de Odak uzunluğunun(f), Yerden Yüksekliği (h) oranı fotoğraf ölçeğini verir.

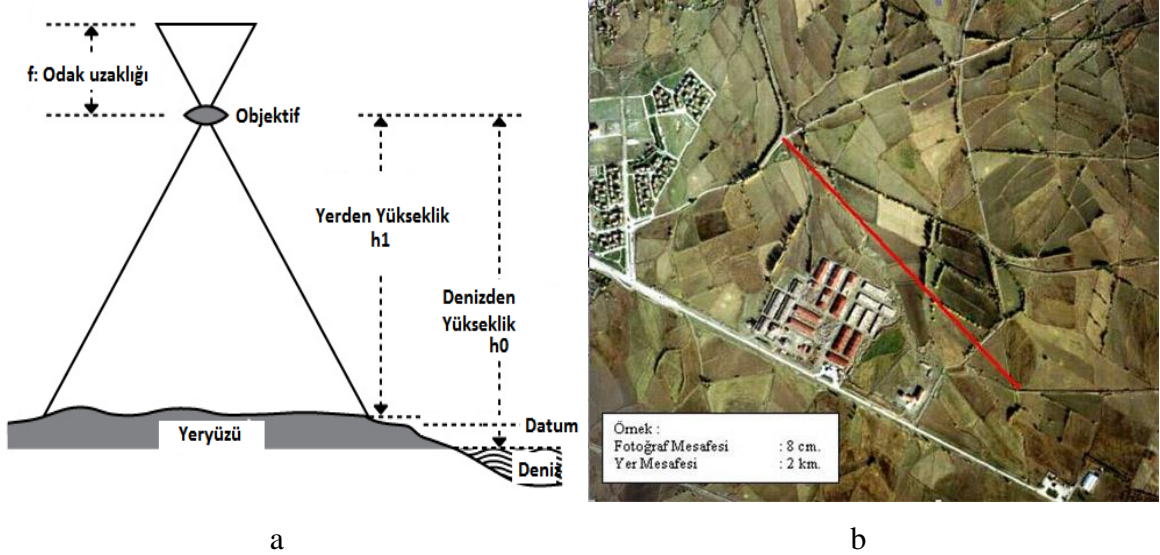
$$(Z_m = f / h) \text{ verir.}$$

Eğer arazi eğimli ise arazinin otamlı yüksekliği (Datum) hesaplanarak; odak uzaklığı datuma oranlanıp ölçek bulunur(Zd).

Karşılaştırma Yöntemi: Düşey bir hava fotoğrafının ölçeği, bu fotoğraf üzerindeki iki nokta arasında ölçülen mesafenin, arazide, aynı iki nokta arasındaki mesafeye oranı ile bulunur.

$$\text{Sayısal Ölçek} = M = \text{Fotoğraf Uzunluğu} / \text{Arazi Uzunluğu} = FU / AU$$

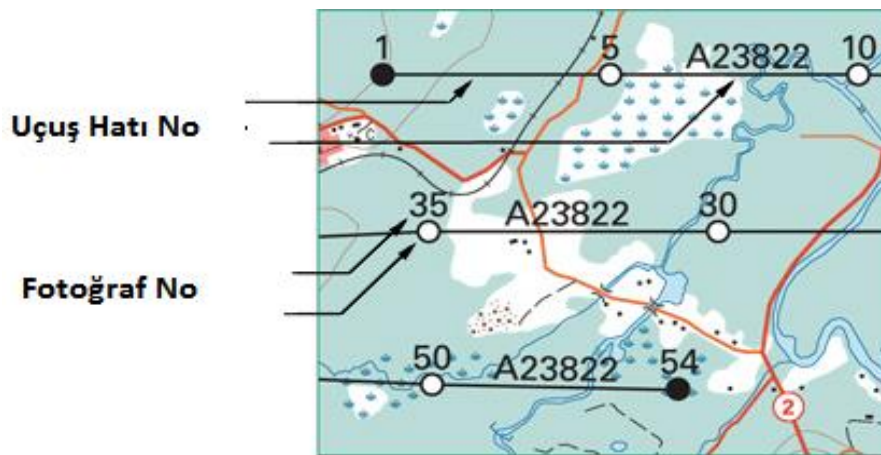
Arazi uzunluğu, arazide doğrudan ölçü yaparak veya aynı bölgenin haritasından alınarak tayin edilir. Fotoğraf üzerinde seçilen iki nokta, arazide veya aynı bölgenin haritası üzerinde kesinlikle tanınmalı ve bu iki noktayı birleştiren doğru, fotoğrafın merkezinden veya yakınından geçmelidir.



Şekil 5.37. a) Fotoğraf ölçeğinin odak uzaklığıyla (Karşlı, 2014) ve **b)** karşılaştırma yöntemiyle (Durgut, 2005) ile hesaplanması

5.3.8. Hava Fotoğraflarını Sıraya Koyma (İndeksleme)

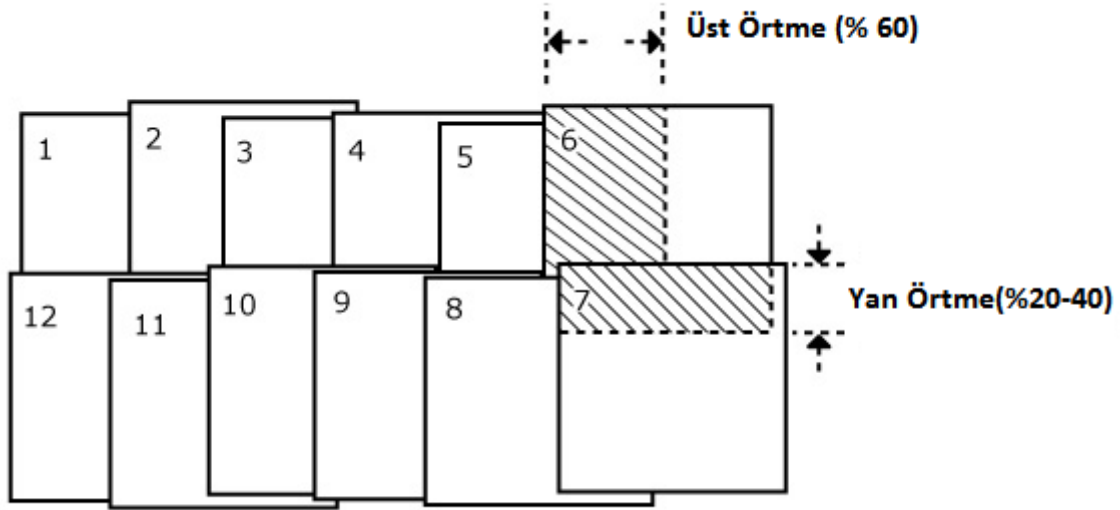
Fotoğrafları sıraya koymak için foto indeks haritaları hazırlanır. Bu Haritalarda uçuş hattı numarası, fotoğraf başlangıç , son ve orta numaraları belirtilir (şekil 5.53).



Şekil 5. 38. Foto indeks haritası (NRCS,2015)

5.3.9. Hava Fotoğraflarında Örtme

Hava fotoğraflarında stereoskopik görünüş sağlanması için, fotoğraflar belirli oranlarda bindirmeli çekilirler. Buna örtme denir. İki tür örtme vardır. Üst örtme ve yan örtme (şekil 5.54). *Üst örtme* aynıuçuş hattı üzerinde birbirini takip eden fotoğrafların bindirme oranını ifade eder. Yaklaşık % 60 oranındadır. *Yan örtme* ise koşu uçuş atlarındaki fotoğrafların bindirme oranıdır. Bunun oranı ise %20-40 arasında değişir.



Şekil 5. 39. Hava fotoğraflarında üst örtme ve yan örtme

Bir bölgenin hava fotoğrafları alındığında her fotoğrafın kapsadığı sahanın gösterilmesi gerekir. Üzerinde, her fotoğrafın kapsadığı bölge işaretlenmiş, fotoğraf numaraları yazılmış veya sıraya konulmuş haritaya sıralama (indeks) haritası adı verilir. Sıralama (indeks) haritaların hazırlanması için iki yöntem vardır: Dört Köşe Yöntemi ve Kalıp Yöntemidir.

5.3.10. Hava Fotoğraflarının Yönüne Konulması

Fotoğrafın yönüne konulması çok önemlidir. Çünkü, fotoğrafın yeri ve yönleri bilinmedikçe harita yerine veya haritaya yardımcı olarak kullanılması mümkün değildir. Hava fotoğraflarının yönüne konması, elde bölgenin haritası olduğuna ve olmadığına göre, aşağıdaki yöntemlerle yapılır.

1. Tetkik Yöntemi: Bu yöntem için hava fotoğrafının bulunulan bölgeye ait olması gerekir. Görüş sahası geniş olan bir yerde durulup etraftaki arazi incelenir. Belli başlı arazi arızaları (yollar, kavşaklar, akarsular, köprüler, yerleşim yerleri, büyük binalar vb.) tespit edilir. Bunların fotoğraf üzerindeki izdüşümleri bulunur. Fotoğraf izdüşümler, arazideki istikametlerine denk gelinceye kadar çevrildiğinde, fotoğraf yönüne konmuş olur.

2. Harita ve Pusula Kullanma Yöntemi: Bunun için fotoğrafın çekildiği bölgenin haritasının elde bulunması gerekir. Önce, harita pusula yardımı ile yönüne konur, bundan sonra fotoğraftaki belli başlı arazi arızalarının harita üzerindeki izdüşümleri bulunur. Fotoğraf, bu izdüşümlerle aynı istikamete gelecek şekilde çevrilecek olursa yönüne konmuş olur.

3. Gölge Yöntemi: Fotoğraf, bulunduğumuz bölgeye ait değilse ve o bölgeye ait harita da elimizde yoksa bu durumda fotoğrafın yönlendirilmesi gölge yöntemine göre yapılır ve gölgelerden yararlanılarak yaklaşık olarak kuzey istikameti tayin edilebilir. Bu yöntem tropik bölgeler (güneşin mevsimlere göre eğik olarak geldiği bölgeler) dışında tavsiye edilmez (Şekil 5.55).



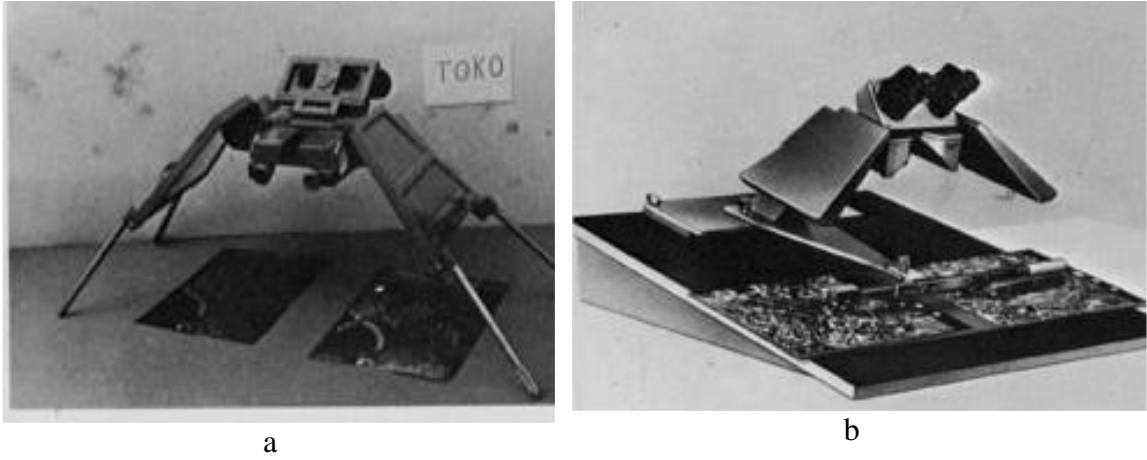
Şekil 5.40. Hava fotoğrafının gölge yöntemiyle yönüne konulması (Durgut, 2005)

5.3.11. Hava Fotoğraflarının Yorumu Hazırlanması

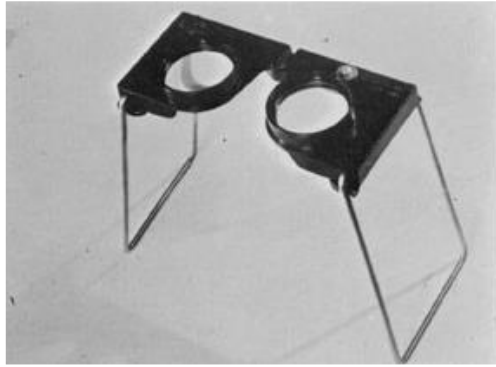
Foto Yorum Ekipmanları

Foto yorumlamada kullanılan başlıca araç ve gereçler, stereoskop, skatch master ve paralaks ölçer çubuğudur (Şekil 5.56,57, 58). Stereoskoplar hava fotoğraflarında stereoskopik görünüm sağlanması amacıyla kullanılır aynalı stereoskop ve cep stereoskopu olmak üzere iki tipi vardır. Streometre ler ağaç bina gibi varlıkların boylamının

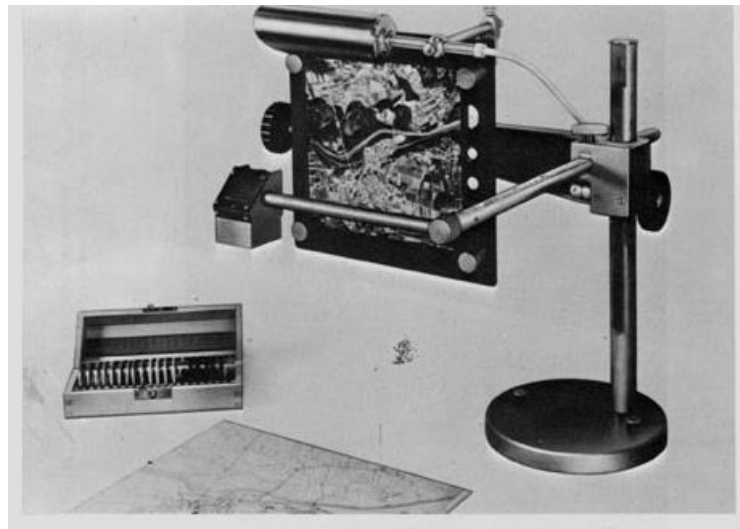
hesaplanmasında kullanılır. Sketch master cihazları hava fotoğrafındaki sınırların topografik haritaya aktarılmasını sağlar.



Şekil 5. 41. a) Aynalı streoskop ve b) streometer (Paralaks ölçme barı) (Goosen, 1965)

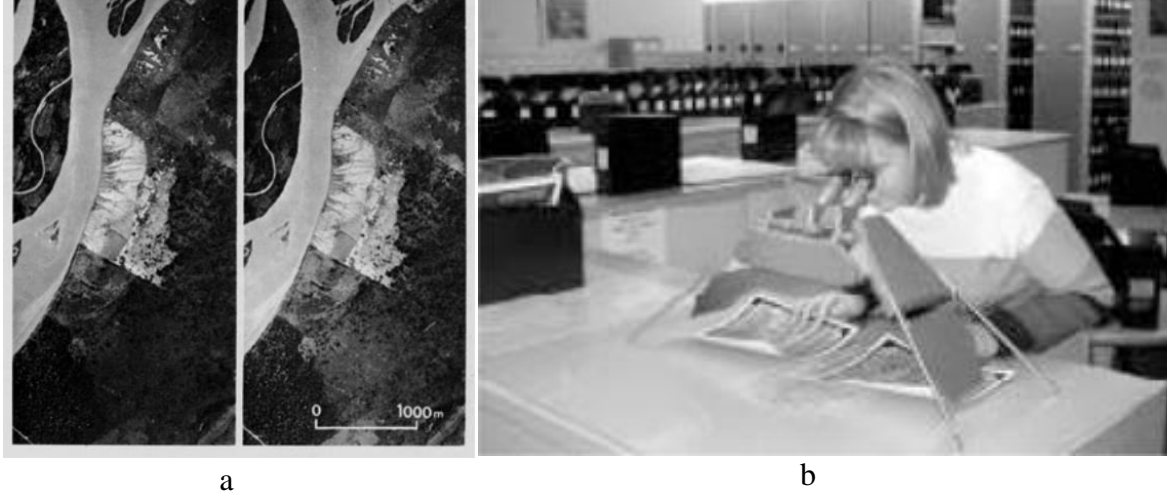


Şekil 5. 42. Cep streoskopu (Goosen, 1965)

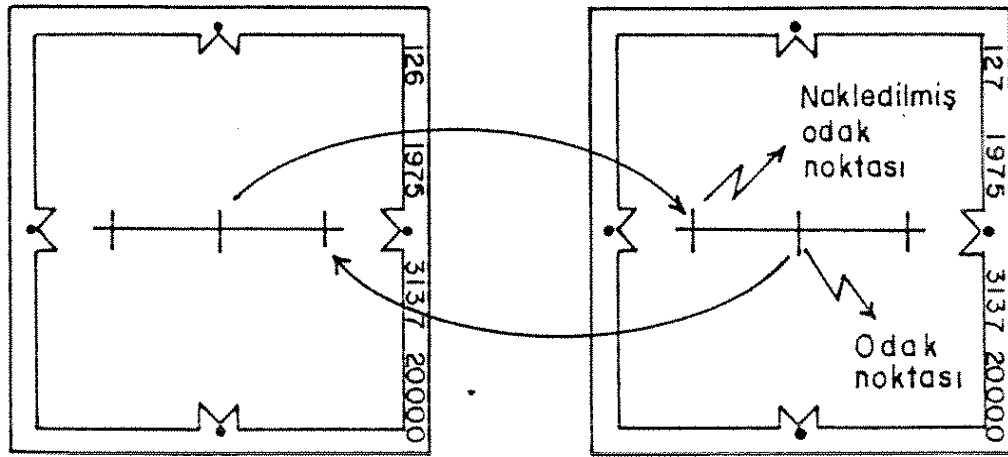


Şekil 5.43. Scatch master (Goosen, 1965)

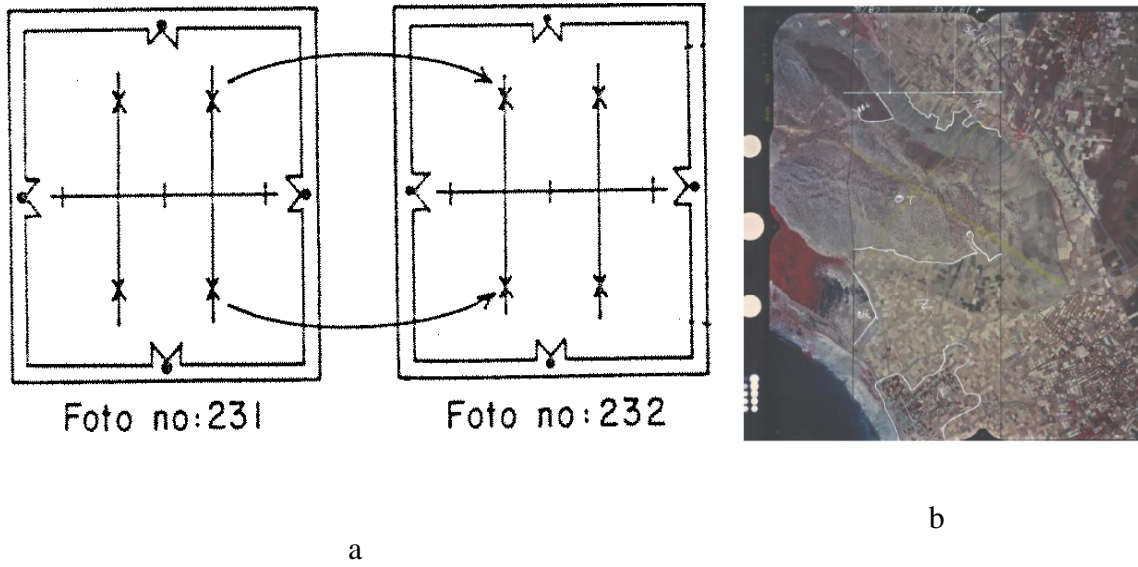
Hazırlık aşaması hava fotoğraflarının yönlerinin bulunması, stereoskopik göntünün sağlanması (şekil 559, fotoğraf odak noktalarının belirlenmesi ve komşu fotoğraflara aktarılması(şekil 5.60) ile çalışma sınırlarının fotoğraf üzerine çizilmesini(şekil 5.61) kapsar.



Şekil 5.44. a) Streo çift fotoğraflar (Goosen, 1965) ve b) stereoskopik görünüşün sağlanması (NRC,2015)



Şekil 5.45. Fotoğraf odak noktasının belirlenmesi ve komşu fotoğrafa aktarılması (Şenol ve Dinç,1994)



Şekil 5.46. a) Hava fotoğrafında çalışma sınırlarının komşu fotoğrafa aktarılması (Şenol ve Dinç, 1994) ve çalışma sınırının belirlenmesi (Anonim, 2015)

5.3.12. Hava Fotoğraflarının Yorumlanması

Toprak etüd haritalama çalışmalarında hava fotoğraflarının (bugün uydu görüntüleri de dahil) kullanılması çok önemli avantajlar sağlamaktadır. Buringh (1960), hava fotoğraflarının yararlarını beş grupta toplamaktadır. Bunlar;

- Toprak haritalarının doğruluklarının artırılması; toprak kontrolleri ne kadar hassas yapılırsa yapılırsa arazide toprak sınırlarını yakalamak oldukça güçtür. Hava fotoğrafları stereoskopik yetenekleri ve renk notu ile toprak sınırlarının oldukça doğru olarak belirlenmesine yardım etmektedir.
- Zaman tasarrufu; Toprak etüd haritalarının hazırlanmasının zamanının önemli bir kısmı arazide burğu ile toprak sınırlarının kontrol edilmesine harcanmaktadır.
- Maliyetleri azaltmak; başta işgücünün azalmasına bağlı olarak toprak etüd haritalama masraflarında önemli oranda azalma sağlanmaktadır.
- Etkinlik; toprak etüd haritalamanın planlanmasından, çalışma alanı hakkında daha kolay ve fazla bilgi edinilmesine; daha yoğun çalışma olanaklarından diğer uzmanlardan yararlanma imkânlarına kadar birçok avantaj toprak etüd çalışmalarının daha etkin yürütülmesini sağlamaktadır

e) Yeni olanaklar; toprak sınırlarının hava fotoğrafları üzerine çizilmesiyle toprak etüd raporlarının daha kullanışlı olması, zorlu koşullara sahip arazilerde çalışma olanağı, yarı detaylı toprak etüdlere yapımı, toprak etüdlere farklı aşamalarında çeşitli tip toprak haritası üretme olanağı sağlaması gibi yaralar sağlamaktadır.

Hava fotoğraflarının yorumlanmasında fotoğrafları iki temel bileşenden yararlanır. Birincisi hava fotoğraflarının gri tonlarıdır. Yeryüzündeki cisimler farklı yansıma özelliğine sahiptirler. Bu yüzden de fotoğraf üzerinde farklı gri ton da görülürler. Diğer arazinin rölyefidir ki streoskopik görüş olarak adlandırılır. Fotoğrafın bu iki özelliği aynı zamanda haritalardan en önemli üstünlükleridir.

Bir hava fotoğrafındaki görüntü, yukarıdan aşağıya doğru bakıldığı zamanki görüntü olduğu için, alışılmamış bir görüntüdür. Fotoğraf alımı çok yüksekten (1000-2000 m) yapıldığından yeryüzü şekillerinin boyutları çok küçülmüş ve biçimleri değişmiş olarak görülür. Genellikle hava fotoğraflarında bütün renkler gri rengin değişik tonlarıdır. Genel olarak doğal renk ne kadar koyu ise fotoğrafta da o kadar koyu çıkar.

Hava fotoğraflarındaki streoskopik görünüm arazinin abartılmış rölyefini verir. Bu arazideki çok küçük rölyef farklılıklarının da algılanmasını sağlar. Ancak abartılmış streoskopik rölyefi gerçek rölyefle uyumlulaştırmak için belirli bir eğitim ve deneyime gerek vardır.

Hava fotoğraflarının yorumlanması başlıca üç aşamada gerçekleştirilir (Vink, 1964):

- a. Tanıma ve tanımlama
- b. Analiz
- c. Sınıflandırma

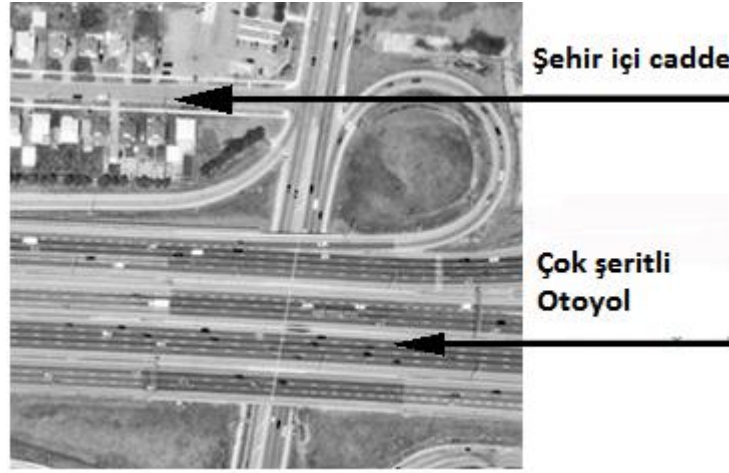
Tanım ve tanımlama aşaması

Hava fotoğrafının tanım ve tanımlanmasında, esas olarak aşağıda belirtilen öğeler göz önünde tutulur. Bunlardan hiç biri yalnız başına kesin tanımayı sağlamaz. Hangi analiz yöntemi kullanılırsa kullanılsın bu öğelerin hepsinin birlikte değerlendirilmesi gerekir:

Foto yorumlamanın bu ilk aşaması dağ, tepe, vadiler, akarsu ve kültürel yapılar gibi özgün objelerin ayırt edilmesi ile başlar. Tanım ve tanımlama aşaması, “tesadüfi bir bakış “ değil “mantıksal bir inceleme” ile tüme varım olgusudur (Buringgh. 1960).

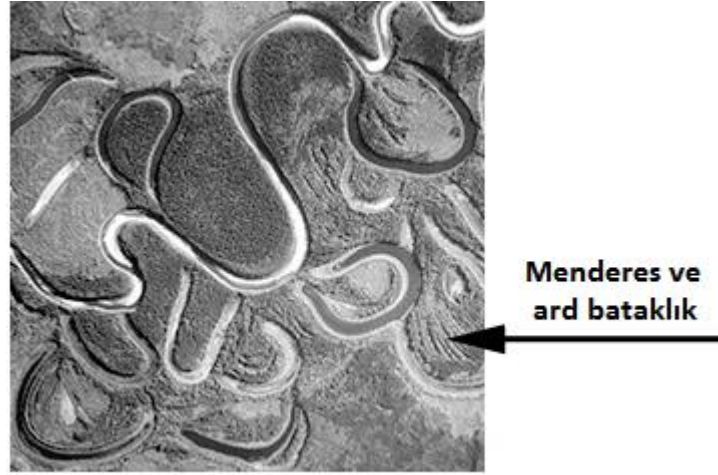
Tanıma ve tanımlama aşamasında topoğrafik haritadan da yaralanılarak başlıca yerleşim birimleri, kara ve demiryollarının ve akarsu, baraj, göl ve gölet gibi objelerin fotoğraf üzerinde belirtilmesi fotoğraf elemanlarının daha kolay tanınmasını sağlar (Goosen, 1965).

a) *Boyutlar (Büyüklik)*: Fotoğraf ölçeğinden veya bilinen cisimlerin boyutları ile karşılaştırma yapılarak tayin edilen boyutlar, bilinmeyen cisimlerin tanınmasında tutamak olabilir. Örneğin; yerleşim alanlarında küçük görülen binalar genellikle mesken, daha büyük görülen binalar ise ticari veya resmi binalardır (şekil.5.62)



Şekil 5. 47. Farklı büyüklükteki cisimler (NRC,2015)

b. *Şekil (Biçim)*: Bir çok ayrıntıların, kendine öz biçimleri olduğundan, hemen tanınmaları mümkündür. Doğal ayrıntıların genellikle düzgün olmayan şekilde görülmesine karşılık, yapay ayrıntılar düz ve muntazam şekilde görünürler (şekil 5.63). En belirgin yapay ayrıntılar; karayolları, demiryolları, köprüler, kanallar ve binalardır. Bunlar, düzgün olmayan akarsu, patika, orman kenar hattı ve benzeri doğal ayrıntıların biçimleri ile karşılaştırıldığı zaman ayırt edilmesi kolaylıkla mümkündür.



Şekil 5. 48. Menderes yapan bir akarsu (NRC,2015)

c) Gölgeler: Gölgeler, cisimlerin alışılmış yan görüşlerini gösterdikleri için tanınmalarına yardımcı olurlar. Bunun en güzel örnekleri, yukarıdan görünüşü daire şeklinde küçük noktalar olduğu halde gölgeleri yardımı ile kolaylıkla tanınabilen minare, baca, kule gibi yapılardır. Gölgelemlerin uzunlukları ile cisimlerin yüksekliklerini kıyaslayarak bu cisimlerin tanınması kolaylıkla sağlanır (şekil 5.64).

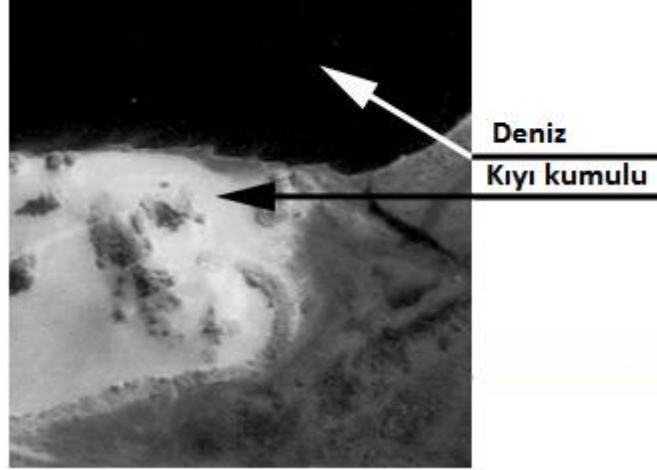


Şekil 5. 49. Belirgin gölge yapan yüksek yapılar (NRC,2015)

*d. Oransal Renk Tonu):*Bugün, özel amaçlarla kullanılan hava filmleri konu dışı tutulursa, çeşitli hava fotoğrafları genellikle pankromatik film üzerine alınır. Pankromatik film, yedi asıl rengin (spektrum) tümüne karşı duyarlılığı olup, bu renkleri gri rengin değişik tonlarında (siyahtan beyaza kadar), tespit eder.

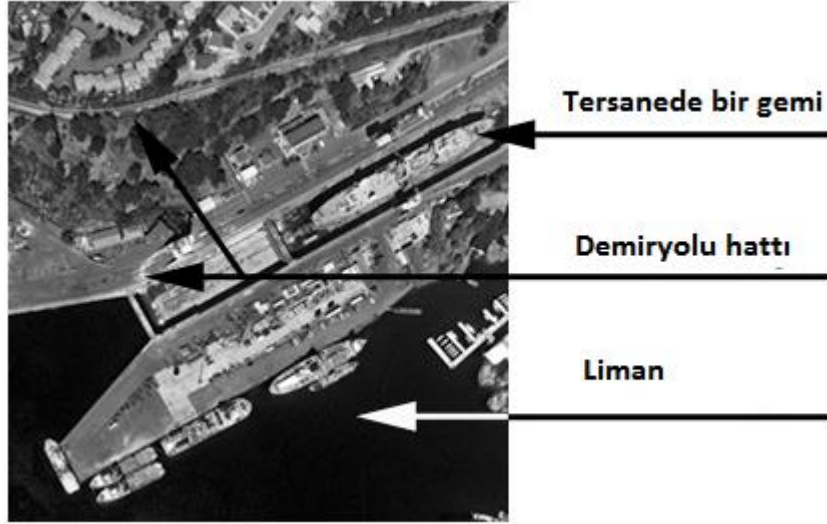
Ayrıntıların fotoğraf üzerindeki açıklık ve koyuluğuna ton denir. Cismin tonu, yüzeyinin arızasına veya yapısına da bağlıdır (şekil 5.65). Beton veya asfalt kaplı bir yolun yüzeyi düzgün olup, hava fotoğrafında aynı tonda bir görüntü verir. Buna karşılık bataklık veya yeni sürülmüş bir tarla yüzeyi pürüzlü olduğundan daha arızalı ve koyu gri renkte bir görüntü verir. Önemli bir nokta da, aynı bir cismin fotoğraf alım noktasına göre durumu ve güneşin yansımaları yüzünden değişik fotoğraflarda türlü tonlarda görüntü vermesidir. Örneğin; bir akarsu veya su yüzeyi alınır, ışığın kameraya yansıdığı yerler açık, bunun dışındaki yerler ise koyu renkte görünür.

Su yüzeyinin durgun veya dalgalı oluşuna göre de yapısı düzgün veya pürüzlü olabilir. Bu gibi değişimler hatırdan tutulursa cismin resimdeki tonu ve yapısı, o cismin tanınmasında faydalı olur,



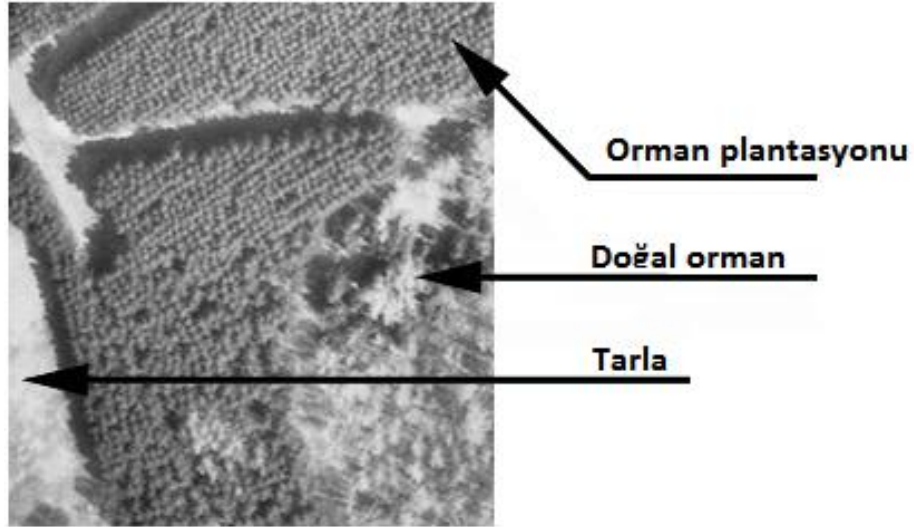
Şekil 5. 50 . Işığın yansıyan su yüzeyi ve yüksek yansıtma oranına sahip kıyı kumulları (NRC,2015)

e)Çevredeki Cisimler: Kolaylıkla tanınmayan bir cisim, çevresindeki cisimlerin yardımıyla tanınabilir (şekil 5.66). Demiryolu yanında veya demiryolunun her iki tarafına yerleştirilmiş. Büyük binalar genellikle fabrika veya depo binalarıdır. Okullar, hemen yanındaki futbol veya basketbol sahaları ile tanınabilir. Demiryolu istasyonunun hemen yanındaki su kulesi ile bir çiftliğin ambarı yanındaki silo arasındaki ayırım ancak demiryolu veya çiftliğin çevresinin incelenmesi ile yapılabilir



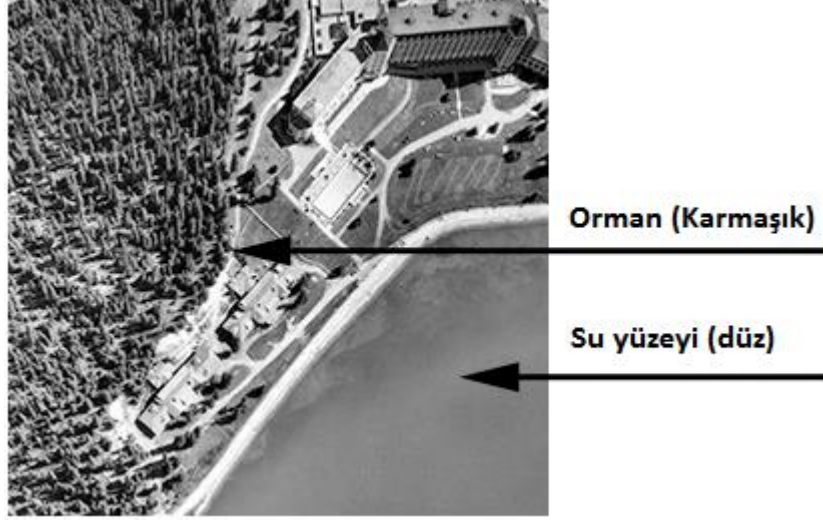
Şekil 5. 51. Bir liman ve limanla ilişkili yapılar ve çeşitli deniz araçları (NRC,2015)

f)Desen: Şekiller gibi cisimlerin kendine özgü düzeni vardır. Buna desen denir. Yerleşim yerleri, tarla, mera ve ormanlar bu desenleriyle kolayca ayırt edilirler (şekil 5.67)



Şekil 5. 52. Farklı desene sahip yapay ve doğal orman örtüsü (NRC,2015)

g) Doku: Cisimlerin fiziksel özellikleri fotoğrafa bakış açısına göre değişiklik gösterir. Örneğin orman örtüsü kaba ve düzensiz bir görünüm sahipken, su yüzeyleri düz bir dokuya sahiptirler (şekil 5.68).



Şekil 5. 53. Karmaşık dokudaki orman örtüsü ve düz su yüzeyi (NRC,2015)

h) Zaman: Farklı zamanlarda çekilmiş hava fotoğrafları arazideki değişikliklerin anlaşılmasına yardım ederler. Örneğin yazın arazide düzenli şekillerdeki açık renkler tahıl anızına işaret eder. Ya da şehirlerin farklı yıllardaki fotoğrafları şehirlerin gelişme yönlerinin anlaşılmasını sağlar (şekil 5.69)



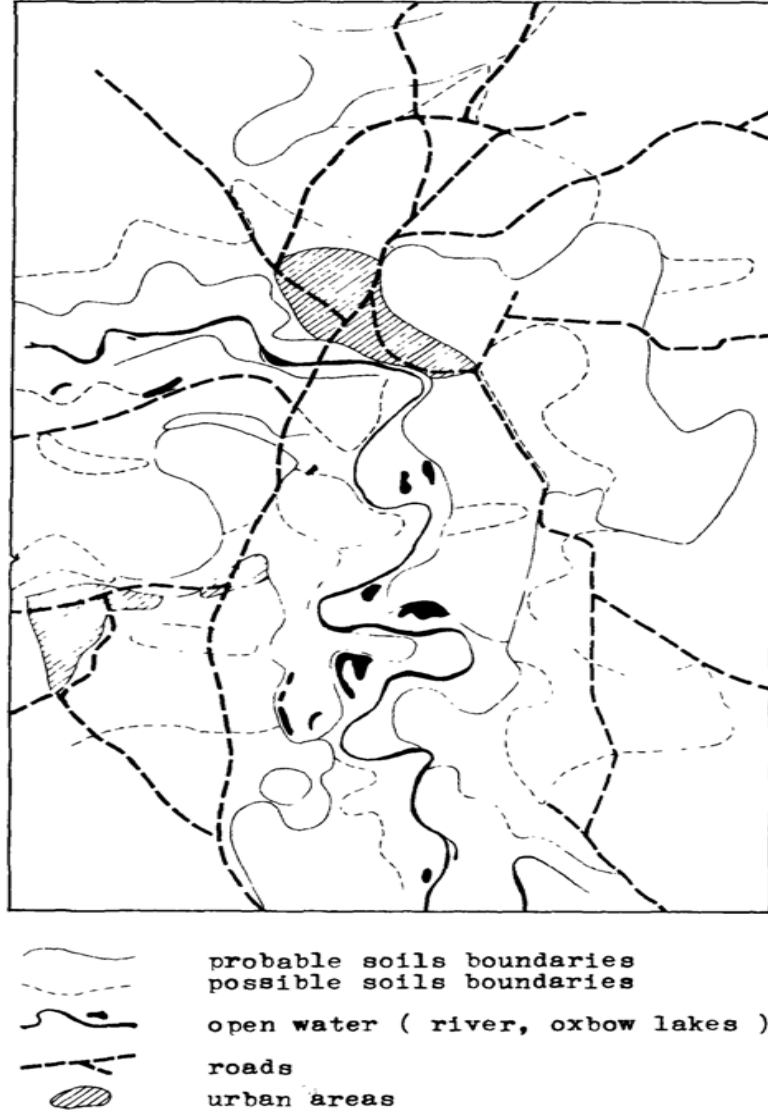
Şekil 5. 54. Farklı yıllarda çekilmiş fotoğraflarda kentsel gelişme(NRC,2015)

Analiz aşaması

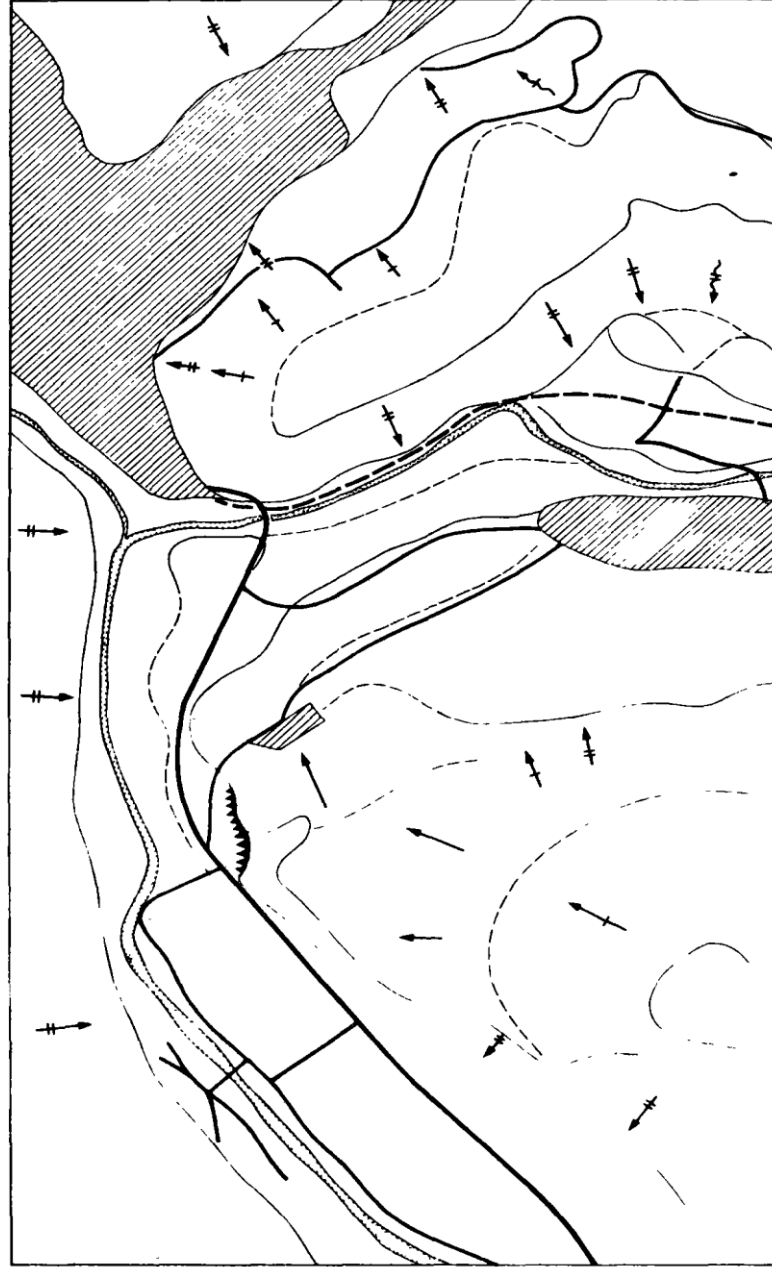
Hava fotoğraflarının yorumlanmasının da başlıca üç analiz yöntemi vardır. Bunlar; Patern analiz, elementel analiz ve fizyoğrafik analiz yöntemleridir (Goosen, 1965). Ancak bu yöntemler arasındaki farklılıklar onların uygulamaları çok fazla önem taşımaz. Uygulamada bu yöntemlerin üçü de çalışma alanı özelliklerine bağlı olarak birlikte kullanılabilir. Örneğin çalışma alanı öncelikle kabaca fizyoğrafik birimlere ayrılır. Daha sonra örnek bir birim içinde detaylı elementel analiz yapılır. Bunun sonucunda da toprak koşulları ve foto yorum öğeleri arasındaki ilişkilerden anahtar abaklar elde edilerek çalışma alanının diğer kısımlarına bunlara dayalı olarak patern analizi uygulanabilir.

Pattern analiz: Ana Toprak oluşum faktörlerinin bir bütün olarak göz önünde bulundurulmasına dayanır. Burada toprak oluşum koşulları ile doğrudan ilişkili, yer şekilleri, drenaj deseni, erozyon aktiviteleri, bitki örtüsü ve renk tonu gibi başlıca foto yorum elementleri göz önünde bulundurularak muhtemel toprak sınırları çizilir (şekil 5.70). Daha sonra rölyef (şekil 5.71) ile karşılaştırılarak foto yorum haritası oluşturulur. Bu yöntem ileri düzeyde jeomorfoloji ve toprak bilgisi uzmanlığı gerektirir. (Goosen,1965).

Bu yöntem benzer morfolojik şekiller üzerinde benzer toprak koşulları gelişeceği esasına dayanmaktadır. Şekil 72a ve 72 b'de patern analizi ile kıyı kumulları üzerinde muhtemel toprak sınırları çizilmiştir.

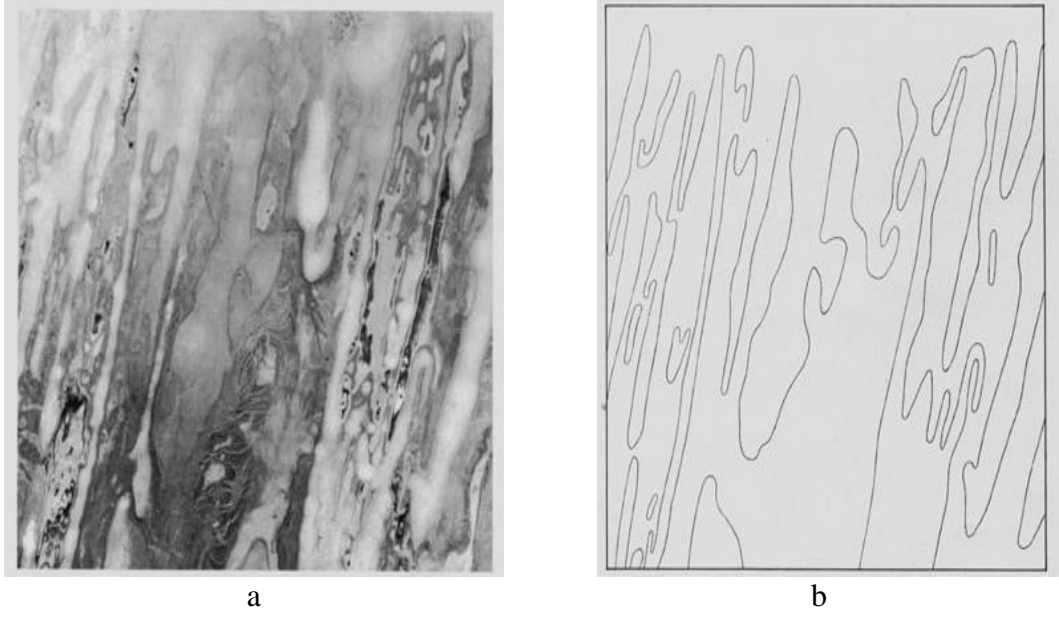


Şekil 5. 55. Patern analiz ile muhtemel toprak sınırlarının belirlenmesi (Vink 1964)



	probable soil boundaries		rivers
	escarpment		roads
	possible soil boundaries		railroad
	gentle slope		urban areas
	medium slope		
	steep slope		
	complex slope		

Şekil 5.56. Muhtemel toprak sınırlarının rölyef ile birleştirilerek foto yorum haritasının oluşturulması (Vink, 1964)



Şekil 5.57. (a) Kıyı kumulları üzerinde (b) muhtemel toprak sınırları (Goosen,1965)

Elementel Analiz:

Toprak oluşum koşulları ile ilişkili yeryüzü şekillerin bağımsız olarak yorumlanmasına dayanır Bu yöntem foto yorumlamada nispeten deneyimsiz olanlar oldukça uygun bir yöntemdir (Buringh,1960). Bu yöntemde analize öncelikle toprak oluşum koşullarıyla doğrudan ilişkili olan ve olmayan yer yüzü objelerinin ayırt edilmesiyle başlanır (Goosen, 1965). Örneğin aluviyal yelpazedeki iç bükey ve dış bükey rölyef doğrudan toprakların drenaj koşullarını etkilerken, bitki örtüsü insan aktivitesiyle kolayca değişikliğe uğradığından toprak oluşum koşulları ile doğrudan ilişkili değildir.

Vink (1964) yeryüzü objelerinin toprak oluşum koşulları ile ilişkisini baştan sona doğru ağırlıkları azalacak şekilde aşağıdaki gibi sıralamıştır:

- 1) Toprak koşulları ile doğrudan ilişkili olan öğeler (örneğin açıkça görülen su göllenmesi)
- 2) Arazinin genel morfolojisi ile ilişkili öğeler (yer yüzü şekilleri, rölyef, eğim, drenaj tipi, havza paterni, akarsu ağı)
- 3) Arazinin kendine özgü özellikleri ile ilişkili öğeler (stratigrafik dizilim, oyuntu şekli ve deseni, arazinin renk tonu)
- 4) Bitki örtüsüyle ilişkili öğeler (Doğal bitki örtüsü, özel ürünler, arazi kullanımı)
- 5) Arazinin insan aktiviteleri ile ilişkili öğeleri (Sulama ve drenaj kanalları, parsel şekilleri, yol ağı, yerleşim ve bina desenleri, arkeolojik kalıntılar)

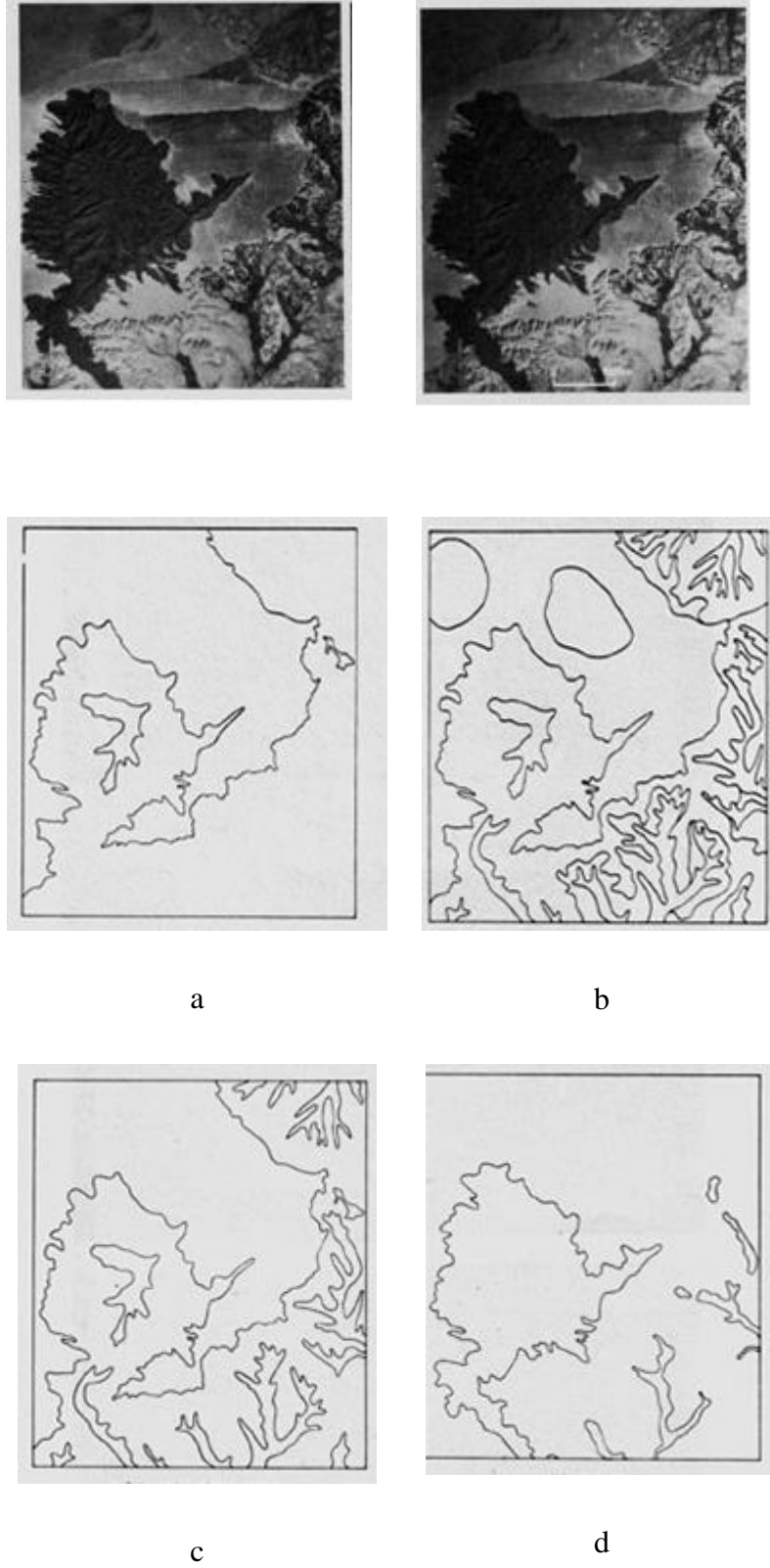
6) Münferit öğeler (ana materyal, mikro rölyef)

Tablo 1 de bağımsız elementel analiz öğelerinin hava fotoğraflarında ayırt edilme özellikleri ve toprak oluşum koşulları ile ilişkileri genel olarak verilmiştir (Goosen, 1965)

Tablo 1. Analiz öğelerinin ayırt edilme ve toprak oluşum ve sınırları ile ilişkisi

Element	Ayırt edilme	Toprak oluşumu ile ilişkisi	Toprak sınırı ile ilişkisi
Arazi tipi	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Rölyef	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Eğim şekli	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Drenaj koşulları	Orta	Yüksek	Orta
Drenaj ağı	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Doğal vejetasyon	Yüksek	Yüksek	Orta
Ana materyal	Düşük	Yüksek	Düşük
Renk tonu	Yüksek	Düşük	Düşük
Arazi kullanımı	Yüksek	Orta	Düşük

Elementel analizde esas olarak dört öğe bağımsız olarak analiz edilir (şekil 5.73). Bunlar; Arazi tipi, rölyef, gully ve drenaj ağı ile bitki örtüsü. Buringh (1960) elementel analizde her bir öğenin, yoğunluk, büyüklük şekil, desen ve coğrafik pozisyonla karakterize edilmesi gerektiğini ifade etmektedir.



Şekil 5. 58. Hava fotoğraflarından Farklı elementleri ayırt edilmesi a) Arazi tipi, b) rölyef, c) drenaj deseni, d) bitki örtüsü (Goosen,1965)

Bu elementel analiz öğelerinin temel karakteristikleri aşağıda genel hatlarıyla verilmiştir.

Arazi tipi: Elementel analizde genel olarak ilk ayırt edilen öğedir. Bu analizin başarısı arazinin homojen arazi tiplerine bölünmesine bağlıdır. Şekil 5.74 bir taşkın ovasında alt terasın vadi tabanı ile aluviyal ova ayırmasını göstermektedir.

Eğim ve Rölyef: İki birlikte topoğrafya temel toprak oluşum faktörlerinden biri olup erozyon ve drenaj gibi oluşum süreçlerini doğrudan etkiler. Bunun yanı sıra bitki örtüsü, yağış ve sıcaklığı da dolaylı olarak etkilemektedir. Eğim ve rölyef hem, hava fotoğraflarının stereoskopik görüş yeteneğinden dolayı kolay ayırt edilebildiğinden hem de toprak oluşu ve toprak sınırları ile önemli derecede ilişkili olmasından dolayı foto yorumlamada büyük önem taşır (Bennema and Glense, 1969).

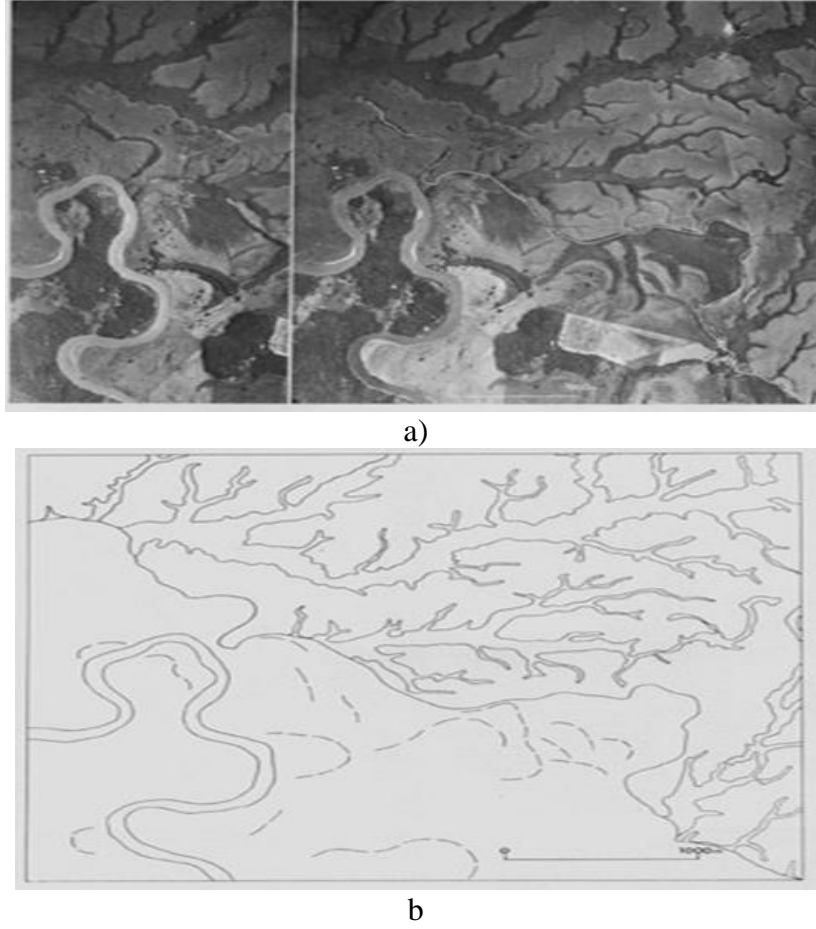
Rölyef çok kompleks olup doğru bir şekilde sınıflandırılması oldukça güç olduğundan bazı genellemeler yapılmaktadır. Soil survey staff rölyefi, normal, anormal, erozif ve depresyonel rölyef olarak gruplandırmaktadır (Goosen, 1965). Bunun yanı sıra rölyef mega rölyef (kıta ve okyanus), makro rölyef (dağ ve ova), mezo rölyef (tepe, masa dağı, nehir sırtları ve taban arazi), mikro rölyef (menderes yeniği, kıyı sırtı ve gılgai). Bazı arazilerde rölyef çok sade olmasına karşılık, bazı arazilerde hava fotoğrafında ayırt edilmeyecek kadar çok karmaşık olabilir (şekil 5.75). Bu nedenle stereoskopik incelemelerde rölyef pratik olarak eğim derecesi ve eğim şekli ile ifade edilmektedir.

Eğim ve rölyefin bakışı, uzunluğu, derecesi, şeklinin yanı sıra konumu da başta erozyon olmak üzere iklim ve vejetasyonu etkilemektedir. Örneğin eğimin sedimenter kayaların eğimi yönünde olması tersi duruma göre erozyonun etkisini azaltmakta, efektif yağış ve vejetasyonu olumlu etkilemektedir (Bennema and Galense, 1994).

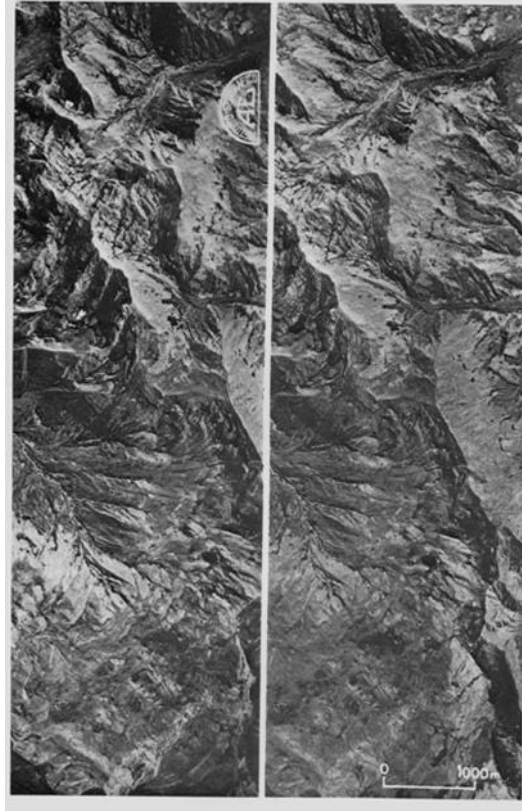
Drenaj koşulları: Taşkın alanları ve bataklıklar gibi bazı alanlarda drenaj koşulları su yüzeylerinin ışığı yansıtmasından dolayı çok kolay bir şekilde ayırt edilebilirler. Islak alanların diğer bir karakteristiği ise çukur rölyefleridir. Hava fotoğrafları genelde kuru mevsimlerde çekildiklerinden ıslak alanlar en düşük durumdadırlar. Kıızıl ötesi fotoğraflar ıslak alanların belirlenmesinde daha avantajlıdırlar.

Drenaj ağı: Drenaj ağı ile toprak oluşum koşulları arasında çok yakın bir ilişki vardır. Zira drenaj ağı ana materyalden çok büyük ölçüde etkilenir. Yine drenaj ağları taşkınlar konusunda da fikir verebilir. Şekil 5.76 bir aluviyal ovadaki nehir sırtlarındaki drenaj ağı yağışlı dönemlerde nehrin taşkın yaptığının açık bir göstergesidir.

Doğal bitki örtüsü: Doğal bitki örtüsü hava fotoğrafında çok kolay ayırt edilmelerine karşılık her zaman toprak koşullarını tam olarak yansıtmazlar. Zira doğal bitki örtüsü insan aktivitelerinden çok kolay etkilenir.



Şekil 5. 59. a) Bir taşkın ovası ve ona komşu aluviyal terasların5. fotoğrafik görünümü ve b) bu arazinin tipinin foto yorum haritası (Goosen 1965)



Şekil 5. 60. Çok karmaşık bir rölyefe sahip arazi. (Goosen 1965)



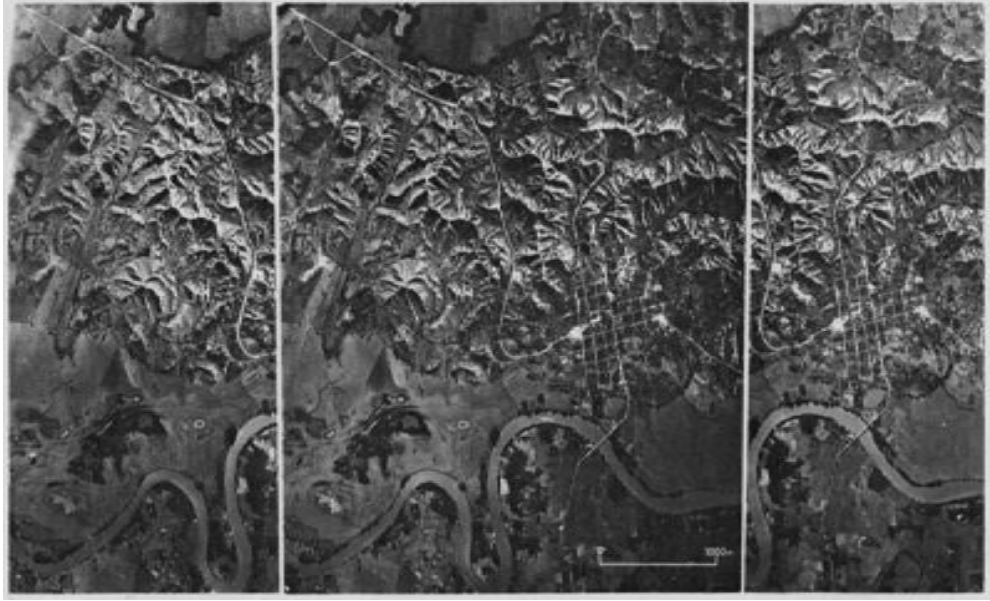
Şekil 5.61. Nehir sırtlarındaki drenaj ağı (Goosen 1965)

Ana materyal. Toprağın erozyonun çok şiddetli olmasından dolayı çok sığ olduğu alanlar dışına ana materyal hava fotoğraflarında fark edilemez. Ancak drenaj deseni ana materyalin dolaylı olarak belirlenmesinde önemli bir araçtır. Şekil 5.77 de dentritik drenaj ağı lakustrin ana materyale işaret etmektedir.

Renk tonu: Arazinin bir özelliği olmasa da foto yorumlamanın vazgeçilmez öğelerindendir. Tarla koşulları ile yakın ilişkisi bulunan renk aslında siyah beyaz fotoğraflarda gri tonu ifade eder.

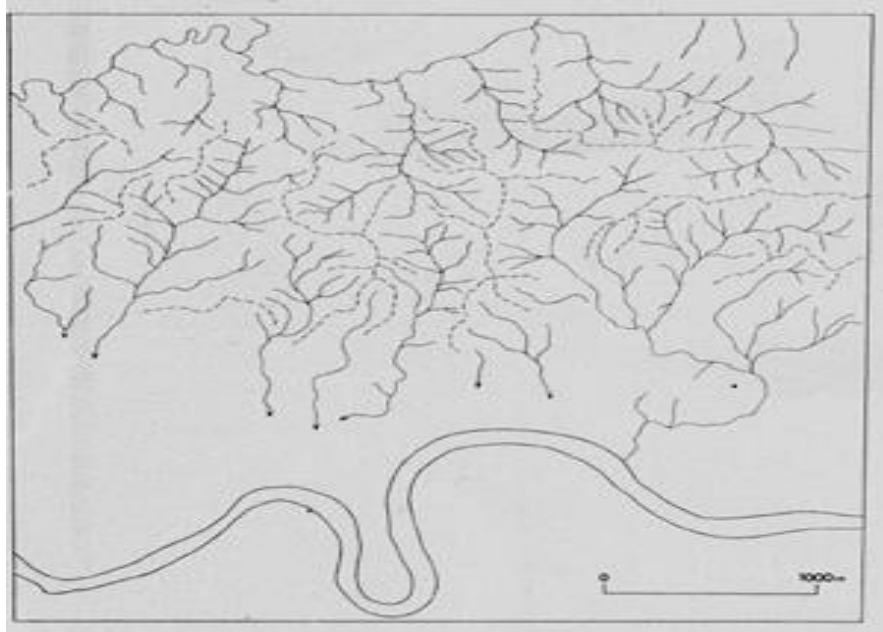
Gri ton tarla koşullarının o anki yansıtma koşullarında kolayca etkilendiğinden bir çok durumda yanlış yorumlamalara neden olabilir. Örneğin kumlu topraklar killi topraklardan daha açık renkte olmalarına karşın toprak işleme ile pürüzlü hale geldiğinde daha koyu görülebilir. Yine ıslak topraklar kuru topraklardan daha koyu görünerek arazinin özelliğini maskeleyebilir. Buna rağmen toprak rengi drenaj koşulları ve erozyon gibi bazı durumlar için tipik arazi karakteristiğidir. Şekil 5.78 a,b,c,d,e, rengin bağımsız olarak analiziyle temel elementler belirlenmiştir.

Arazi kullanımı Doğal bitki örtüsü insan aktiviteleri ile kolayca değiştirildiğinde toprak koşulları ile ilişkilendirilmesi çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Örneğin şekil 5.79. da tropik bölgedeki yağmur ormanlarının kesilmesiyle ortaya çıkan tarlanın toprak oluşumu ve sınırlarıyla hiçbir ilgisi olmadığı gibi bazen yanlışlara da neden olabilir. Ancak arazi kullanımı çoğu zaman toprak koşullarının pozitif yansıtıcısıdır. Tarımsal alanlar çoğunlukla çevresine göre daha iy toprak koşullarının göstergesidir.



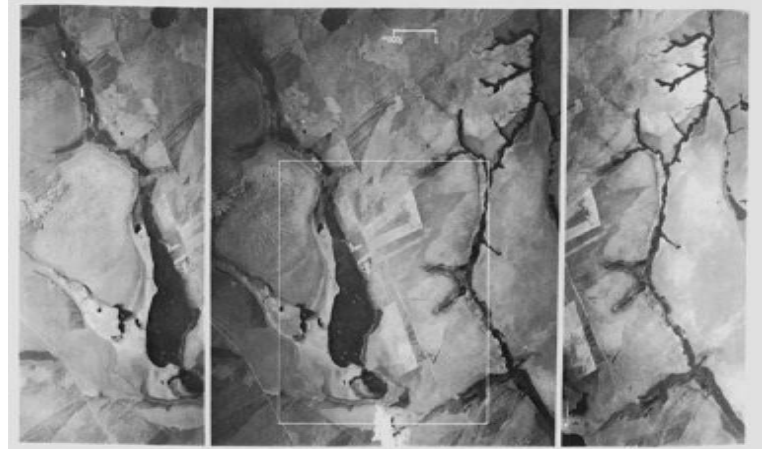
a

Şekil5.62a. Lakustrin ana materyal üzerinde dentirik drenaj ağına sahip hava fotoğrafı (Goosen 1965)

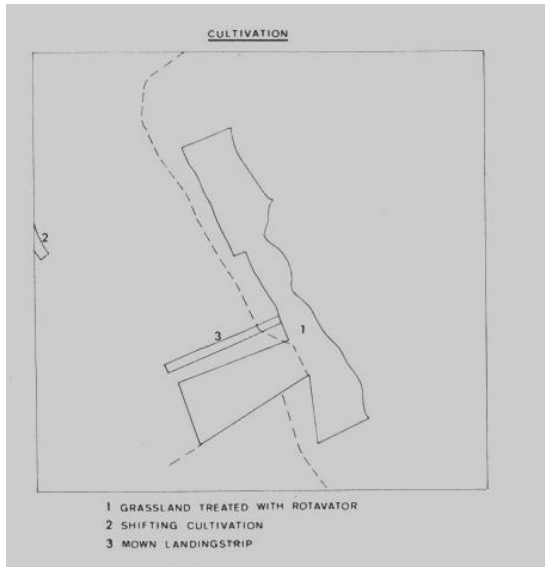


b

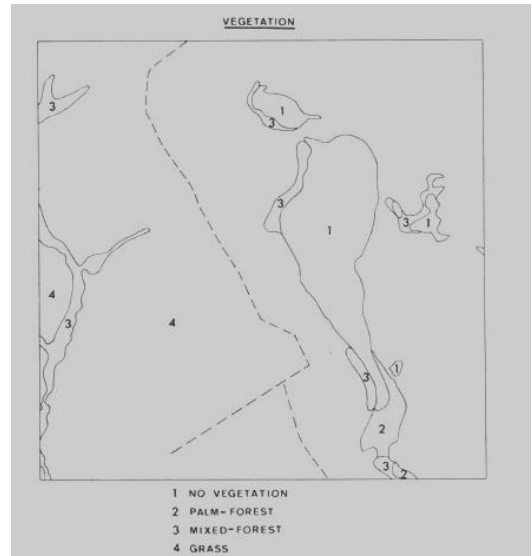
Şekil 5.63 b. Lakustrin ana materyal üzerinde dentirik drenaj ağının analizi (Goosen 1965)



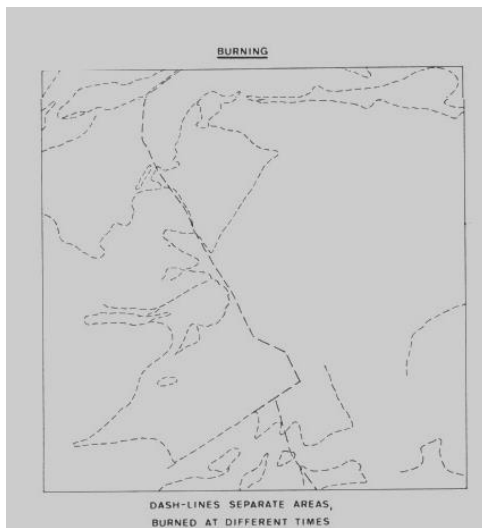
Şekil 5.78a. Rengin bağımsız incelendiği hava fotoğrafı



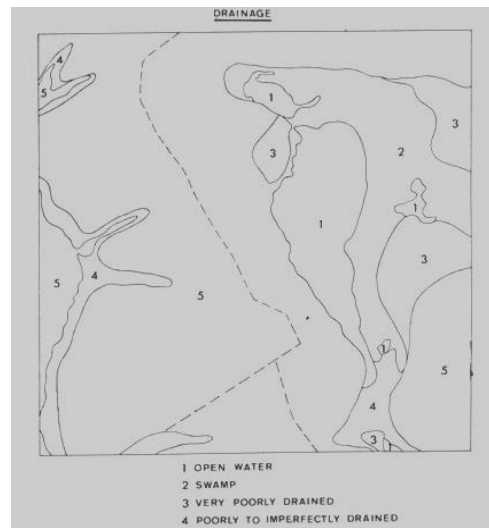
b



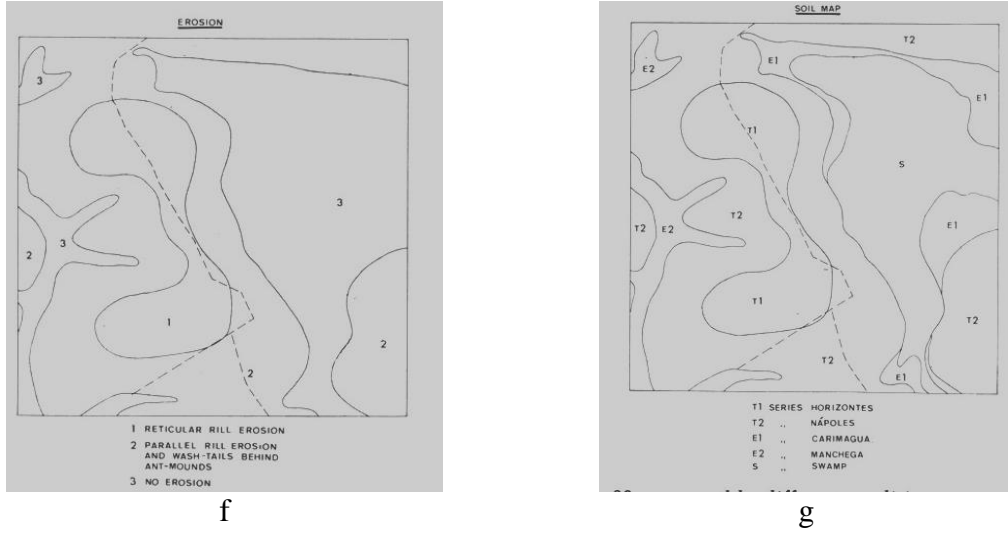
c



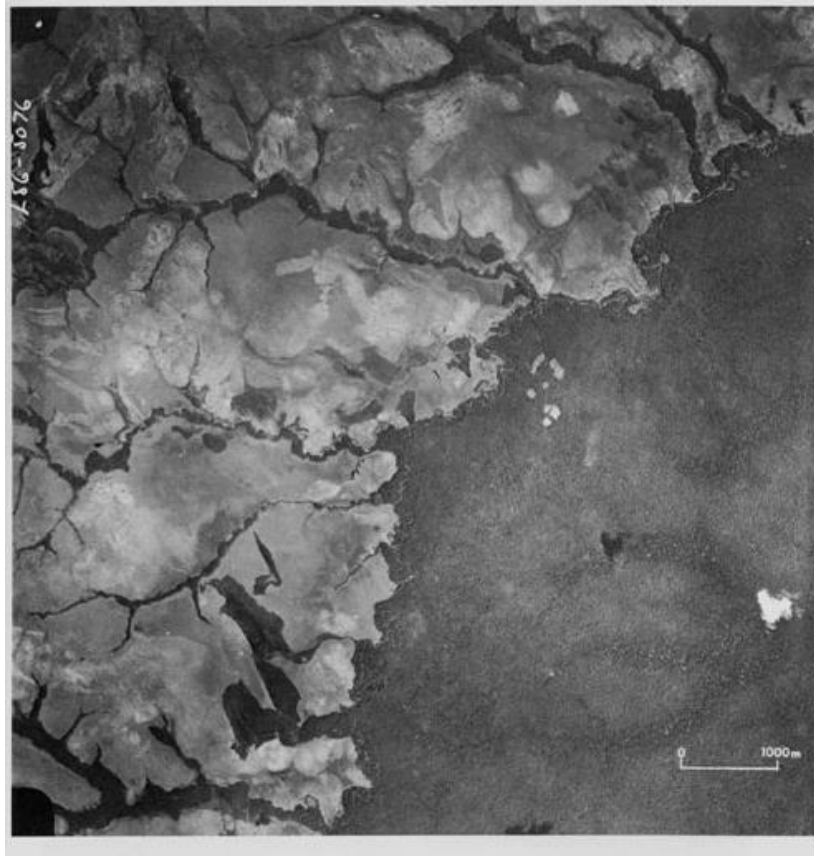
d



e



Şekil 5. 64. Hava fotoğrafında rengin bağımsız analiziyle temel öğelerin b) toprak işleme c) bitki örtüsü, d) yangın, e) drenaj ve f) erozyonun yorumlanması

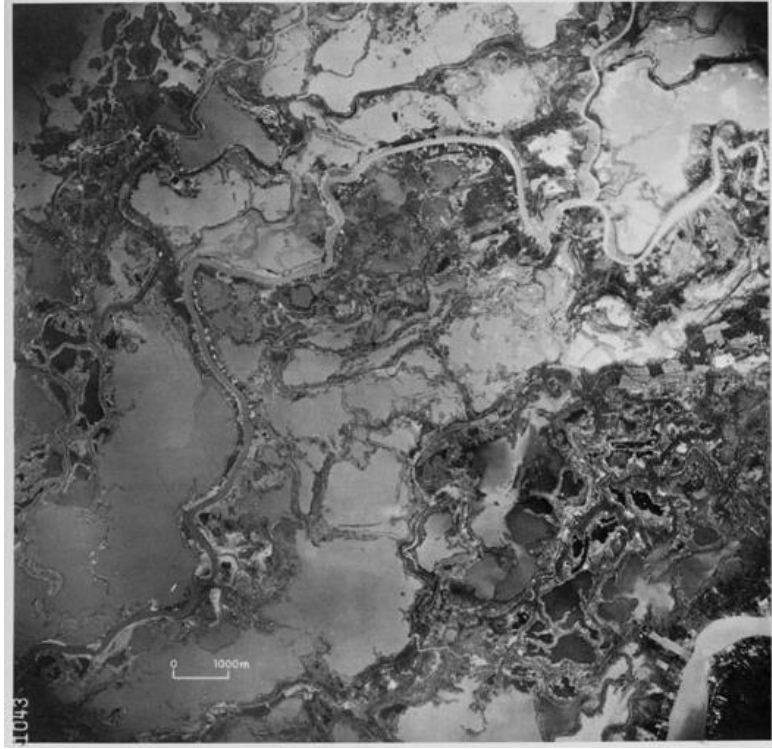


Şekil 5. 65 Tropikal ormanlarda tarlaya dönüştürülmüş bir alan (Goosen 1965)

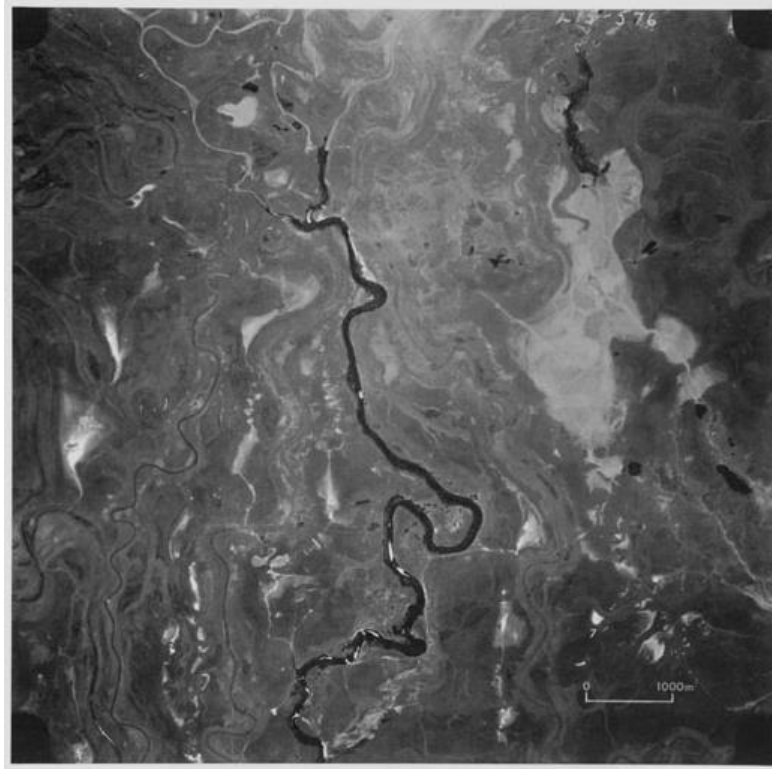
Fizyoğrafik analiz

Fizyoğrafik analiz, fizyoğrafik süreçler ile topraklar arasındaki ilişkilere dayalı olarak yürütülen bir yöntem olup statik elementler yerine dinamik süreçlerin tanımlanmasını amaçlar (Vink 1964). Oldukça fazla deneyim gerektirir. Bu yöntemde elementler en az elementel analizdeki kadar önemlidir. Ancak bu elementlerin değerlendirilmesi elementel analizden farklıdır. Elementlerden çoğu esas olarak toprak sınırlarının çizilmesi yerine arazinin fizyoğrafik ilişkilerinin anlaşılmasında kullanılır (Goosen,1965). Ancak bu ilişkiler fizyoğrafik süreçler arasındaki interaksiondan dolayı fizyolojik süreç yerine fizyoğrafik analiz olarak adlandırılır.

Bu süreç tanım aşağıdaki şekil üzerinde şöyle açıklanabilir. Şekil 5.80a Kolombiya da Magdalena nehrinin düz bir ovada taşkın yapmasını göstermektedir. Bu taşkın ovası delta şekline benzemekle beraber denizden çok uzak bir ovadır. Çok fazla sediment yüküne sahip nehir, düzlükte hızla yükünü bırakmakta ve çok sayıda kola ayrılarak dallanmaktadır. Dallanan kollar sularını lokal depresyonlara boşaltarak ve çukurlarda sona ermektedirler. Bu durum arazi kullanımını sadece yüksek bazı yüksek kesimdeki alanlara münhasır kılmaktadır. Ova da bu nedenle taşkın ovası olarak tanımlanmaktadır. Şekil 5.80b' de ise Kolombiya daki Llenos Orientales nehrine aittir. İlk bakış yukarıdakinin benzeri gibi görünmesine karşın ondan oldukça farklıdır. Arazi sedimentasyonun çok seyrek olarak görüldüğü bir alana ait olup And dağlarından inen nehir Orinoco nehrine doğru akarken önündeki ovayı yarararak oyuntular oluşturmaktadır.



a



b

Şekil 5. 66a,b. Farklı fizyografik süreçlerde oluşmuş arazi

Yani bir sedimantasyondan ziyade erozyon süreci hâkimdir. Yağmurlu dönemlerde ovanın çoğu kısımları taşkın almaktadır. Dolayısıyla her iki arazi de taşkın ovası olarak adlandırılabilmesine karşın oluşum süreçleri birbirinden tamamen farklı olduğundan arazi incelemeleri sırasında toprak profillerinin birbirinden tamamen farklı olduğu görülecektir. Bu da jeomorfolojik analizlerin fizyoğrafik analizlerden farklı olabileceğini göstermektedir..

Fizyoğrafik analizde üç farklı süreç dikkate alınır: Bunlar; fizyoğrafik süreç, erozif süreç ve sedimantasyon sürecidir.

Erozif süreç ve seimenter süreç dışında kalan tektonik, hareketler, volkanik hareketler gibi süreçler fizyoğrafik süreçler olarak adlandırılır. Bu süreçler daha önceki ilk iki analizde açıklandığından fizyoğrafik analizde sedimantasyon ve erozyon süreçleri üzerinde durulacaktır.

Sedimantasyon süreci etkileyici kuvvete göre

- Fluviyal sedimantasyon,
- Denizel sedimantasyon
- Gölsel sedimantasyon
- Glasiyel sedimantasyon
- Eolien sedimantasyon
- Volkanik sedimantasyon olarak ayrılır.

Bu sedimantasyon süreçleri jeomorfoloqlar tarafından yapılmış bir tanımlama olmasına karşın toprak bilimciler bu süreçleri jeomorfoloqlardan farklı olarak daha deaylı olarak değerlendirirler. Örneğin fluviyal sedimantasyon toprak bilimciler tarafından

- Aluviyal yelpaze sedimantasyonu
- Örgülü nehir sedimantasyonu
- Menderes sedimantasyonu

-Taşkın ovası sedimantasyonu

-Delta sedimantasyonu olarak ayırt edilir.

Bu süreçlerin toprak bilimciler tarafından değerlendirilmesine şekil 5.81' deki aluviyal yelpaze örnek olarak verilecektir.

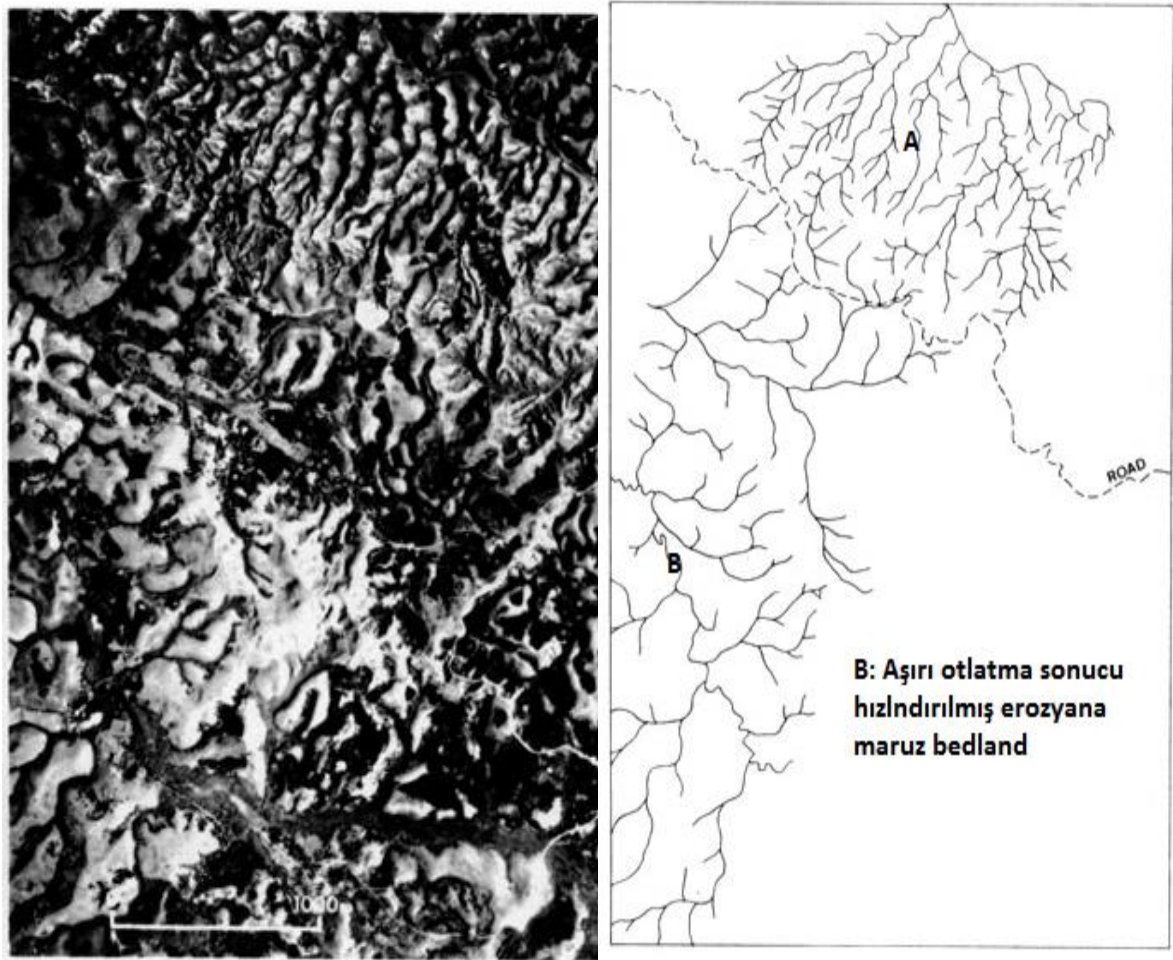


Şekil 5. 67. Aluviyal yelpaze

Dik eğimli yamaçlardan inen akarsular dağın eteğindeki düzlüğe ulaştığından hızları aniden düşerek dağılırlar. Bu sırada taşıdıkları sedimentler etrafa dağılır. Bu sedimantasyon sırasında kaba olan materyaller yakına ince olanlar daha uzağa taşınmasına rağmen çökme ani olduğundan materyaller derecelenmeden karışık olarak birikir. Bu süreç sık sık tekrar ettiği için akarsu vadisinden kenarlara doğru azalan bir eğime sahip yelpaze oluşur.

Erozyon süreci: toprağın su, rüzgâr veya buzul tarafından taşınması olmasına rağmen fizyografik analizde daha çok su erozyonu üzerinde durulur. Diğer erozyon tipleri farklı süreçler olarak değerlendirilir.

Su erozyonu süreci esas olarak kendini ana materyal, topoğrafya ve iklime ve insan aktivitelerine bağlı olarak gelişen tipik drenaj ağı ile ortaya koyar. İnsan aktiviteleri bazen diğer doğal faktörler kadar rol oynayabilir. Nitekim Şekil 5.82’deki farklı drenaj ağı ana materyaldeki farklılığın sonucu değil aşırı otlama ile ortaya çıkan hızlandırılmış erozyonun sonucudur.



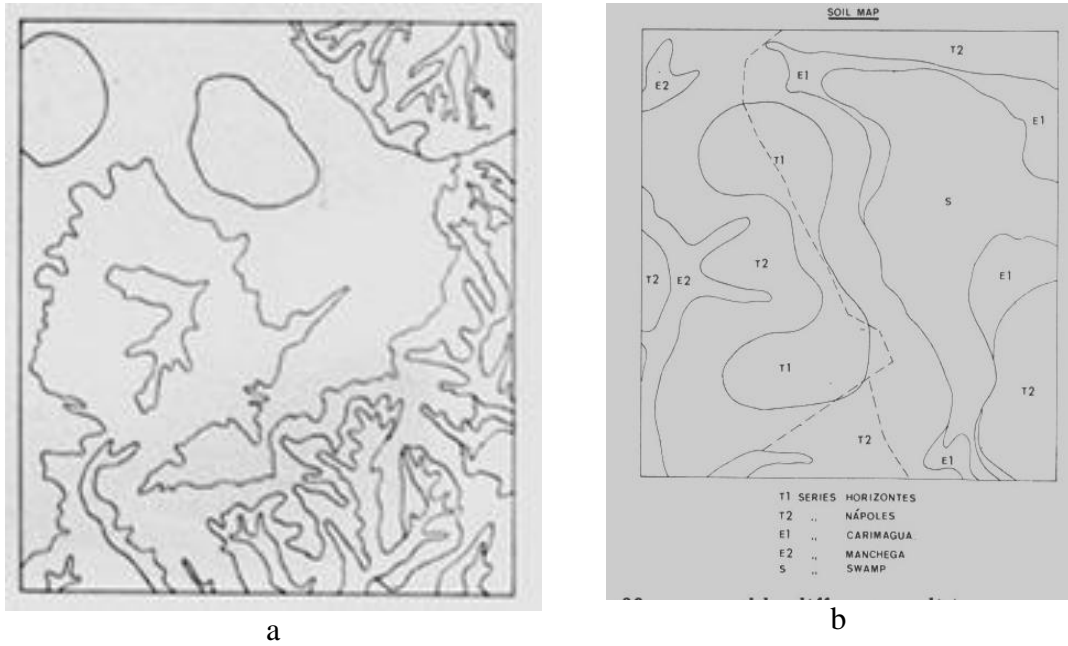
Şekil 5. 82 Yaşlı volkanik kül üzerinde farklı otlatma sonucu oluşan drenaj ağları

Sınıflama aşaması, Foto yorumlamanın son aşaması olup farklı yöntemlerle elde edilmiş analiz sonuçlarının değerlendirilmesi aşamasıdır. Bu aşamada foto yorum haritası oluşturulur. Foto yorum haritası toprak haritası olmayıp muhtemel toprak

sınırlarının gösterir. Bu aşama foto yorum ile toprak farklılıkları arasında korelasyonlar yapılması olarak da kabul edilebilir (Goosen, 1965).

Korelasyon ya elementel analizde olduğu gibi tüm bağımsız elementlerin birbiriyle birleştirilmesi ile gerçekleştirilir (tüme varım) (şekil 5.83) ya da patern analizi ve fizyoğrafik analizlerde olduğu gibi farklı patern ve fizyoğrafik süreçlerde farklı topraklar oluşması hipotezine (tümden gelim) dayanır.

Elementel analiz sonunda bağımsız öğeler birleştirilerek foto yorum haritası oluşturulurken çok sayıda sınır oluşur ve bu sınırlar daha sonra elemine edilir. Bu yöntem çok efektif olmamakla birlikte deneyimsiz toprak etüdçülerin bile oldukça iyi toprak haritaları üretebilmeleri mümkündür. Bu yöntemin en önemli dezantajı detaylı arazi gözlem ve kontrollerine gereksinim duymasındır. Bu nedenle bu yöntem öğretilabilir geliştirilebilir pragmatik yöntem olarak bilinmektedir (Goosen, 1967).



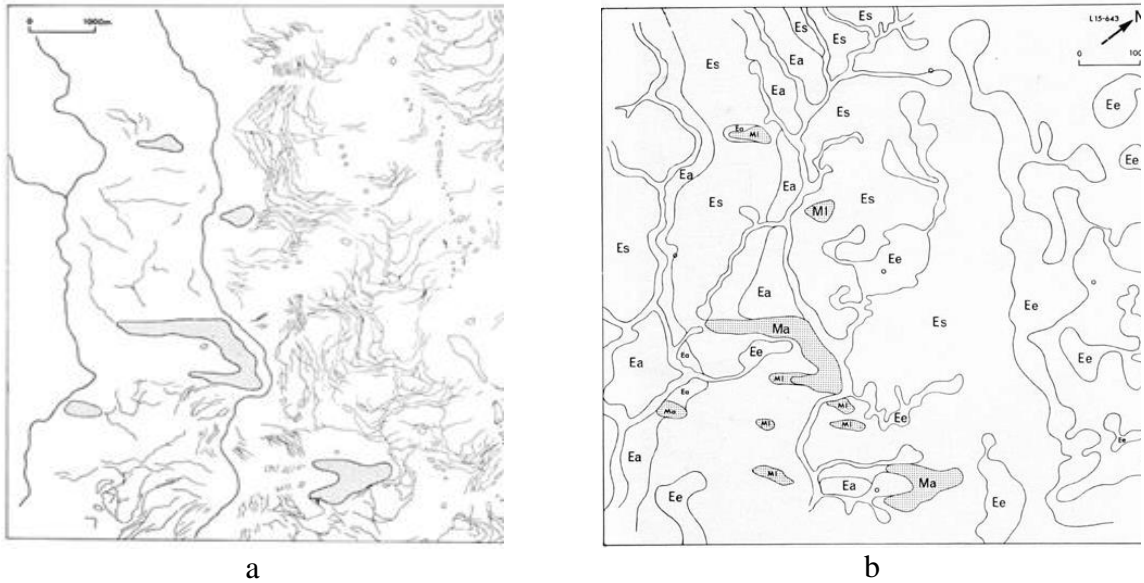
Şekil 5.83. Elementel analizde bağımsız elementlerin birbiriyle birleştirilmesi ile oluşturulmuş foto yorum haritası (Goosen,1965)

Yukarıdaki şekilde a şekil 5. 73 daki bağımsız öğelerin, b ise şekil 5.78'in birleştirilmesiyle oluşturulmuştur.

Patern analiz yöntemi hava fotoğrafları ile çalışma alanı toprak oluşum koşulları arasındaki ilişkiler hakkında yeterince bilgi sahibi olunduğu durumlarda yararlıdır. Bu

ilişkiler söz konusu alan için abak haline dönüştürülerek toprak sınırlarının belirlenmesinde önemli kolaylık sağlar. Bu foto yorum haritası ile yarı detaylı hatta detaylı toprak haritaları elde edilebilir (Goosen, 1967). Bu yöntem temel toprak oluşum ve foto patern ilişkilerine dayalı “referans yaklaşım” olarak da adlandırılmaktadır.

Fizyografik analiz sonucunda farklı süreçler sonucu oluşan ögeler birlikte değerlendirilerek foto yorum haritası oluşturulur.(Şekil 5.84). Yaygın olarak kullanılan ancak foto yorum konusunda deneyimli toprak etüdçlerin uygulayabildiği bir yöntemdir. Bu yöntemle toprak etüd ve foto yoruma dayalı olarak kısa zamanda geniş alanların toprak haritalarının oluşturulması mümkündür. Bu yöntemin amacı toprak sınırları ile fizyografik süreçlerdeki değişimler arasında arazi gözlemleri sonucu çok fazla değişmeyecek şekilde korelasyonlar kurmaktır. Ancak bununla ancak detaylı olmayan toprak haritaları elde edilebilir. Bu yöntem “genetik yaklaşım” olarak da bilinir (Goosen, 1967).



Şekil 5. 84. Fizyografik analizle (a) oluşturulmuş foto yorum haritası(b) (Ma: Yüksek kumullar Ml: Alçak kumullar, Ea: eolien ova (iyi drenajlı), Es: Kötü drenajlı, Ee: Eolien bataklık).

5.3.13. Toprakların Yansıma Karakteristikleri Yorumlanması

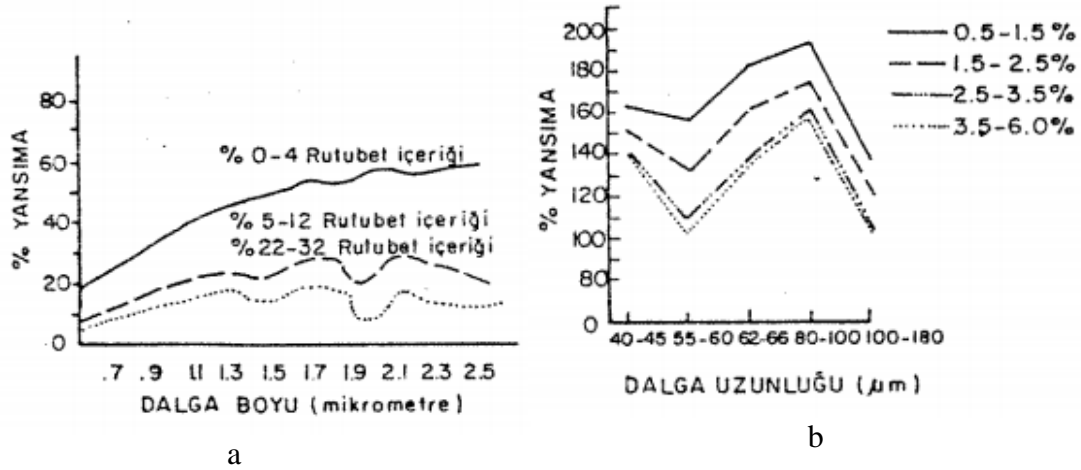
Toprakların hava fotoğraflarıyla yorumlanmasına başlamadan önce toprak koşullarının ile hava fotoğraflarının yansıma karakteristikleri arasında üç temel prensip göz önünde bulundurulmalıdır (Bennema and Gelens, 1969):

- a) Toprak rengi yüzey topraklarının rengiyle doğrudan ilişkilidir ve bu da drenaj koşullarından öneli derecede etkilenir.
- b) Hava fotoğraflarındaki yansımaya karakteristikleri bazı toprak oluşum koşullarının indikatörleridir. Yansımaya karakteristiklerindeki farklılıklar farklı topraklara işaret eder. Zira ana materyal, eğim, rölyef gibi karakteristikler, drenaj açısından kolayca çıkarılabilir.
- c) Bitki örtüsü ve arazi kullanımındaki farklılıklar çoğu zaman toprak farklılıklarının bir sonucudur.

Herhangi bir karakteristiğin yorumlanmasında bu temel prensiplerin tek başlarına değil prensibin birlikte göz önünde bulundurulması foto yorum sonuçlarının daha başarılı olarak değerlendirilmesine yardım eder. Zira çoğu zaman herhangi bir karakteristik bir tek prensiple değil iki veya bazen üç prensip ile ilişkili olabilir.

Toprakların, renk, tekstür, nem, tuz, kireç, organik madde ve yüzey taşlılığı gibi özelliklerine bağlı olarak ışığı yansıtma özelliklerindeki farklılıklar hava fotoğraflarında farklı doku şekil ve gri ton farkları oluşur. Eğim, derecesi ve yönü de toprakların yansımaya özellikleri üzerinde etkili olmaktadır (Şenol ve Dinç, 1994).

Toprakların parçacık büyüklükleri yansımaya özelliklerini önemli derecede etkilemekle birlikte toprakların nem içerikleri ve organik madde içerikleri çoğunlukla tekstür özelliklerini maskeleymektedir (şekil 5.85a ve b). Örneğin Kil boyutundaki parçacıklar kum boyutundaki parçacıklardan daha yüksek yansımaya vermelerine karşın tarla koşullarında killi topraklar genellikle daha fazla nem ve organik madde içerdiklerinden daha koyu tonda görülmektedir. İşlenen killi topraklardaki kesekli yapı da yansımayı azaltmaktadır. Yine kumlu topraklar genel olarak zayıf strüktür gelişimi gösterdiklerinden daha açık renkli görülürler. Toprak yüzeyinde biriken tuzlar ve kireçli topraklar ışığı fazla yansıtıklarından daha açık renkli görülürler. Özellikle şiddetli erozyon nedeniyle açığa çıkan kireçli ana materyaller beyaza yakı renkleriyle çok kolayca ayırt edilirler (Şenol ve Dinç, 1994).



Şekil 5.85. Toprak su içeriğinin(a) ve organik madde içeriğinin (b) toprak tekstürünün yansıma özellikleri üzerindeki etkisi (Şenol ve Dinç, 1994).

Toprakların yansıma özellikleri üzerinde etkili olan en önemli faktörlerden biri toprak su içeriğidir. Toprak su içeriğinin artmasıyla tüm topraklarda önemli düzeyde yansıma azalmakta ve toprak daha koyu renkli görülmektedir. Zira toprak ışığı en fazla soğuran bir objedir. Devamlı nemli veya drenajı bozuk alanlar koyu gri renkleriyle hava fotoğraflarında kolayca ayırt edilmektedirler (Şenol ve Dinç, 1994).

5.3.14. Foto Yorum Haritasından Toprak Haritasının Oluşturulması

Hava fotoğrafı kullanılmadan yapılan toprak etüd ve haritalama çalışmalarında toprak haritalama birimleri tamamen arazide tanımlanır, arazi kontrolleriye teyid edilir. Hâlbuki hava fotoğrafları ile önce toprak profillerinin dış özellikleri tanımlanır, toprak sınırları çizilir ve daha sonra arazide bu sınırlar kontrol edilir. Hava fotoğraflarından tanımlanan dış koşullar, rölyef, eğim şekli, drenaj koşulları gibi özellikler olup toprak sınırlarının ayırt edilmesinde de kullanılır.

Hava fotoğraflarının yorumlanması sonucu elde edilen foto yorum haritasının toprak haritası lejandına dönüştürülmesi aşamasıdır. Bunun için temel yaklaşım foto yorum sınırları kriterlerinin toprak özellikleri ilişkisini göz önünde bulundurmadır. Bu kriter bazen bir tek element olabildiği gibi bir çok elementin kombinasyonu ya da bir fizyografik patern olabilir. Dolayısıyla hava fotoğraflarından yorumlanan dış toprak özellikleri, arazi çalışmalar ile elde edilenler gibidir. Üstelik doğruluğu arazi çalışmaları ile elde edilenlerden daha fazladır. Yine de unutulmamalıdır ki foto yorum sınırları

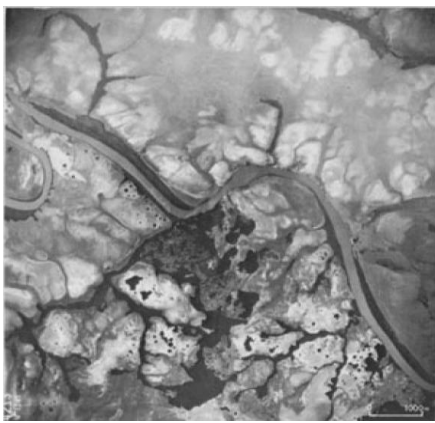
muhtemel toprak sınırlarıdır. Bu sınırlar ve profil özellikleri ise ancak arazi kontrolleri ile teyid edilebilir.

Bazı toprak sınırları fizyografya fark edilemez. Dolayısıyla foto yorum haritalarında ayırt edilemezler. Bu çoğunlukla halen etkin olmayan bir ürünün sonucu veya diğer bir sürecin maskeleymesi nedeniyledir.

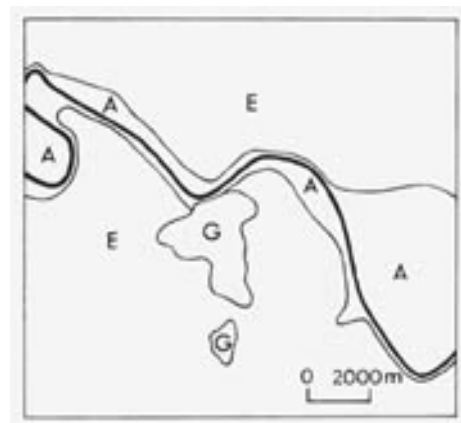
Topraklar yeni fizyografik süreçleri çabucak cevap vermezler ve özellikle profil özellikleri çoğunlukla geçmiş süreçlerin etkilerini taşırlar. Bu nedenle toprak haritalama lejandın oluşturmanın en iyi yolu fizyografik birimleri esas almasıdır.

Ancak burada en önemli husus fizyografik birimlerin doğru tanımlanmasıdır. Zira birikinti konisi, kıyı kumulları gibi depo fizyografileri kolayca ayırt edilmesine karşın erozif yer şekilleri ayırt edilecek kadar iyi gelişmemişlerdir. Bunun için morfometrik yaklaşımlar tercih edilmeli ve eğim derecesi, şekli, uzunluğu, gully yoğunluğu gibi ölçülebilir kriterler dikkate alınmalıdır.

Toprak haritalama lejandının oluşturulmasında bir diğer toprak etüd haritalama çalışmalarının ölçeğidir. Küçük ölçekli şematik toprak haritalarının yapımında fizyografik birimler genelleştirilerek kabaca bir gruplama yapılırken Şekil 5. orta ve büyük ölçekli yoklama ve detaylı toprak haritalarının yapımında fizyografik ayrımlar daha detaylı sınıflandırılır (Şekil 5.87). Tablo 2a,b,c de bu haritalara ait haritalama lejantları verilmiştir (Goosen,1967)

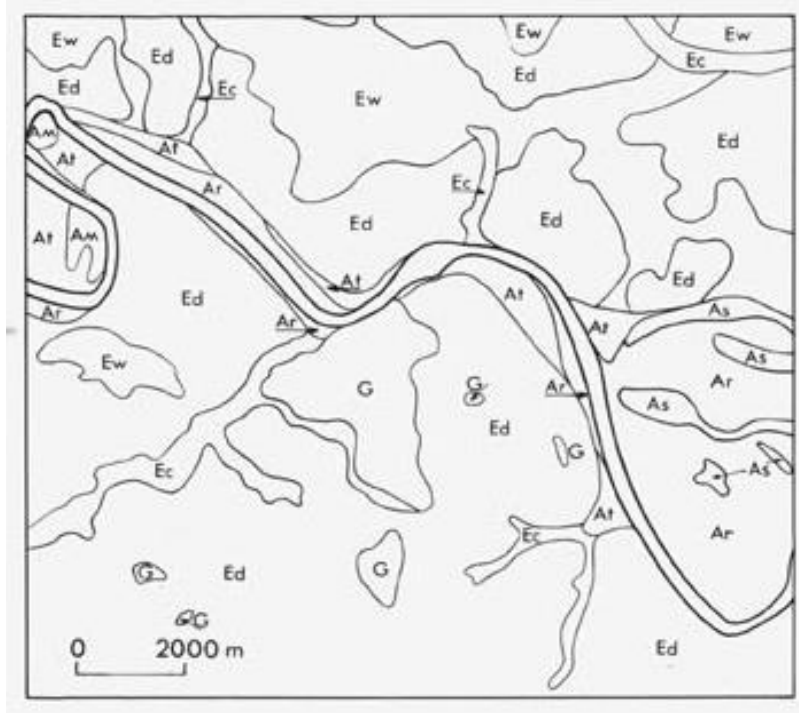


a

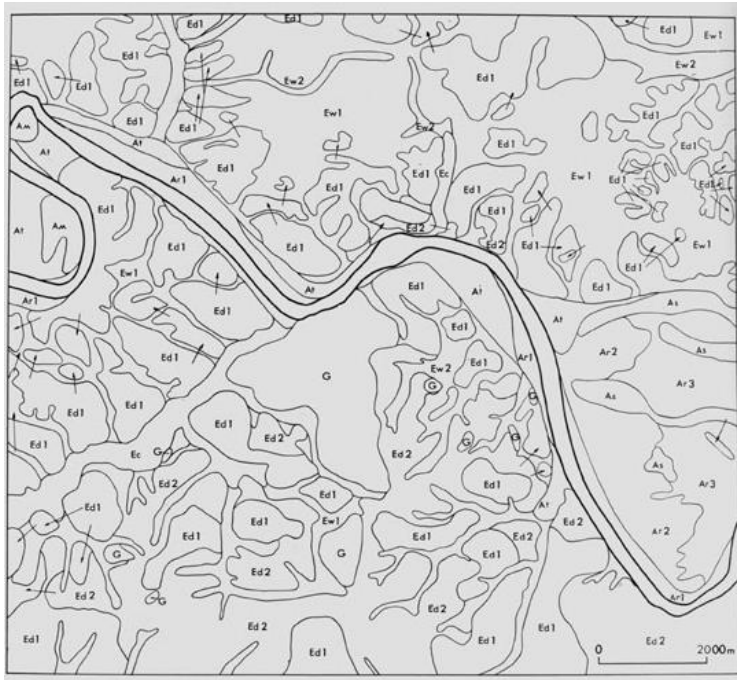


b

Şekil 5.86. Şematik toprak etüd haritalama çalışması için hazırlanmış genel toprak haritası lejandı (Goosen, 1967)



Şekil 5.87. Yoklama toprak etüd haritalama çalışması için hazırlanmış şematik toprak haritası lejandı (Goosen, 1967)



Şekil 5.88. Yarı detaylı toprak etüd haritalama çalışması için hazırlanmış kapsamlı toprak haritası lejandı (Goosen, 1967)

Tablo 2a. Şekil 5.86' daki şematik toprak haritasına ait genel toprak haritası lejandı

Sembol	Fiyografik birim
A	Aluviyal ova
E	Eoliyen ova
G	Engabeli tepe

Tablo 2b. Şekil 5.87' deki şematik toprak haritasına ait genel toprak haritası lejandı

Sembol	Fizyografik birim
<i>Aluviyal ova</i>	
Ar	Genç taşkın ovası
At	Aluviyal teras
Am	Nehir sırtı
As	Bataklık
<i>Eoliyen ova</i>	
Ed	Düz ova
Ew	Hafif eğimli
Ec	Vadi
<i>Engabeli tepe</i>	
G	Dik granit tepe

Tablo 2c. Şekil 5.88' deki şematik toprak haritasına ait genel toprak haritası lejandı

Sembol	Fizyoğrafik birim
<i>Taşkın ovası</i>	
Ar1	Doğal leve
Ar2	Kompleks burun
Ar3	Aluviyal düzlük
<i>Teras</i>	
At	Subsekant alt teras
<i>Nehir sırtı</i>	
Am	
<i>Bataklık</i>	
As	Artbataklık
<i>Düz ova</i>	
Ed1	Düz konveks
Ed2	Hafif kesintili
<i>Hafif eğimli</i>	
Ew1	Çöküntülü düz ova
Ew2	Drenajlı düz ova
<i>Vadi</i>	
Ec	Koluviyal aluviyal dolgulu vadi
<i>Dik granitik tepe</i>	
G	Dik tepe koluviyal depo

5.4. Ortofoto Haritalar ve Diğer Uzaktan Algılama Verilerinin Özellikleri

Prof. Dr. Yusuf KURUCU
Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, İzmir

5.4.1 Ortofoto Haritaların Özellikleri

Araziye ait verilerin tanımlanması ve haritalanması için kullanılan kartoğrafik materyallerin çeşitliliği gelişen görüntüleme ve veri işleme teknikleriyle uyumlu olarak artmaktadır. Uçak ya da uydulara takılabilen kameralar farklı yükseklikten ve farklı genişliklerdeki alanları görüntüleyebilmektedir. Bunun yanında, kamera özelliklerinin geliştirilmesine bağlı olarak kaydedilebilen elektromanyetik enerji dalga boyları ve stereo görüntüleme tekniklerinde de yenilikler sunulmaktadır. Görüntüleme tekniklerinde yaşanan gelişmeler araziye ait gözlem yapabilme ve haritalama yeteneğimizin artmasını sağlamaktadır. Bu gelişmeler, başta topoğrafya olmak üzere, oluşumlarında çok sayıda parametrenin etkili olduğu toprakların sınırlarının belirlenmesi ve çizilmesi işleminde de önemli avantajlar sağlamaktadır. Yersel (spatial) ve tayfsal (spektral) çözünürlüğü yüksek hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri, üç boyut görüntüleme ortamı sağlayan üstün yazılım ve donanımlar toprak haritalama teknikleri içerisinde yerini almaktadır.

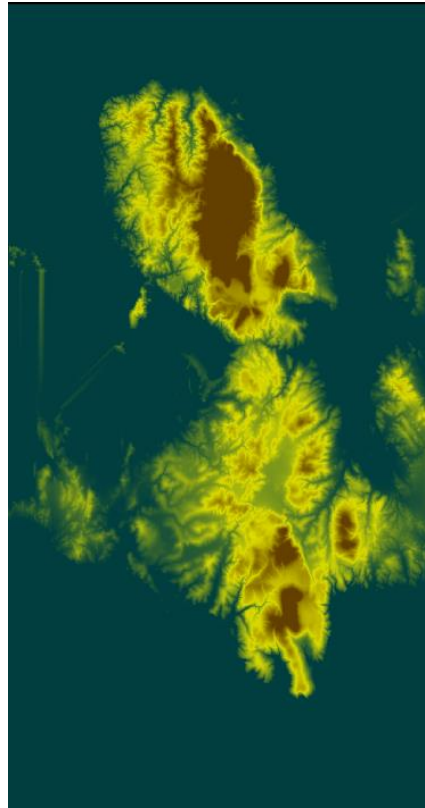
Alana bağlı çalışmalarda, koşulların değişken olması nedeniyle sürekli gözlem yapma gereksinimi duyulmaktadır. Çok sık tekrarlanması mümkün olmayan ve pahalı olan arazi çalışmaları ile veri toplama yada kontrol etme çalışmaları yerine yeryüzünü sürekli gözlemleyen ve ekonomik olarak geniş alanları görüntüleyen uydu görüntüleri işlerlikte kullanılmaktadır. Toprak harita çalışmalarında gereksinim duyulan detay, kullanılacak görüntü ile doğrudan ilişkilidir.

Bu bölümde hava fotoğraflarının üç boyutlu düzeltmesinin yapılması ile üretilen ortofoto haritalar, uydu görüntüleme tekniği ve görüntü çeşitleri anlatılmaktadır. Yeryüzünün uçak, uydu vb taşıma platformlarına yerleştirilmiş kameralar ile elde edilen görüntülerinde, görüntüleme anında hem yeryüzünün hem de platformun hareketlerine bağlı olarak sürüklenmeler, çekim açısındaki eğiklikler, yeryüzü yükseltilerinin homojen olmaması, bu objelerin kameraya olan mesafelerin değişken olması vb nedenler ile geometrik bozukluklar olabilmektedir. Bu nedenlerle,

görüntülerin alan ve uzunluk ölçümleri yada objelerin koordinatlarının belirlenmesi vb amaçlar için kullanımlarından önce düzeltme işlemlerine gerek duyulmaktadır.

Ortofoto görüntüleri, orijinal görüntünün eğiklik dönüklük ve yükseklik farkından ileri gelen ötelemelerinin, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM yada DEM)'den sağlanan yükseklik verileri yardımıyla düzeltilerek ve piksellerin yeniden örneklenmesiyle oluşturulan görüntülerdir. Düzeltme işlemi yatay ve dikey yönde (x,y,z) yapılmalıdır. Bu amaçla yeryüzünde x,y,z koordinatları bilinen noktalara (yer kontrol noktaları) ve yüksek çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modeline ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 5.87, 5.88).

Fotoğrafların dönüklüklerinin, kameradan ve yükseklik farklarından kaynaklanan hataların giderilerek dik izdüşüm haline getirilmesine ortorektifikasyon, elde edilen ürünlere de ortofoto denir. Büyük bir alanı görüntülemek için, ortorektifikasyonları yapılmış fotoğraflar, uçuş hatları dikkate alınarak bir araya getirilirler. Ancak ortorektifikasyonu yapılmamış ardışık birkaç fotoğrafı uç uca eklemek mümkün değildir (Anonim 2014).



Şekil 5.87 Karaburun Yarımadası (İzmir) sayısal yükseklik modeli.



Şekil 5.88 Hava fotoğraflarının ortorektifikasyonları için gerek duyulan ve koordinatları bilinen yer kontrol noktalarının tesisi edilmesi (Anonim 2014).

Ortorektifikasyonları tamamlanmış görüntülerden tek bir ortogörüntü oluşturulmasına imkân sağlayan üretim süreci mozaikleme olarak tanımlanmaktadır. Ortofotoların uygun şekilde birleştirilmesinden elde edilen görüntüye de ortomozaik denir. Mozaikleme denilen bu işlemde, fotoğraflar arasında görülebilecek renk yada radyometrik farklılıklar giderilir. Ortomozaikler, koordinatı bilinen yer kontrol noktaları yardımıyla ölçekli bir şekilde gerçek koordinatlarına yerleştirilerek üzerine gerekli işaretlemeler yapıldığında ortofoto haritalar elde edilir (Şekil 5.89,5.90). Böylece hava fotoğrafları her yerinde ölçeği aynı olacak, üzerinden koordinat okunabilecek şekilde düzenlenip birleştirilerek yorumlanabilir hale getirilmektedir (<http://www.dbnet.com.tr>).



Şekil 5.89. Mozaikleme öncesi alana ait görüntülerin birbirleri ile bindirmeli olarak birleştirilmiş şekli (www.somenge.com.br)



Şekil 5.90. Mozaikleme işleminden sonra alana ait görüntü (www.somenge.com.br)

Ortofoto haritalar, çizgi haritalar gibi belirli bir pafta bölümlenmesine göre üretildiğinden, Ölçek büyüklüğüne uygun pafta indeksine göre kesilip isimlendirilebilir. Ortoto üretimi ilgili aşamalar aşağıda sırasıyla verilmektedir.

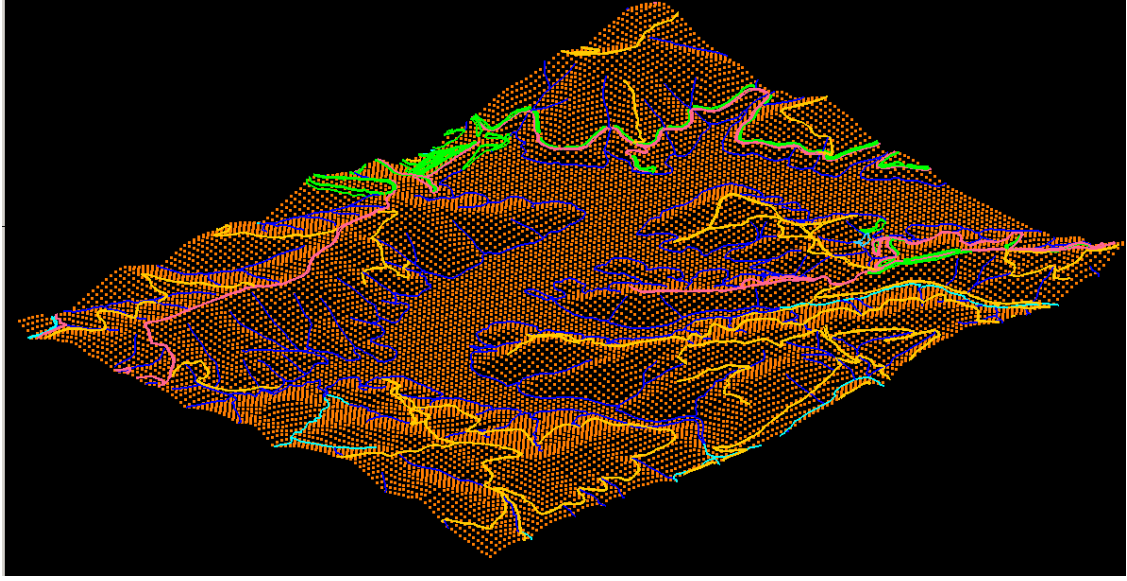
Sayısal Arazi ve Yükseklik Modeli (SAM-SYM) üretimi

Ortofoto üretimin ilk aşaması Sayısal Yükseklik modeli üretimidir. Sayısal Arazi Modeli üretimi; proje alanındaki stereo model üzerinden arazinin yapısını tanımlayacak; tepe, çukur, şev, kuru-sul dereler, yol, köprü, viyadük, kokurdan, zirve, sırt gibi topoğrafik ve morfolojik şekillerin karakteristik noktalarından yükseklik bilgileri toplanır (Anonim 2014).

Sayısal Yükseklik Modeli üretimi için arazide koordinatları bilinen noktalara veya bunların işlenmesiyle oluşan eşyükselti eğrilerine gereksinim duyulur. Bu verilerden üretilecek üçgen model (TIN) ve gridleme işlemlerinden sonra sayısal yükseklik modeli elde edilir (Şekil 5.91).

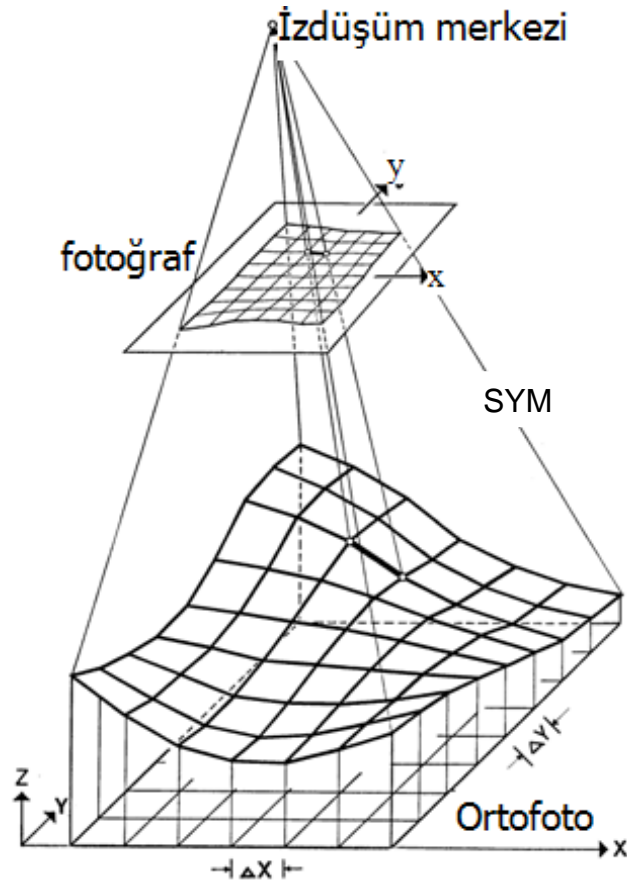
Ortofoto Harita ve Mozaik Üretimi

Sayısal Ortofoto Harita Üretimi, fotogrametrik nirengi dengelemesi sonucunda elde edilen dış yöneltme elemanları, Sayısal Yükseklik Modelleri ve sayısal fotoğraflar kullanılarak üretilmektedir.

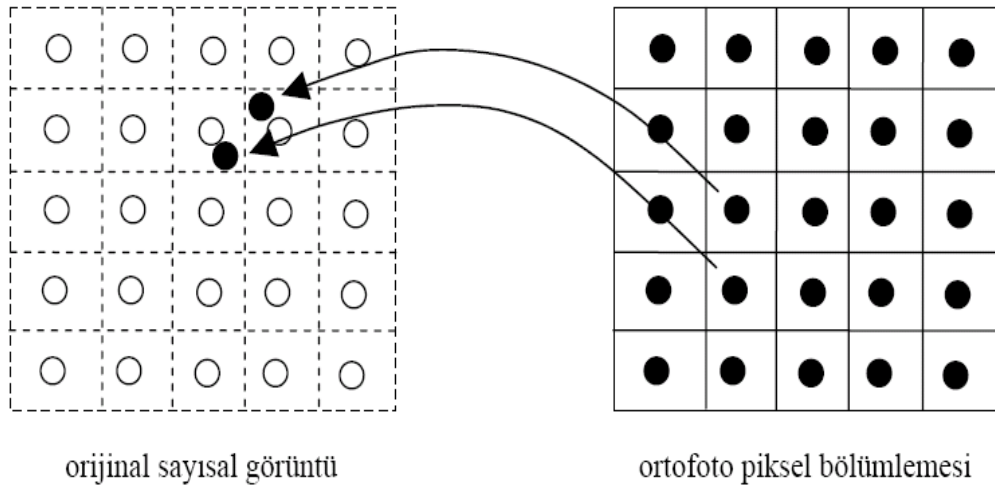


Şekil 5.91 Sayısal Arazi Modeli

Sayısal ortofoto üretiminin ilk aşamasında, önceden tanımlanan yer örnekleme ağı (YÖA) ile ortofoto haritalanacak alanı kapsayan boş bir grid yapı oluşturulur. Bu grid yapı daha sonra oluşturulacak ortogörüntünün piksel bölümlenmesini oluşturacaktır. Her bir piksel bölümlenmesi orta noktasının, XY referans koordinat sistemindeki koordinatları bilinmektedir. Her bir piksel bölümlenmesi orta noktasının Z koordinatı da bilinirse, XYZ koordinatlarından ortofoto üretimi için kullanılan fotoğrafın iç-dış yöneltme elemanları ve izdüşüm denklemleri yardımı ile fotoğraf koordinatlarına geçiş yapılabilmektedir. Ortofoto üretiminde tek fotoğraf kullanıldığı için Z koordinatı belirlenemez. Bunun yerine Sayısal Yükseklik Modeli yardımı ile XY değerine karşılık gelen Z değeri enterpolasyon işlemi ile belirlenir. Sonuçta boş piksel bölümlenmesindeki her bir piksel orta noktasının, XYZ referans koordinat sistemindeki koordinatları belirlenmiş olacaktır. Fotoğrafa ilişkin iç ve dış yöneltme elemanları bilindiğinden boş gride ait fotoğraf üzerindeki gri değerler belirlenir. Fakat fotoğrafın ortofoto boş grid piksel orta noktaları ile sayısal görüntü piksel orta noktaları çakışmaz (Şekil 5.92,5.93).Bu durumda, bikübik enterpolasyon yöntemiyle ortofoto pikseline ilişkin gri değer belirlenir ve bu durum her bir piksel için gerçekleştirilir.



Şekil 5.92. Sayısal Ortofoto üretimi (Anonim 2014).

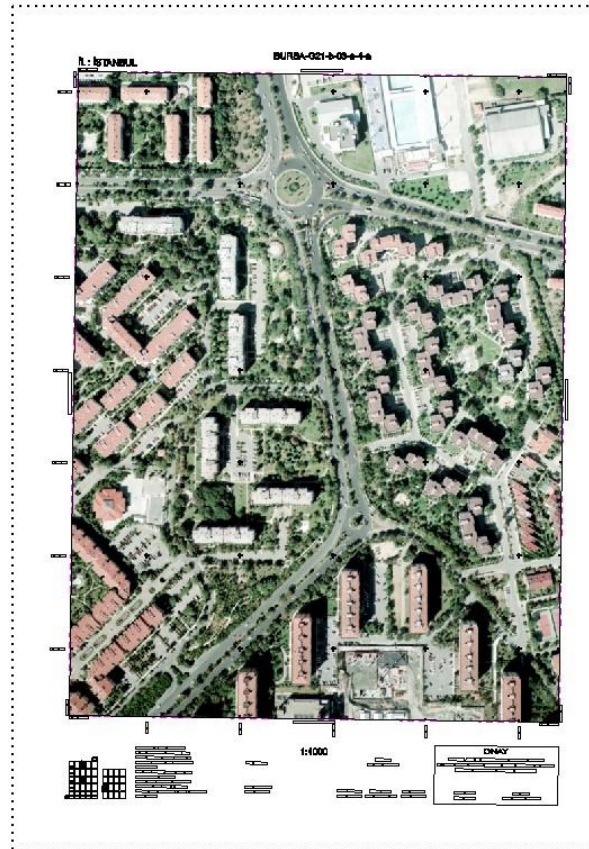


Şekil 5.93. Yeniden örnekleme (Anonim 2014).

Ortofoto üzerine sayısal eşyükselti eğrilerinin, yol ya da yerleşim alanları vb bilgilerin eklenmesi ile ortofoto haritalar üretilir (Şekil 5.94,5.95).



Şekil 5.94. Ortorektifikasyonu yapılmış bir ortofoto görünümü. Yeryüzündeki aşınma bölgeleri açık renk ile görülebilmektedir.



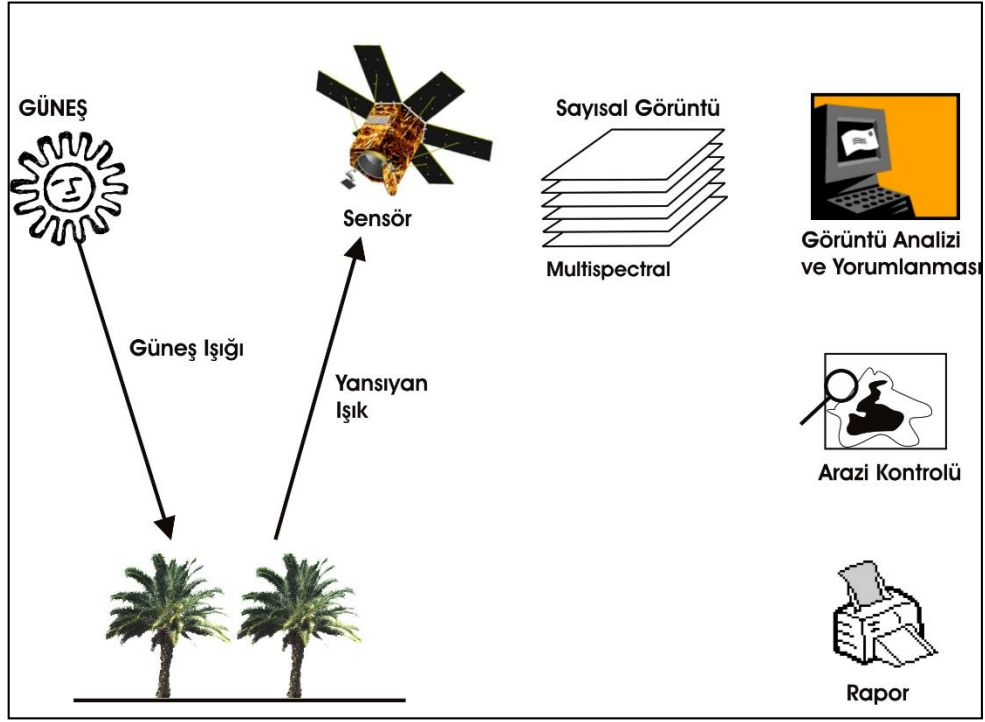
Şekil 5.9568. Renkli ortofoto harita (Anonim 2014).

5.4.2. Diğer Uzaktan Algılama Verilerinin Özellikleri

Uzaktan algılama tekniği çerçevesinde, hava fotoğrafları ile birlikte kullanılan uydu görüntüleri, sık görüntüleme ve daha ekonomik olması nedeniyle son yıllarda tarımsal amaçlarla yaygın olarak kullanılmaktadır. Tayfsal (spectral) özelliklerine bağlı olarak günümüze kadar daha çok bitki envanteri için kullanılmıştır. Toprak haritalama ve arazi özellikleri için yaygın olarak kullanılmamasındaki temel neden stereo görüntü sunulamamasıydı. Monoskopik yorum yapmak, toprak özelliklerinin belirlenmesi için önemli yetersizliklere neden olabilmektedir. Ancak son yıllarda geliştirilen bazı uydular stereo görüntüleme teknilerini kullanarak, hava fotoğraflarında olduğu gibi stereo görüntü kaydedebilmekte ve kullanıcılarına üç boyutlu yorum yapma olanağı sağlamaktadırlar. Bunun yanında, monoskopik olmasına rağmen, sayısal yükseklik modelleri kullanılarak oluşturulan kabartmalı görüntüler (Sayısal Arazi Modelleri, Digital Terrain Model) üzerine uydu görüntülerinin giydirilmesi ile çıplak göz ile fizyoğrafya ile birlikte yüzey görünümüleri birlikte incelenebilmektedir. GoogleEarth ve Citysurf bunun en yaygın kullanılan örnekleridir.

Uzaktan algılama tekniği pek çok bilim dalı için vazgeçilmez bir araç konumundadır. Konusunu iyi bilen “uzman” kullanıcılar, hava fotoğrafları ya da uydu görüntülerinden, yeryüzüne ait bilgileri ayrıntılı olarak üretebilirler. Uzaktan Algılama Tekniği, cisimlerle fiziksel temas sağlamadan, görüntü veya fotoğraflarla tanımlanması çalışmalarıdır. Ancak uzaktan algılama tekniği ayrıntılı veri üretmek için tek başına yeterli değildir. Arazi çalışmaları ve diğer laboratuvar analizleri ile desteklenmelidir.

Uydular, yeryüzüne ulaşan ve objelerden yansıyan veya geri saçılan güneş veya mikrodalga özellikli elektromanyetik enerjiyi özel algılayıcıları yardımıyla algırlar, bu verileri sayısal bir şekilde kaydedilmesine olanak sağlarlar. Elde edilen veriler her bir uydu için yeryüzünün değişik bölgelerinde konumlandırılmış yeryüzü alıcı istasyonlarına gönderilir ve sayısal bir şekilde kullanıcılar sunulur (Şekil 5.96).

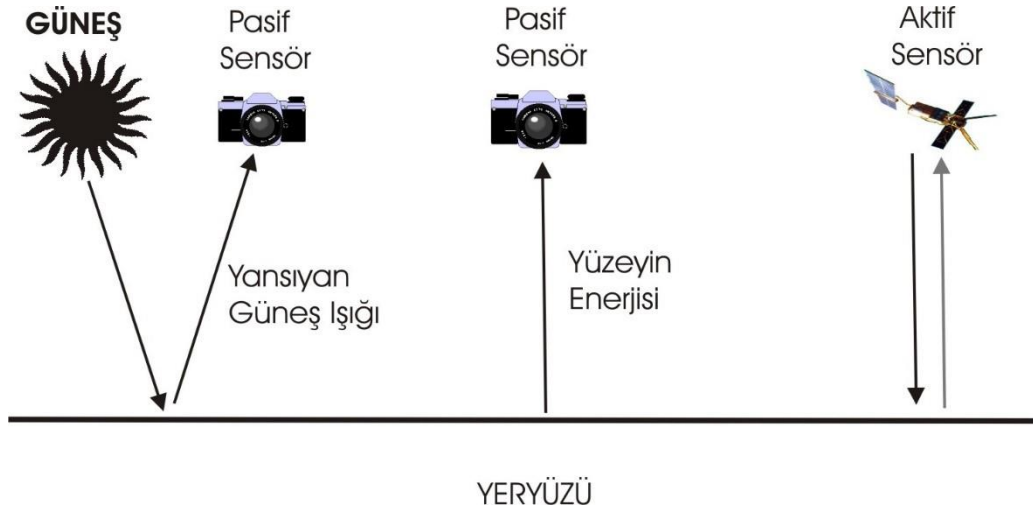


Şekil 5.96. Uydu görüntüleme sistemlerinde veri döngüsü (Kurucu vd, 2008)

Uzaktan algılama tekniği, algılanan enerjinin kaynağına göre aktif ve pasif uzaktan algıma şeklinde iki başlık altında incelenir.

Pasif uzaktan algılama sisteminde, enerji kaynağı çoğunlukla güneştir, ancak cisimlerin kendi bünyelerinden yaydıkları enerjinin algılanması ve görüntülenmesi işlemi de pasif uzaktan algılama sistemi içerisinde değerlendirilir (Şekil 5.97). Pasif uzaktan algılama sistemi içerisinde yer alan Landsat, SPOT, IKONOS vb. uyduların ve uçağa takılı kamera düzenekleri yardımı ile üretilen görüntüler “Optik Görüntü” olarak tanımlanır.

Pasif uzaktan algılama tekniğinde kullanılan kamera kaydı görüntüleri, objelerin güneş enerjisini yansıtma karakteristiklerine bağlı olarak farklı dalga boyundaki enerjileri içermektedir. Bitki örtüsü odaklı görüntüleme ve haritalama çalışmalarında yakın kızılötesi dalga boyundaki enerji kaydedilirken, toprak ve kayalar için orta –uzun kızılötesi, yeşil ve kırmızı dalga boyundaki enerjiler kullanılmaktadır. Stereo olmamalarına rağmen, toprak nemi ve nem ile ilişkili diğer toprak özelliklerini yorumsal olarak belirlenmesine olanak sağlamaktadırlar.

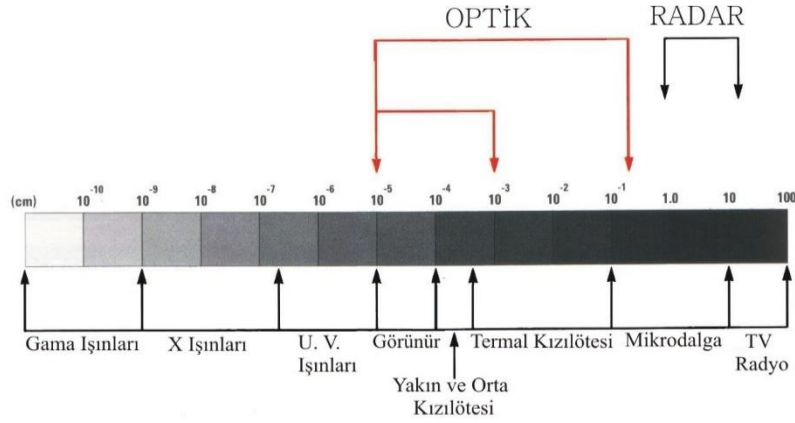


Şekil 5.97. Aktif ve pasif uzaktan algılama işlemi (Kurucu vd, 2008).

Aktif uzaktan algılama da ise sistem, algılayacağı enerjiyi kendi kaynaklarında yaratır, yeryüzüne gönderir ve yansımalarını kaydeder. “Radar” olarak da bilinen bu sistemlerde mikrodalga enerji kullanılır ve bunların yayılması, yansıyan enerjinin algılanmaları antenler aracılığı ile gerçekleşir.

Elektromanyetik spektrumun görünür ve yakın kızılötesi bölgesindeki enerjinin kaydedilmesiyle elde edilen optik uydu görüntüleri ile bitki örtüsü ve arazinin gözlemlenmesi, haritalanması gibi işlemleri yapmak mümkündür (Wiegand et al., 1989; Idso et al, 1978; Philipson and Teng, 1989; Kurucu vd., 2004). Ancak atmosfer koşullarının olumsuz veya bulutluluk oranının yüksek olduğu koşullarda optik görüntülerin kullanımı mümkün olmamaktadır. Bu durumda, ancak radar uydu görüntüleri kullanılarak arazi gözlemleri yapabilmek olanaklı hale gelmektedir. Radar görüntüleri, kullanılan enerji, alınan verilerin yapısı ve kayıt yöntemi bakımından optik görüntülerden çok farklıdır. Buna bağlı olarak kullanılan yazılımlar ve görüntü işleme yöntemleri de farklılık göstermektedir. LANDSAT, SPOT, ASTER vb optik uydular pasif sistemler olup, ancak güneş ışınlarının aydınlattığı yeryüzünü görüntüleyebilir. Bu da elektromanyetik spektrumun görünür ve kızılötesi bölümlerini oluşturan enerjiyi kapsamaktadır (Şekil 5.98).

Elektromanyetik spektrumun görünür, kızılötesi ve termal kızıl ötesi bölgelerinden daha uzun dalga uzunluklarında siyah cismin ışınım gücü azalır ve bu bölgede optik sistemlerle algılama yapılamaz (Altınbaş vd, 2003).



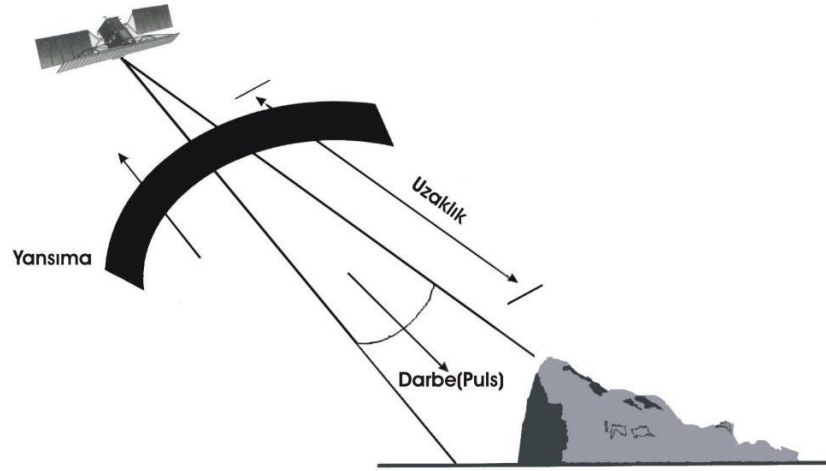
Şekil 5.98. Elektromanyetik spektrumun dalgaboyu aralığına göre bölünmesi ve bunların tanımlamaları (Balık, 2004)

Aktif uzaktan algılama tekniğinde, görüntüleme için kullanılan mikrodalga boyundaki enerjinin üretilmesi, yeryüzüne gönderilmesi ve geri saçılımın kaydedilmesi uçak ya da uydulara takılı cihaz ve antenler aracılığıyla olmaktadır. Herhangi bir lens ya da kamera düzeneği kullanılmamaktadır. Radar görüntüleri elektromanyetik spektrumun insan gözünün göremediği enerji aralığında kaydedilir. Aktif bir sistem olması nedeni ile gönderilen enerjinin güç, frekans ve polarizasyon gibi özellikleri çalışma amacına uygun olarak ayarlanabilir. Atmosferik koşullardan bağımsız olarak yüksek radyometrik ve geometrik çözünürlük sağlar, hareketli hedefler izlenebilir ve görüntülenebilir. Kullanılan dalga boyuna bağlı olarak bitki örtüsüne ve toprağa penetre olabilme özelliği taşır. Ancak, radar sistemlerinin pahalı ve karmaşık sistemler olması nedeni ile algılanan görüntülerin geometrik hataları, optik sistemlerden çok farklı ve görüntülerdeki benek/gürültü etkisi ile işlenmesi ve değerlendirilmesi güçtür (Kurucu ve Balık, 2004)

Görüntülenen bir alanın gerisaçılımı o bölgenin topografyasına, santimetre büyüklüğündeki yüzey pürüzlülüğüne ve nem oranı ile doğrudan etkilenen dielektrik özelliğine bağlı olarak değişiklik gösterir (Balık Şanlı ve Abdikan, 2006). Gerisaçılımın az olması koyu renkli yani gri skalanın yaklaşık siyah aralığında görüntü oluşmasına neden olurken, yüksek geri saçılımlar açık tonlu, yani gri skalanın beyaza yakın aralığında görüntü verir. Renkli görüntü oluşturmak için optik uydularda olduğu gibi (LANDSAT, SPOT, vb) çok bantlı görüntülere ihtiyaç vardır. Örneğin LANDSAT-TM elektromanyetik spektrumun 7 farklı aralığındaki yer yüzeyi yansımalarını

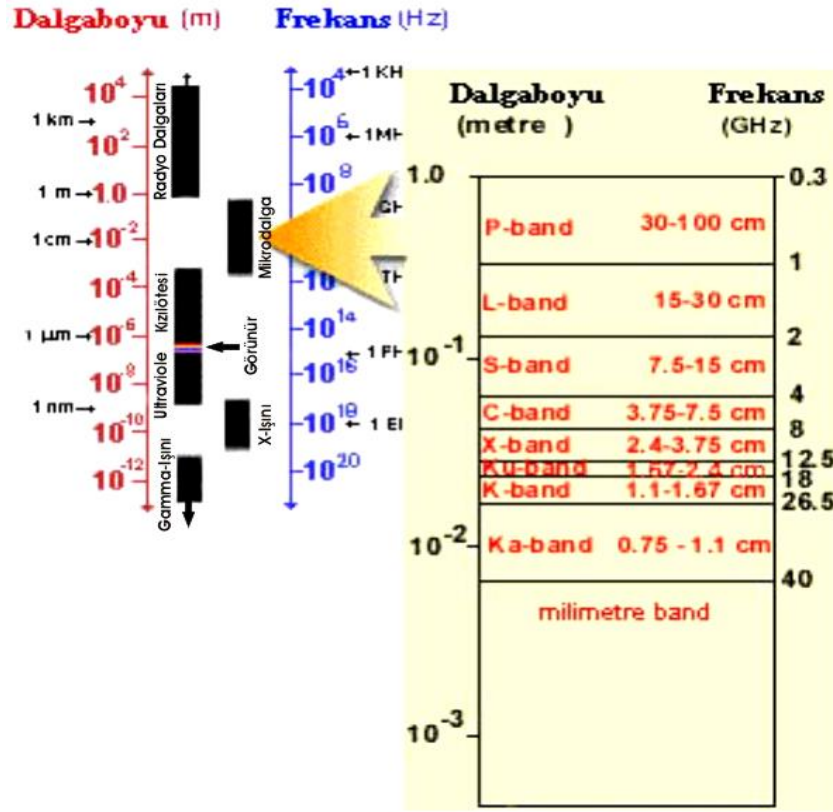
kaydedebilmekte böylece 7 farklı bant kombinasyonuna imkân tanımaktadır. Renk, bu bantlardan herhangi 3 tanesinin RGB format mantığı çerçevesinde birleştirilmesi ile elde edilmektedir. SAR görüntüleri ise (RADARSAT, ERS vb) elektromanyetik spektrumun tek bir aralığında kayıt yaptığından sadece tek bir bant olarak siyah-beyaz bir görüntü verebilir (Balık, 2004).Aktif algılama sistemleri gece ve gündüz, her türlü hava koşullarında çalışabilmektedirler. Bu sistemler görüntü kaydeden ve etmeyenler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Görüntü kaydeden aktif mikrodalga algılayıcı olarak en iyi bilinen sistemler RADAR'lardır. RADAR kelimesi, RADio Detection And Ranging kelimelerinin kısaltılmasından oluşmuştur. Uzaktan algılamada kullanılan en uzun dalga boyu mikrodalga bölgesinde yer almaktadır ve RADAR bu bölgede 1 cm ile 1 m dalga boyları arasında değerler alır (Kurucu ve Balık., 2004)

Radar görüntüsü, yer yüzeyine yollanan enerji ile uyduya geri dönen enerji arasındaki oran hesaplanarak oluşturulur. Algılayıcıya geri dönen enerjiye gerisaçılım (backscatter) denir (Şekil 5.99).

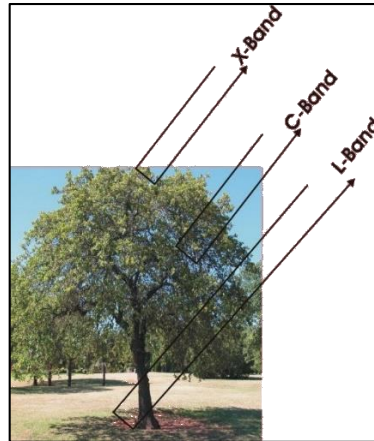


Şekil 5.99. Radar sisteminde enerji iletimi (Canadian Space Agency, 1996)

Aktif uzaktan algılama tekniğinde kullanılan enerjinin dalga boyları, objelerin bu aralıklarda gösterdiği tepkilere göre değişmektedir. 2.4-3.75 cm dalga boyu aralığındaki X bant objelerin yüzeyinden yansımakta ve çoğunlukla askeri amaçlı kullanılmaktadır. 3,75-7,5 cm genişliğindeki dalga boylarına sahip olan C bant ise objelerin yüzeye yakın bölgelerine ulaşabilmektedir. 15-30 cm aralığa sahip L bant ise özellikle bitki dokusunun altındaki zemin vb. gibi objelere ulaşabilmektedir (Şekil 5.100,5.101)



Şekil 5.100. Elektromanyetik spektrumun RADAR görüntülemesinde kullanılan bölümleri ve bant tanımlamaları [<http://www.geog.ucsb.edu>]

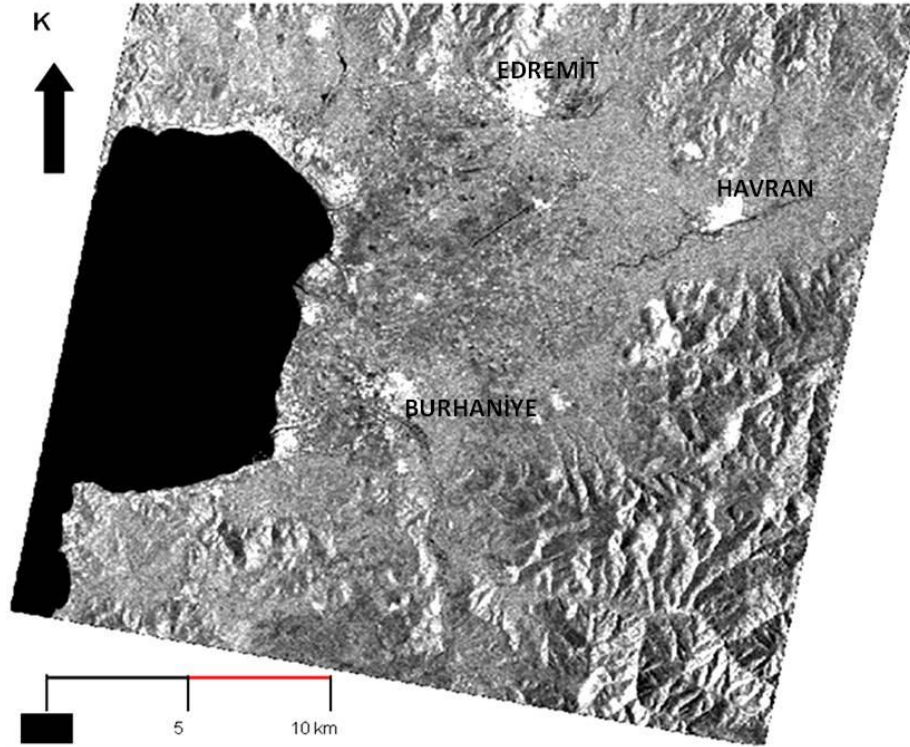


Şekil 5.101 SAR görüntüleri oluşturulmasında kullanılan mikrodalgaların geri saçılım özellikleri (Kurucu ve Balık, 2004)

SAR Görüntülerinin Obje ile Etkileşimi

SAR görüntülerinde objelerin gri ton değerleri; yollanan enerjinin miktarına ve bu enerjinin obje yüzeyinden geri saçılımına bağlı olarak değişir. Geri saçılan enerjinin büyüklüğü ya da başka bir deyişle yoğunluğu, enerjinin obje yüzeyi ile etkileşimine bağlı olarak değişmektedir. Bu etkileşim, radar sisteminin (frekans, polarizasyon, alım açısı) ve yer yüzeyinin (arazi örtüsü, topoğrafya, rölyef vb) özelliklerini de içine alan birçok parametreye bağlıdır. Bu parametrelerin birçoğunun birbiri ile ilişkili olması nedeniyle, radar görüntülerinde her birinin etkisini tek tek belirleyebilmek çok güçtür. Radar görüntülerinin gri ton değerleri, bu değişkenlerin birleşiminin bir sonucudur. Bu parametreler, temel olarak üç grup ile sınıflandırılabilir:

- Objenin yüzey pürüzlülüğü (surface roughness),
- Radarın görüntüleme geometrisi ve topografya ilişkisi,
- Objenin nem içeriği ve dielektirik özellikleri.

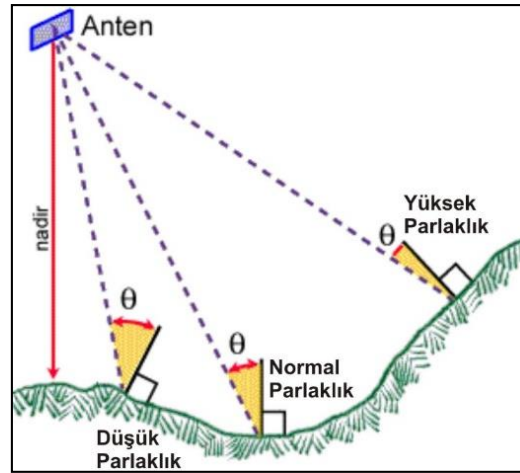


Şekil 5.102 Havran yöresine ait RADARSAT-1 görüntüsü (Kurucu ve Balık,2004)



Şekil 5.103. Radarsat-1 ve Landsat uydu görüntüsü 3. Band birleştirilerek (fusion) elde edilen zenginleştirilmiş görüntüsü (Kurucu ve Balık, 2003)

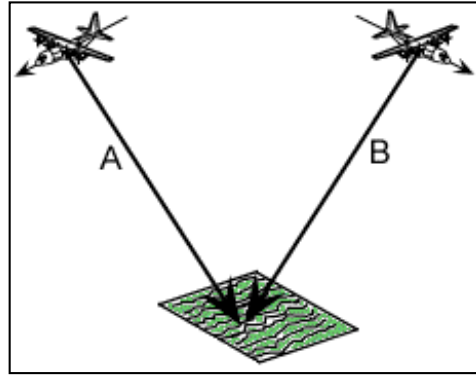
Topoğrafik yapı görüntünün şekillenmesinde oldukça etkilidir. Bu özellik, yer yüzü İncelemelerinde değerlendirilmektedir. Düz yüzeylerde bölgesel geliş açısı radar sisteminin geliş açısı (B) ile aynıdır. Yükseklik farklarının olduğu yüzeyler için bu durum söz konusu değildir. Genellikle radara doğru bakan eğimli yüzeyde bölgesel alım açısı küçük olacağından algılayıcıya doğru daha fazla geri saçılım söz konusudur, bu da görüntünün bu kısımların daha fazla parlak görünmesine ve topoğrafik yapı hakkında bilgi elde edilmesini sağlamaktadır.



Şekil 5.104 Geliş açısı ve Lokal geliş açısı [www.ccrs.nrcan.gc.ca]

Radar sistemlerinin görüntüleme geometrisi ile yer yüzeyinin geometrisi arasındaki ilişki dikkate alındığında, radarın objeyle göstereceği etkileşimini ve kaydedilen gerisaçılım değerini belirleyebilmek açısından bölgesel alım açısının önemi büyüktür. Sistemlerin alım geometrisindeki değişiklikler topografyanın belirlenmesini farklı şekillerde etkileyecektir. Örneğin farklı miktarda kısa algılama, ters algılama yâda gölge alanlar kaydedilir.

Radarın bakış yönü radar ışınımının yer yüzeyindeki doğrusal özelliklere göre yönünü belirlemektedir. Özellikle görüntülenen objeler tarım arazileri, dağlar gibi doğrusal özellikteyse, bakış açısı bir radar görüntüsünde objenin görünümünü etkileyen önemli bir özelliktir. Bakış yönü, algılanan objenin yönüne hemen hemen dik ise (A) yollanan enerjinin çok büyük bir kısmı tekrar yansıtılacak ve algılayıcı tarafından kaydedebilecektir. Görüntü açık tonlarda olacaktır. Eğer bakış yönü objenin yönüne göre eğik durumda ise (B), daha az enerji geri dönecektir ve görüntü daha koyu renkte kaydedilecektir (Şekil 4.22) Bakış yönü radar görüntülerinde objeler arasındaki kontrastı zenginleştirmek açısından önemlidir. Özellikle dağlık bölgelerde, gölgenin önemi üst üste binme ve kısa görüntülenmenin etkisini azaltabilme açısından büyüktür. Aynı bölgenin farklı bakış açıları ile görüntülenmesi ile objenin özellikleri hakkında farklı bilgilerin elde edilmesi mümkün olabilmektedir.



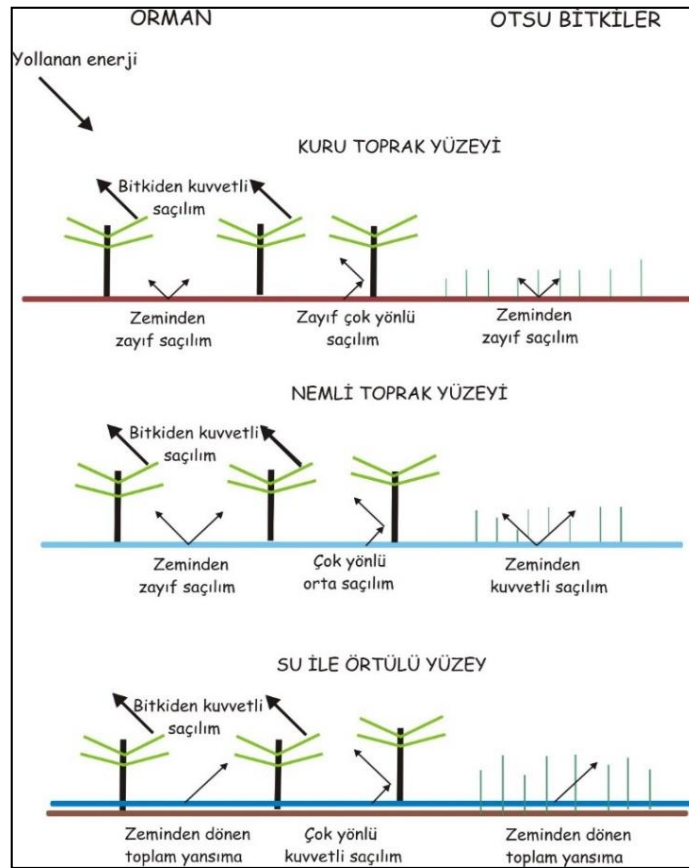
Şekil 5.105. Bakış yönü veya alım açısı [www.ccrs.nrcan.gc.ca]

Birbirine dik birden fazla yüzeyi olan objeler, gelen radar ışını ile karşılaşırsa köşe yansımaya sebep olabilir. Birbirine dik olan bu yüzeyler, iki kere yansımadan dolayı gelen enerjinin büyük bir kısmının geri yansımaya neden olur. Köşe yansıması genellikle yerleşim alanlarında karşılaşılan bir problemdir. Binalar, yollar, köprüler ve diğer insan yapımı objelerde bu durum fazlası ile söz konusudur. Doğal oluşan köşe

yansımaları ise kayalık, uçurum yüzeylerde ya da bölgelerde söz konusudur. Her durumda köşe yansımaları objelerin çok parlak gözükmesine neden olur.

Nem miktarı objenin elektrik özelliklerini etkilemektedir. Elektrik özelliklerindeki değişiklikler de objenin gelen elektromanyetik enerjiyi yutma, iletme ve gerisaçılım özelliklerini etkilemektedir. Bu sebeple objenin veya yer yüzeyinin nem miktarı gelen radar enerjisinin yansımalarını ve bu yansımanın radar görüntüsündeki görünüşünü etkileyecektir. Genellikle gerisaçılım (görüntünün parlaklığı) nem miktarı arttıkça artmaktadır.

Objeye nemli iken en üst yüzeyden saçılma yani yüzey saçılması (surface scattering) daha çoktur. Yansıma şekli ve büyüklüğü, objenin radara pürüzlü bir yüzey gözükme derecesine bağlı olarak değişmektedir. Eğer obje kuru ise yüzeyi pürüzsüz gözükmektedir ve yüzey orman örtüsü gibi fazla saçılmaya neden olan ya da toprak, kum ve buz gibi homojen bir yüzey olmasından bağımsız radar enerjisi yüzeyden derinliklere kadar ilerleyebilmektedir. Bu durumda herhangi bir yüzey için uzun dalga boyları kısa dalga boylarından daha ileriye ulaşabilmektedir (Şekil 5.106).



Şekil 5.106. Objelerin ve yer yüzeyi su içeriğinin radarın gerisaçılımına etkisi

Polarizasyon

SAR görüntülerinden bilgi üretilmesini sağlayan diğer bir faktör polarizasyondur. SAR antenleri polarize edilmiş (elektrik dalgalarının titreşimi, uçuş yönüne dik, tek bir düzlemden iletilmesi için enerji vuruşlarının filtreden geçirilerek gönderilmesi) enerjiyi gönderir ve alır. Elektromanyetik enerjinin vuruşu anten tarafından dikey polarizasyonlu ya da düşey polarizasyonlu olarak iletilir. Polarizasyon, elektro manyetik dalganın aldığı yol boyunca yaptığı salınım hareketidir. Düşey bir polarizasyon dalga aşağı yukarı salınım şeklinde ileri doğru hareket eder. Bir vuruş algılayıcıdan gönderildiğinde, anten tasarımına göre elektrik alan vektörü dalgayı düşey (V) ya da yatay (H) olarak titretir (Şekil 5.107).

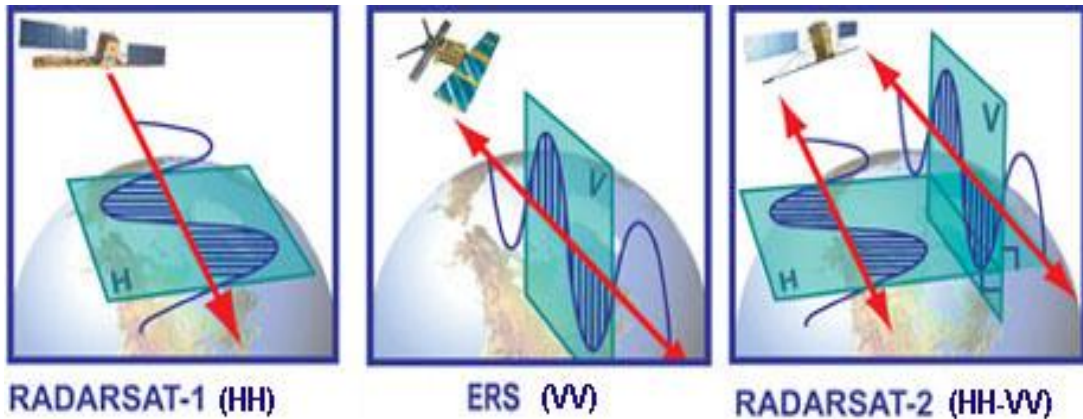
Polarizasyon, antenin dalgayı gönderiş ve alış şekline göre ayarlanabilir. Çoğunlukla gönderilen vuruşlar paralel-polarizasyon şeklindedir. Elektrik alan titreşimi, gönderildiği gibi alınır, bu durumda düşey-düşey (HH) ya da yatay-yatay (VV) polarizasyon elde edilir. Diğer bir anten konumu olan çapraz-polarizasyonda dalganın gönderildiği ve alındığı durumları farklıdır, VH ya da HV konumundadırlar. Buna göre elektro manyetik dalganın gönderim ve alım türüne göre dörde ayrılır;

Tek Polarizasyon: VV, HH

Tek çapraz Polarizasyon: HV, VH

Çift Polarizasyon: VV/HH, HH/VV, HH/HV, VV/VH

Tam Polarizasyon: HH+HV+VH+VV



Şekil 5.107. Mikrodalga enerjinin Yatay (HH), düşey (VV), ve yatay-düşey (HH-VV) polarizasyon özelliği [www.radarsat2.info]

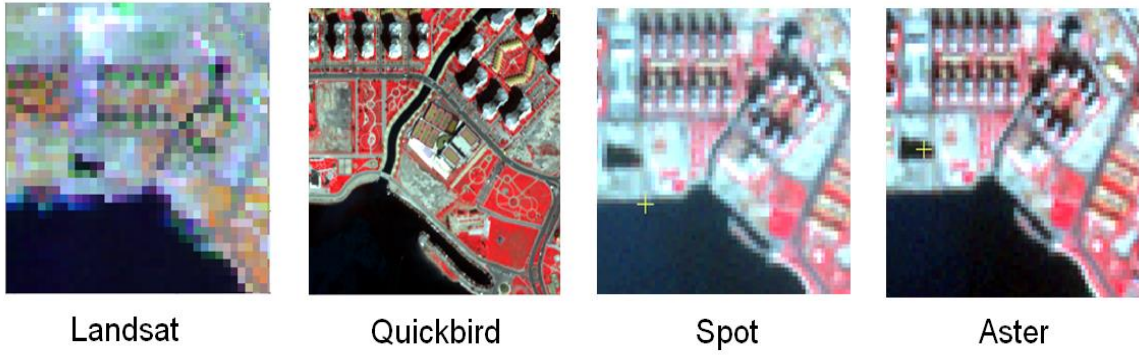
Bir elektromanyetik dalga, değişen bir ortama geçtiğinde ya da bir nesneden geri saçıldığında, yansıtıcının şekli ve yönü ile ilgili karakteristik bilgiler elde edilir. Polarimetri hedef yakalama parametrelerine pek çok yeni tanımlayıcı bilgi üretir. Mikrodalgaların nesneden olan yansıma özelliği nesnenin geometrik yapısının ve polarizasyonun birbiriyle olan ilişkisine bağlıdır. Bazı özellikler her iki paralel ya da çapraz polarizasyonlu görüntülerde aynı görünür. Ancak örneğin bitki örtüsü gibi yaprak, çalılık ve bitki gövdesinden gelen çoklu geri saçılım değerleri HV ya da VH durumunda farklı parlaklıkta görüntüler oluştururlar. Bu nedenle hedef nesne ile nesnenin dışındaki ayrıntıları ayırt edebilmek için doğru polarizasyon bileşimi seçilmelidir. Araziye ekilen ürün türünün ve arazi kullanım sınıflandırma sonuçlarının artırılması ve biyofiziksel, jeofiziksel parametrelerin (ormanın biyokütlesi) doğruluğunun belirlenmesinde kullanılan polarizasyon tekniğine ayrıca PolSAR da denilmektedir (Ouarzeddine, 2002, Balık 2004)

Görüntülerin Temel Özellikleri

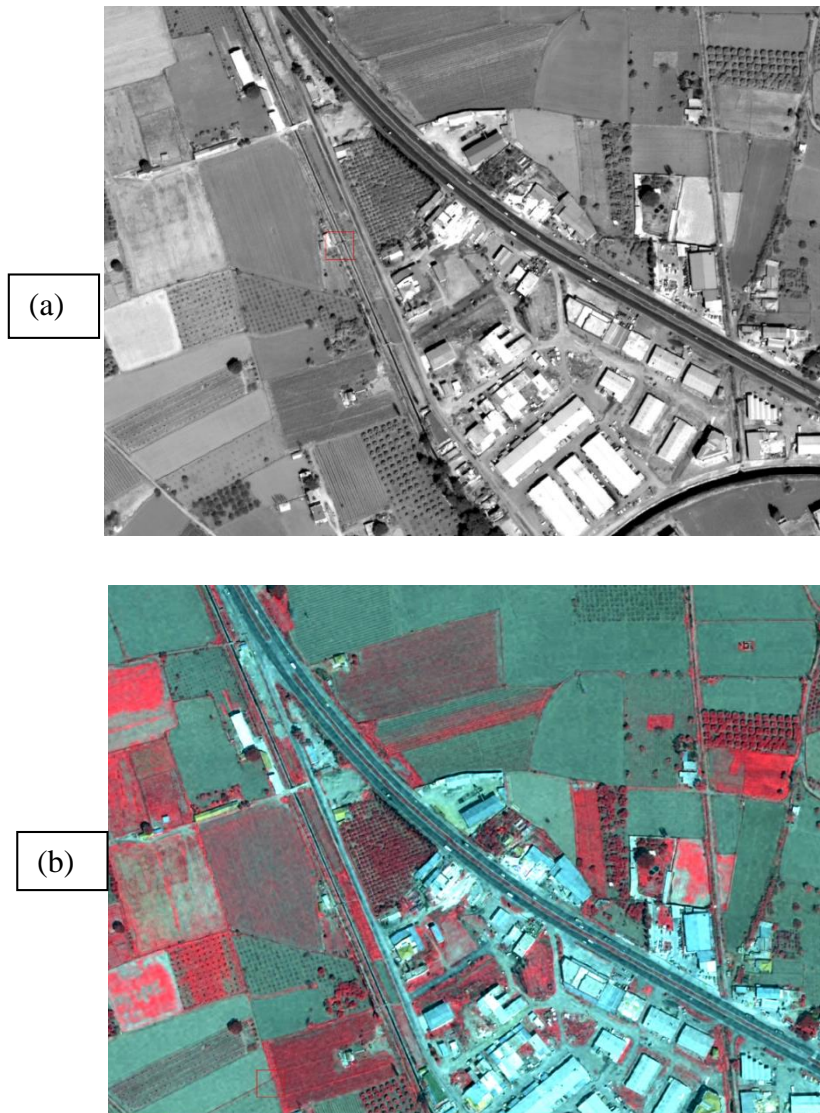
Uydu yada uçağa takılı kameralardan elde edilen görüntülerden üretilebilecek verilerin detayı, görüntü çözünürlüğü, formatı, görüntülediği alan genişliği vb bazı temel özellikleri ile yakından ilişkilidir. Görüntülerin amaca yönelik kullanımları için dikkat edilecek en önemli özellikleri çözünürlükleridir. Görüntülerin çözünürlük özellikleri, yersel (spatial), tafysal (spectral), zamansal (temporal) ve radyometrik olmak üzere dört başlık altında incelenmektedir.

Yersel (spatial) çözünürlük, görüntüyü oluşturan piksellerden bir tanesinin obje üzerinde kapladığı alan ya da bir pikselin temsil ettiği yüzey olarak tanımlanmaktadır. Yersel (mekansal) çözünürlük, arazi incelemelerinde görüntülenmesi istenen alan detayı açısından oldukça önemlidir (Şekil 5.108). Görüntülerden üretilecek harita ölçeği, yersel çözünürlüğe göre belirlenmektedir.

Uyduların kamera özellikleri ve yörünge yükseklikleri yersel çözünürlüğün oluşmasında temel etmenlerdir. Kamera kayıtları pankromatik ve çok bantlı (multi spectral) olmak üzere iki ayrı şekilde yapılmaktadır. Pankromatik bant kayıtlarında yersel çözünürlük çok bantlı kayıtlara göre daha yüksektir(Şekil 5.109). Örneğin Landsat 8 uydusu pankromatik bandı 15 m yersel (piksel) çözünürlüğüne sahip iken, çok bantlı kayıtlarında 30m yersel çözünürlüğe sahiptir. Benzer şekilde IKONOS uydusu pankromatik görüntüsü 1 m, çok bantlı görüntüsü 4m yersel çözünürlüğe sahiptir.



Şekil 5.108. Farklı yersel çözünürlüğe sahip uydulardan İzmir Mavişehir görünümü (Landast 30m, QB 61cm pansharpened, SPOT 20m, Aster 15m), (Ören ve Kurucu, 2009)



Şekil 5.109. Quickbird uysudu 61cm çözünürlüklü pankromatik band görüntüsü (a) ve 2.5m yersel çözünürlüklü çok bandlı görüntüsü (b) (Menemen, İzmir).

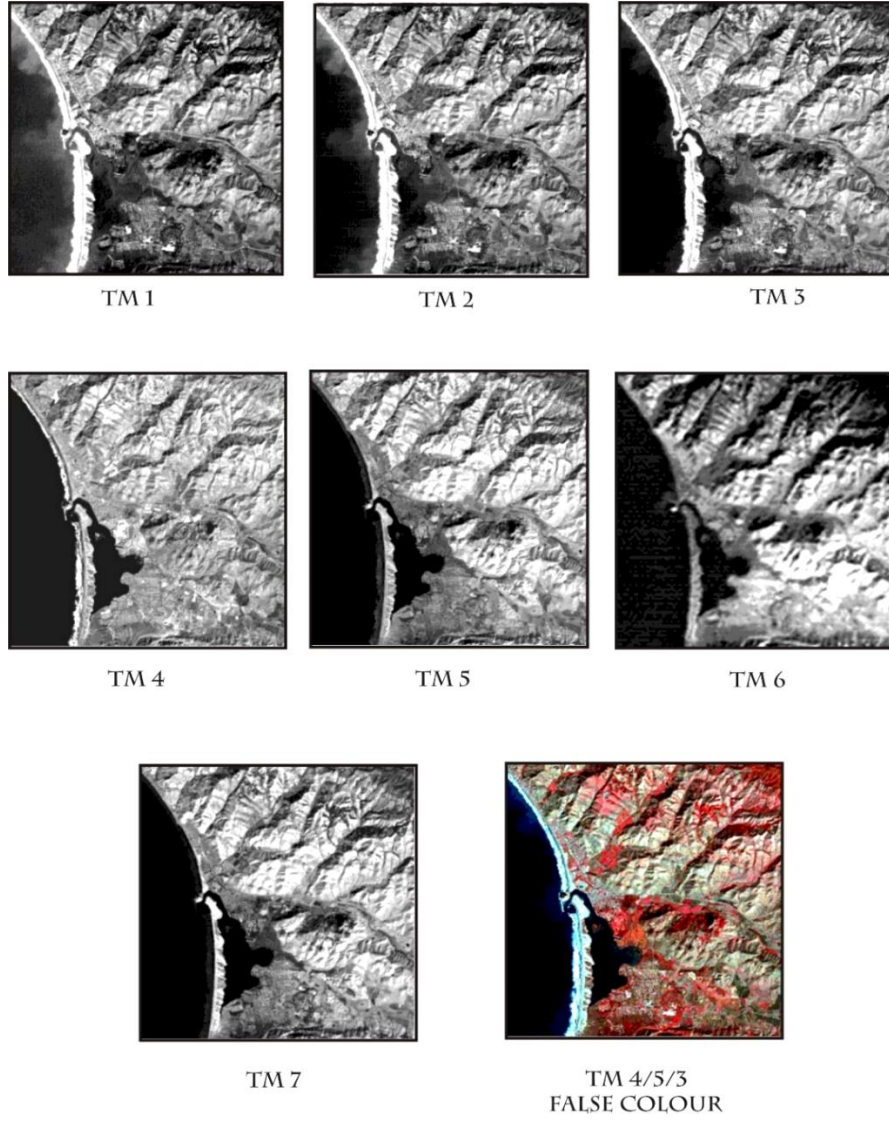
Spektral Çözünürlük

Elektromanyetik enerji (EME) dalga boyları şeklinde yeryüzüne gelir ve öğeler tarafından absorbe edilir ya da yansıtılır. Yansıyan enerjinin dalga boyu aralıkları uydudaki kamera düzenekleri içindeki filtreler ve lenslerle ayrı ayrı algılanır ve bant olarak tanımlanan ayrı dilimler şeklinde kaydedilir. Ayrı ayrı kaydedilebilen dalga boyu aralık adedi, bir başka deyişle band adedi spektral çözünürlüğü tanımlar. Örneğin IKONOS uydusu 1 adet pankromatik, 3 adet görünür bölge (mavi, kırmızı, yeşil) ve 1 adet yakın kızılötesi bantlar olmak üzere 5 bant çözünürlüklüdür. Landsat 8 uydusunun 11, ASTER uydusunun 15, hiperspektral kamera ile alınan görüntülerde 200 bant adedine ulaşılabilmektedir (çizelge 1). İnsan gözünün görebildiği dalga boyu aralığı 0,4 –0,7 μm 'dir. Spectral çözünürlükte, insan gözünün gördüğü (visible) görünür bölge 3 ayrı dilime ayrılır. Mavi, yeşil ve kırmızı rengi veren dalga boyları ayrı ayrı algılanır ve depolanır. Bu bölgenin üzerinde "Infrared (IR)" bulunur. Bitkiler yeşil ve yakın kızılötesi (NIR) dalgaboyundaki enerjiyi ve yüksek düzeyde yansıtırlar. Bitkiler mavi ve sarı rengi veren dalga boyundaki enerjiyi fotosentezde kullanırlarken kızılötesi ile birlikte yeşil dalgaboyundaki enerjiyi de yansıtırlar. İnsan gözü NIR enerjiyi göremez, ancak yeşil rengi görebilirler. Bu nedenle insan gözü bitkileri yeşil olarak görür. Ancak, kameralar tarafından kaydedilebilen ve görüntülenebilen kızılötesi enerji sayesinde bitkiler yaprak genişliği, dokularındaki su içeriği, yapraklarının yoğunluğu vb özelliklerine bağlı olarak farklı yansıma şiddetleri veya renk tonlarıyla birbirinden daha kolayca ayırtedilebilirler.

Çizelge 1. Landsat 8 Uydusu tayfsal (spektral) ve yersel (spatial) çözünürlük özellikleri
(www. nik.com.tr)

Spektral Aralık	Dalgaboyu	Çözünürlük
Band 1 - Kıyı/ Aerosol	0.433 - 0.453 μm	30 m
Band 2 - Mavi	0.450 - 0.515 μm	30 m
Band 3 - Yeşil	0.525 - 0.600 μm	30 m
Band 4 - Kırmızı	0.630 - 0.680 μm	30 m
Band 5 -Yakın Infrared	0.845 - 0.885 μm	30 m
Band 6 - Kısa Dalga Infrared	1.560 - 1.660 μm	30 m
Band 7 - Kısa Dalga Infrared	2.100 - 2.300 μm	30 m
Band 8 - Pankromatik	0.500 - 0.680 μm	15 m
Band 9 - Sirkus	1.360 - 1.390 μm	30 m
Band 10 -Uzun Dalgaboyu Infrared	10.30 - 11.30 μm	100 m
Band 11 - Uzun Dalgaboyu Infrared	11.50 - 12.50 μm	100 m

Kaydedilen görüntüde bir bant tek başına gri renk tonlarından oluşmaktadır. Ancak diğer bantlar ile birleştirilirse renkli şekil alır. Bant birleştirmeleri (composite) çalışma konusuna bağlı olarak belirli bir sıra izleyerek yapılır. RGB (kırmızı, yeşil, mavi) olarak isimlendirilen sıralamada görüntülenmek istenen 3 bantlık bir dizinde ilk sıradaki bant kırmızıya, sonrakiler sırasıyla yeşil ve maviye eşlenir. Bant birleştirmelerinde sıralama değişiklikleri ile Doğal renkli (True Colour Composite), yanlış renkli (False Colour Composite) bant birleştirmeleri vb. üretimler yapılabilir (Şekil 5.110).



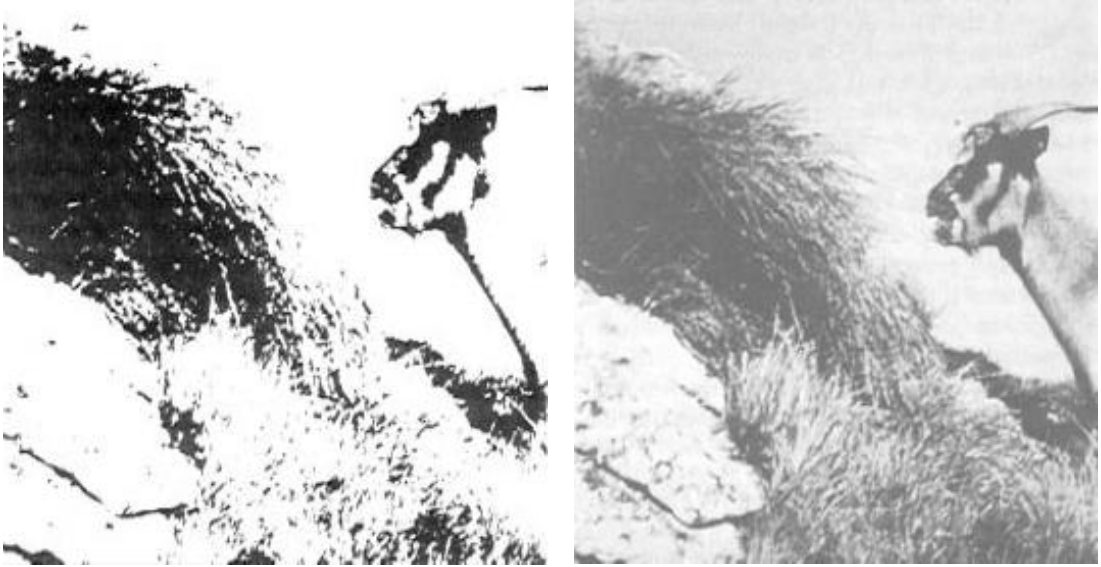
Şekil 5.110. Landsat TM uydusuna ait 7 bant ve false colour (composite) yapılmış uydu görüntüleri (Altınbaş vd., 2003).

Temporal Çözünürlük

Bir uydunun yeryüzündeki aynı noktayı görüntüleyebilme sıklığıdır. Örneğin LANDSAT 8 uydusu 16 günde, SPOT 4 uydusu ise 26 günde bir aynı noktayı görüntüleyebilmektedir. Daha sık görüntü alabilmek için firmalar benzer dizayndaki birden fazla uyduyu dünya çevresindeki yörüngelerine karşılıklı olarak yerleştirmişler ve daha sık görüntü servis etmeye başlamışlardır. Bunun yanında önceki ya da sonraki yörüngeleri kapsamındaki alanları, eğik çekimler yaparak hem tekrar görüntüleme, hem de stereo görüntü oluşturma yeteneklerini kazanmışlardır.

Radyometrik Çözünürlük

Radyometrik çözünürlük, algılama düzeneklerinin cisimleri algılayabildikleri gri renk tonu sayısını tanımlar. Bu çözünürlük donanım ve kamera yeteneğine bağlı olarak gelişir. Bilgisayar terminolojisinde, cisimlerin görüntülenmesi renk tonlamasının yada cisimlerin kaydedilmesi binary değer olarak (1) yada (0) dan oluşan karakterler ile ifade edilir ve bit (u) olarak tanımlanır. Bir bitlik (2^1) bir görüntü siyah ve beyaz renkten oluşur. Örneğin 8u lik (2^8) bir görüntü ise 256 gri renk tonlamasından oluşur. Böylece cisimlerin daha detaylı görüntülenmesi ve birbirinden ayırt edilmesi sağlanır (Şekil 5.111). Günümüzde 11u, 16u ve daha fazla radyometrik çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları kaydedilebilmektedir. Radyometrik çözünürlüğün artması görüntüleme detayı açısından bir avantaj oluşturmasına karşın, görüntü hacminin büyük olmasına ve dolayısıyla hem depolama hem de görüntüleme anında bilgisayar donanım özelliklerine bağlı olarak bir yavaşlamaya neden olabilir. Bu nedenle yüksek radyometrik çözünürlüklü görüntüler ile çalışılması halinde donanım kapasitesinin de gelişmiş olması, ayrıca yazılımın da değişen sayısal verilere uyumlu olması gerekmektedir.



Şekil 5.111. Radyometrik çözünürlüğü 2 Bit ve 16 Bit görüntü örneği

(<http://hkargi.pamukkale.edu.tr>)

Görüntülerde Yansımaya etkileyen parametreler

Görüntüleme sistemlerinde kaydedilen yansımaya etkileyen çok sayıda parametre mevcuttur. Bunlardan en önemlisi yer yüzü bitki örtüsü ve toprak neminin mevsimsel olarak değişim göstermesidir. Toprak ya da bitki örtüsü gözlemlerinde görüntü alma zamanı bilinçli olarak seçilmeli ya da incelenen görüntünün tarihi bilinerek yorum yapılmalıdır. Toprak incelemelerinde görüntüleme zamanı için toprağın boş olduğu mevsimler tercih edilmelidir.

Yansımaya etkileyen bir diğer faktör topografyadır. Arazi topoğrafyasına bağlı olarak arazilerin güneş alma yüzeyleri ve buna bağlı olarak yansıtma şiddetleri değişmektedir. Ayrıca, dik eğimli arazilerin, görüntülenme açısına bağlı olarak, gölgede kalan bölümleri çok daha düşük yansıtma değerleri ile zemin ve bitki örtüsü belirginliklerini azaltmaktadır. Görüntü alım açısına dik topoğrafik yapıdaki yüzeylerin, yansımaya etkileyen diğer koşullar benzer olsa bile dik olmayan konumdaki yüzeylere oranla daha şiddetli yansıtma yapması beklenir.

Topraklar, %45 oranında inorganik madde, %5 organik madde, %25 hava ve %25 su temel bileşenlerinden oluşur. Toprakların katı maddesini oluşturan organik ve inorganik maddeler toprağın bünyesini oluştururlar. Toprağın inorganik katı maddeleri kayaların çeşitli ayrışma ürünleri ile değişik irilik ve bileşime sahip mineraller ve kaya parçalarından oluşurlar (Altınbaş ve ark. 2004). Kum, mil ve kil olarak tanımlanan bu inorganik maddelerin, bir arada bulunma oranları toprağın bünyesini belirler. Örneğin kum miktarının diğerlerine göre daha fazla bulunması daha geçirgen, su tutma kapasitesi daha düşük, genelde açık renkli kumlu toprakları oluştururken, kil miktarının fazla olması ise ağır topraklar olarak bilinen ve geçirimsiz, su tutma kapasitesi yüksek, genellikle nemli olan killi bünyeli, koyu renkli toprakları oluştururlar.

Toprak yüzeyinden elektromanyetik ışınımın yansıtması, toprağın organik madde içeriğine, toprağı oluşturan taneciklerin dağılımına, nem içeriğine, tuzluluğa ve demir oksit vb. özelliklere bağlıdır. Çok kuru, kum bünyeli toprakta, “su absorpsiyon bantları” dikkate alınmaz ve toprak koyu ve nemli iken toplam yansıtma düşer (Richards, 1986).

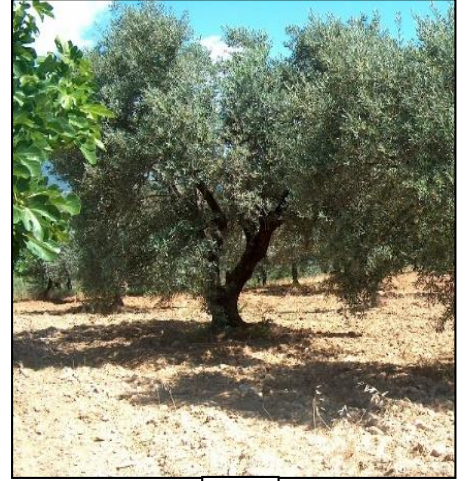
Organik madde, toprağın spektral özelliklerini etkileyen baskın bir toprak özelliğidir. Az ayrılmış organik maddeye sahip toprakların yansıtması özellikle yakın kızıl ötesinde

düşük, aşırı ayrılmış organik maddeye sahip toprakların yansımada ise 0.5-2.3 μm arası dalga boylarının hepsinde düşüktür (Stoner and Baumgardner ,1980).

Toprakların tanımlanmasında, diğer toprak özelliklerine göre daha fazla kullanılan bir toprak özelliği olan toprak rengi, toprağın pek çok özelliği ile ilgili bilgi vermektedir. Toprağın organik madde miktarı, doğal drenaj ve havalanma durumu, yıkanma ve birikme olayları, toprak bünyesi ile ilgili ön bilgiler toprak rengine bakılarak elde edilirler (Altınbaş ve vd. 2003). Toprak rengini belirleyen diğer bir etmen ise koyu rengi ile organik madde içeriğidir. Toprak rengi, toprak bünyesi ve nem içeriği gibi diğer toprak özellikleri de önemli düzeyde ortalama piksel yansıma verilerini etkilemektedir (Şekil 5.112).

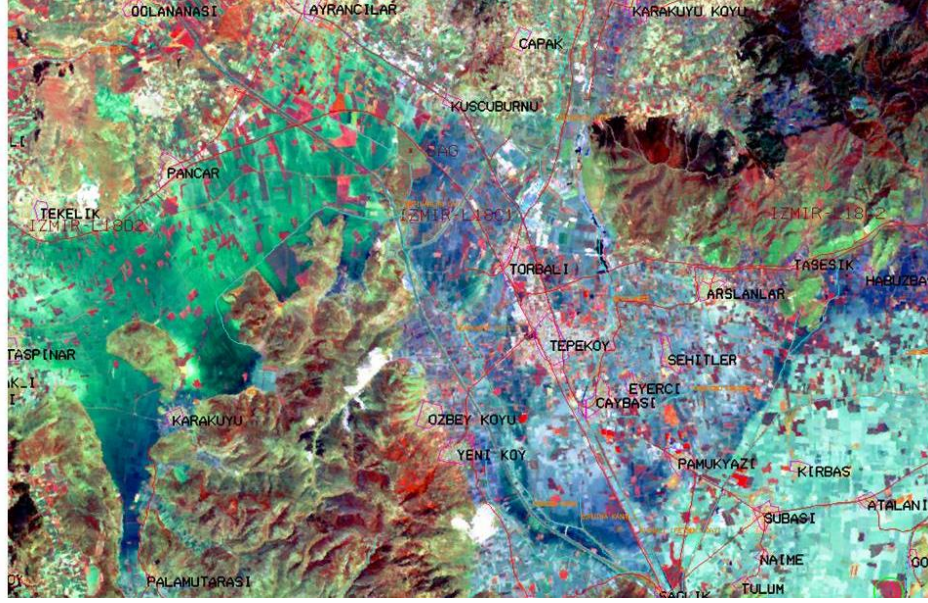


A



B

Şekil 112. Görüntülemeye etkili olan toprak renklerindeki farklılık ((A) Organik madde ve demir oksitlerin daha yüksek olduğu, daha çok kil mineralleri içeren killi tın (CL) bünyeli topraklar, (B) Organik madde oranı düşük ve felsit minerallerin başat olduğu, kumlu tın (SL) bünyeli topraklar)



Şekil 5.113 Küçük Menderes Havzası (Selçuk, İzmir) taşkın ovasının düze yakın eğimli arazilerinin, farklı toprak bünyesi ve nem içeriklerine bağlı olarak farklı renk tonlarında (mavi-yeşil) görünümü (Landsat 5 TM, 453)



Şekil 5.114 Büyük Menderes Havzası (Aydın) taşkın ovasının düze yakın eğimli arazilerinin, farklı toprak bünyesi ve nem içeriklerine bağlı olarak farklı renk tonlarında (mavi-yeşil) görünümü (Landsat 5 TM, 453)

Optik görüntülerde piksel ortalama yansımalarını etkileyen faktörler incelendiğinde bitki örtüsünün toprağı örtme oranının dikkate alınması gerektiğı bilinmektedir. Bundan başka, toprağın su tutma kapasitesi ya da açık renkli (felsit grubu) minerallerden olan ve özellikle yansımaları arttıran kuvars ve kalsit minerallerinin içeriğı ile toprak bünyesi de oldukça önemli etmenlerdir. Toprak bünyesi içeriğindeki kil mineralleri niceliğı, toprağın rengini koyulaşmasına ve absorpsiyon özelliğinin artmasına neden olmaktadır.

Toprak strüktürü (yapısı), topraktan yansıyan ışığın miktarını etkilemektedir. Strüktürü zayıf gelişmiş veya strüktürsüz topraklardan yansıyan enerji, iyi strüktürlü topraklardan % 15-20 daha fazladır. Bu durum, büyük olasılıkla strüktürü gelişmiş topraklarda doğal toprak kümeleri arasındaki boşluklarda ışığın dağıtılması ve alt katlara hareketi ile ilgilidir. Toprakların kimyasal bileşimi, topraktan yansıyan ışık miktarını etkileyen diğer önemli bir faktördür (Stoner ve Baumgardner, 1980).

Demirli mineralleri içeren topraklar kalsite göre toprak üzerinde ışığı daha fazla absorbe ederler. Bu nedenle de yüksek demir içeriğine sahip topraklar uydu görüntüsünde daha koyu tonlarda görülürler (Fitzgerald, 1972).

Tuzlu topraklarda yetişen bitkilerde görülebilir dalga boylarında ışığın soğurumu daha fazla olduğundan yansıma daha azdır. Örneğın tuzlu topraklarda yetişen pamuk bitkisinde yansıma, normal pamuk bitkisine göre az olmaktadır (Reeves and Landen, 1974).

Toprakların yüzeyi ve profilindeki taşlılık oranı, jeolojik ve jeomorfolojik konumlarına göre değişmektedir. Genellikle etek jeomorfolojik konum ile ırnak taşkın bölgelerindeki araziler üzerinde yer alan taşlı araziler, eğimli arazilerde erozyon nedeniyle yüzey toprağın uzaklaşması sonucu, toprağı oluşturan kayaçların parçalı şekilde yüzeye çıkması ile de oluşabilmektedir. Uzaktan algılama tekniğı çerçevesinde kullanılan elektromanyetik enerji, toprak yüzeyinde yer alan taşlılıktan etkilenmektedir. Bu etkileşim, yüzey taşlılığının oranı ve taş rengi ile doğrudan ilişkilidir. Aktif uzaktan algılama tekniğinde kullanılan mikrodalga enerjinin geri saçılımına taşlılığın yoğunluğu (derecesi) ve büyüklükleri daha çok etkili olurken, pasif uzaktan algılamada ise, toprağı örtme oranı ve taşların renk özelliğı etkili olmaktadır. Güneş kaynaklı enerji, koyu renkli kayaçlarda soğururken, açık renkli kayaçlarda yüksek oranda yansıtılmaktadırlar. Özellikle felsit minerallerin yoğun olduğu açık renkli kayaçlar, her bantta yansımaları artırmaktadır (Şekil 5.115).

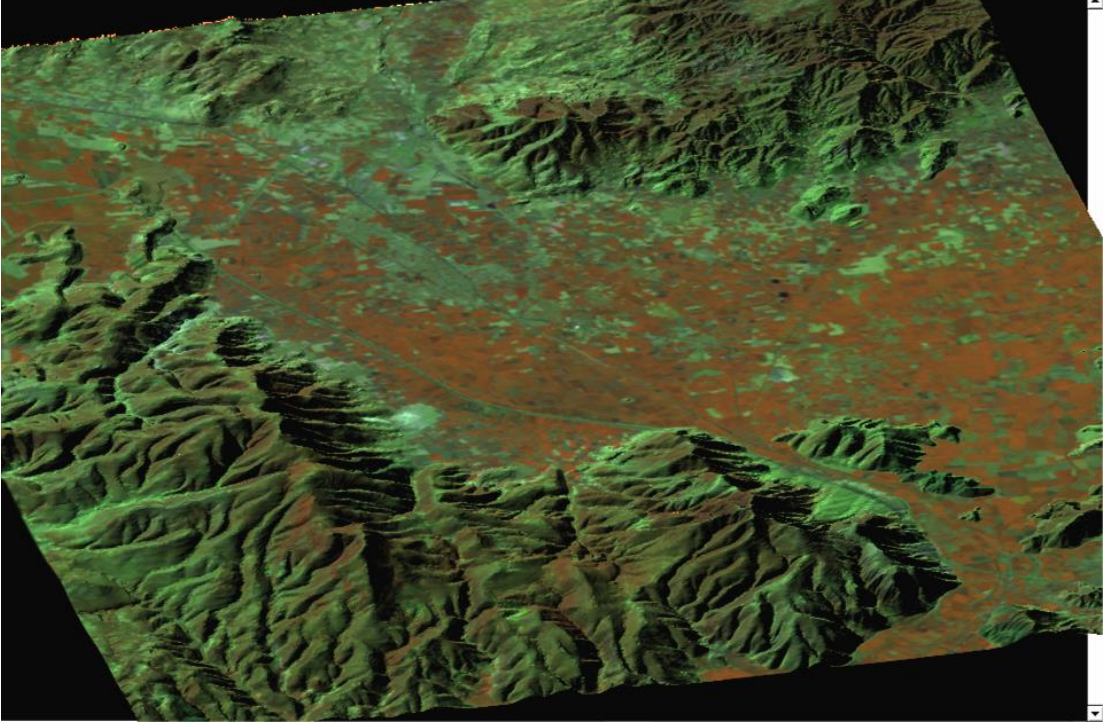


Şekil 5.115. Ağaç bitki örtüsü altında yoğun taşlılık (Kurucu vd. 2008).

Topraklarda nem düzeyini etkileyen bir diğer faktör ise fizyografik yapısıdır. Arazi konum ve eğim özelliklerine bağlı olarak yüzey ve iç drenaj yetersizlikleri de toprakların nemli olmasına neden olabilirler. Nemli topraklar güneşten gelen elektromanyetik enerjinin büyük oranda soğurulmasına neden olurlar. Toprakların bünyesini oluşturan kum, mil ve kil içerikleri toprak nem miktarına doğrudan etki ederler. Su tutma kapasitesini arttıran kil içeriğinin, bünye içerisinde de yüksek oranda bulunması, toprak neminin de fazla olmasına neden olmaktadır. Yoğun bitki örtüsünün bulunduğu arazilerde bitki artıklarının birikimi ve ayrışması toprakta organik madde birikimine neden olur. Organik madde içeriği, toprağın su tutma kapasitesini arttırmaktadır. Toprakta organik madde birikimi ve tutulması sadece bitki örtüsü yoğunluğuna bağlı değildir. Arazi eğim şekli (iç bükey-dış bükey) ve büyük toprak grubu özellikleri de organik madde içeriğine etki etmektedir.

Eğimli araziler erozyon nedeniyle üst toprak elemanlarını kaybedebilmektedirler. Büyük toprak grubunu oluşturan jeolojik ana materyalin toprağa katılımını sağladığı mineraller organik maddenin tutma düzeyinde önemli rol oynarlar. Örneğin kireçli topraklar üzerinde yer alan bitki örtüsü kalıntılarının ayrışma ürünleri, topraktaki kalsiyum ile reaksiyona girerek kalsiyum humatları oluşturur ve iri granüler yapı içerisinde toprakta uzun süre kalabilirler. Ege Bölgesinde yaygın olarak görülen Rendoll (Rendzina) büyük toprak grubu bu oluşum şekline örnektir. Özellikle nemli olduklarında oldukça koyu renkli görünüm veren bu toprakların yansıtma şiddetleri diğer arazilere göre daha düşük olmaktadır.

Uydu görüntüleri iki boyutlu kullanıldıkları gibi 3 boyutlu ya da kabartmalı görüntü şekline getirilerek de yorumlanabilmektedir. Toprak haritalama çalışmalarında önemli olan 3 boyutlu görüntüleme, sayısal arazi modeli üzerine giydirilmiş hava fotoğrafı ya da uydu görüntüleri ile sağlanabilmektedir (Şekil 5.112) . Bu amaçla, udu görüntüsü ve sayısal yükseklik modelinin aynı koordinat sistemine sahip olması ve görüntünün ortorektifikasyon işleminin yapılmış olması gerekmektedir. Görüntü detayının kaybedilmemesi için , görüntü ve sayısal arazi modelinin çözünürlüklerinin uyumlu olması önem taşımaktadır. Örneğin, 30cm çözünürlüklü bir hava fotoğrafı ya da 50cm çözünürlüklü uydu görüntüsü, yine benzer yersel çözünürlüğü sağlayacak sıklıkta noktalardan elde edilen sayısal arazi modeli üzerine çakıştırılmalıdır.



Şekil 5.112. Sayısal arazi modeli üzerinde giydirilmiş Landsat 5 TM uydu görüntüsü (453) ile elde edilen kabartmalı görünüm (Torbalı, İzmir)

KAYNAKLAR

- Aber, J.S., Marzloff, I. Ries, J.B. 2010. Small-Format Aerial Photography:Principles, Techniques and Geoscience Applications, Amsterdam, The Netherlands. 266 pp.
- Altınbaş, Ü., Kurucu, Y., Bolca, M., Esetlili M. T., Özden, N., Özen, F. ve Türk, T., 2003. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamalı Temel Kursu Ders Notları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, İzmir
- Altınbaş, Ü., Çengel M., Uysal H., Okur B., Okur N., Kurucu Y., Delibacak, S., 2004. Toprak Bilimi (Ders Kitabı), E.Ü. Basımevi, E.Ü.Z.F Yayınları No:557, Bornova-İzmir, Sayfa No: 113-149.
- Anonim, 2015. Foto yorumlama ve uzaktan algılama. Ders notu. Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Anonim 2014. Fotogrametrik Yöntemle Harita Üretimi. EMİ grup Bilgi Teknolojileri, İstanbul
- ArcGIS 9.0 Uygulama Dökümanı 2004. İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Eğitim Ltd.Sti. ANKARA bilgi@islem.com.tr
- Balık Şanlı, F., Abdikan, S., 2006. Comparing a Stereoscopic DEM with an Interferometric DEM Using the Same Radarsat Data Pair, ISPRS Mid-term Symposium From Pixels to Processes 08-11 May 2006, Enschede, The Netherlands.
- Balık F., 2004. Elektro-optik ve SAR Uydu Görüntüleri ile Arazi Bitki Örtüsünün Belirlenmesi (doktora tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Bennema, J. and Gelens, H.F. 1969. Aerial Photo-Interpretion for Soil Survey. Draft edition, 87 pp.
- Buringh, P. 1960. The application of aerial photographs in soil surveys. Manual of photgraphic intepretation, Washington DC. Pp. 633-666.
- Canadian Space Agency, 1996. RADARSAT Geology Handbook, RADARSAT International, Canada.

- Durgut, H. 2005. Haita Bilgisi. Harita Genel Komutanlığı, Milli Savunma Bakanlığı. Ankara. (http://www.hgk.mil.tr/egitim/egitim_index.htm, Ziyaret Tarihi: 02.12.2005)
- Esetlili M.T., 2008. Toprağın Değişebilir Nem Düzeylerinin Sar (Radar) Uydu Görüntüleri İle Belirlenebilirliği Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak ABD. (Doktora Tezi). Bornova - İzmir.
- Fitzgerald, E., 1972. Multispectral Scanning Systems and Their Potential Application to Earth Resource Organization, ESRD., Vol. 2, No. 1673.
- Frost, R.E. 1960. Photo interpretation of soils, Manual of photographic interpretation, Washington DC. Pp. 343-402.
- Goosen, 1967. Aerial photo interpretation in soil survey. Soils Bulletin 6. Food and Agriculture Organization of United Nation. Rome. 55 pp.
- Karşlı, F., 2014. Fotogrametriye Giriş. Ders notu. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon.
- Kurucu Y., F. Balık, 2004. Ege Bölgesi Koşullarında Doğal ve Kültür Bitki Örtülerinin Haritalanması Amacıyla Mikrodalga (RADAR) Uydu Görüntülerinin Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Proje No; TOGTAK-2903.
- Kurucu, Y., Ü. Altınbaş, M. Bolca, T. Esetlili, N. Özden, F. Özen, 2008. Uzaktan Algılama Tekniği Kullanılarak Zeytin Dikili Alanların Belirlenebilirliği Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje No: 2004 ZRF-027, Bornova/İzmir.
- Marcinek, J. Cierniewski J., Sychalski, M. 1974. The Interpretation of aerial photographs. In soil survey. Roczniki Gleboznawcze T . XXV, Dodatek, Warszawa , p 231-240.
- NRC, 2015. Introduction to air photo interpretation. Natural Resources Canada. (<http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences> : Ziyaret tarihi 15.01.2015) Vink, A.P.A.

- Air photographs and soil sciens. Department of Natural Sciences, Division of Natural Resources, UNESCO, Paris 112 pp.
- Ouarzeddine, M., 2002. Generation of Digital Terrain Models Using Polarimetric SAR Interferometry, Master of Science in Geoinformatics, International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands.
- Ören A., Y. Kurucu, 2009. Doğal Ve Yapay Nesne Tanımlamalarında Farklı Uydu Görüntülerinin Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma. Y.lisans tezi. E.Ü. Fen bilimleri, Bornova, İzmir
- Philipson, W. R., Teng, W. L., 1988, Operational Interpretation of AVHRR vegetation Indices for World Crop Information, Photogrametric Engineering and Remote Sensing, Vol.54, No:1, pp:55-59.
- Richards, J. A., 1986. Remote Sensing Digital Image Analysis, An Introduction Heidelberg, Springer-Verlag.
- Stoner, E. R., Baumgardner, M. F., 1980. Characteristic Variations in Reflectance of Soil Surface, Soil, Sci. Soc. of Am. Jour. Vol. 45, No:6, pp. 1161.
- Şenol, S. Ve Dinç,U. 1994. Kartografya. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın, No:89, Ders Kitapları Yayın No:21. Adana, 85 s.
- Yomralıoğlu, T. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. 2002. II Baskı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü. – İstanbul 2000.
- Wiegand, C., Shibayama,M., Yamagata, Y., Akiyama, T., 1989, Spectral Observations for Estimating the Growth and Yield of rice, Japanese Journal of Crop Science, Vol.58, No: 4, pp: 673-683.
- Vink, A.P.A. Air photographs and soil sciens. Department of Natural Sciences, Division of Natural Resources, UNESCO, Paris 112 pp..