
SERİ

B

CİLT

37

SAYI

2

1987

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



SAYISAL FOTOĞRAF

(Dijital Fotoğraf)

Prof. Dr. Tahsin TOKMANOĞLU¹

Kısa Özet

Uydulardan ve uçaklardan çekilen fotoğraflar çekildikleri andaki koşullardan çok etkilenmektedirler. Bu koşulları iyileştirmek insanların elinde bulunmadığından, çekilen fotoğrafları daha sonra düzeltme, rutuş yapma yolları, uzun süre aranmıştır. Arazideki gerçek durumun ne olduğu bilinmediği sürece, düzeltme yaparken bozma olasılığı, daima bulunmaktadır.

Filmin veya fotoğraf kağıdının herhangi bir yerindeki leke, veya havadaki küçük bir bulut, fotoğrafın küçük bir parçasının bozuk çıkmasına neden olmaktadır. Aynı fotoğrafı tekrar çekmek, çok pahalıya mal olacağından, hatta bazen olanaksız da olabileceğinden, çekilmiş fotoğrafı düzeltme veya rutuş yapma çareleri daima aranmıştır.

Fotoğrafların rutuşu gerekli olduğu gibi, diğer tarayıcı sistemlerle elde edilen görüntülerin ve doldurulan manyetik bantların rutuşu da gereklidir. Uzun yıllardanberi, rutuş işlemlerinin nasıl yapılabileceği konusunda araştırmalar yapılmaktaydı. Son yıllarda bulunan Sayısal Fotoğraflar (Dijital Fotoğraf) sayesinde, bu soruna geniş çapta olanak sağlanmıştır.

Klasik fotoğrafları (Analog Fotoğraf) oluşturan piksellerin özellikleri, Sayısal Fotoğraflarda X.Y.Z değerlerle belirlenmektedir. X ve Y değerleri, pikselin fotoğraf içersindeki yerini (Bak Şekil No: 7), Z değeri de pikselin parlaklık derecesini göstermektedir. Şekil No: 3 de bir sayısal fotoğraf (Dijital Fotoğraf) Şekil No: 7'de de aynı fotoğrafın klasik fotoğrafa (Analog fotoğrafa) dönüştürülmüş şekli görülmektedir. Klasik fotoğraf üzerinde ancak 9 tane gri tonu saptanabildiği halde, sayısal fotoğraf üzerinde çok sayıda ton saptanabilmektedir. Sayısal fotoğraf sayesinde, temiz ve kirli sular birbirinden ayırtedilebilmektedir.

Sayısal fotoğraftaki her satır veya sütun için, ortalama bir değer (Ortalama DN) hesaplanabilir. Her satır veya sütun için bulunan ortalama değerler, fotoğrafın tamamı için bulunan ortalama değere yakın olmalıdır. Bu özellikten yararlanılarak hatalı satır veya sütun buluna-

¹ I.Ü. Orman Fakültesi, Orman İnşaatı, Geodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı.

bilir. Hatalı olduğuna karar verilen satır veya sütundaki piksellerin herbirine ait olan DN değeri, komşu piksellerin DN değerlerinin ortalamasına eşit olması gerekir. Bu özellikten yararlanılarak, sayısal fotoğraflardaki hatalı pikseller düzeltilebilmekte sonrada klasik fotoğraflara dönüştürülebilmektedir. Şekil No: 9'da hatalı bir sayısal fotoğraf Şekil No: 10'da da aynı fotoğrafın düzeltilmiş hali görülmektedir. Sağ taraflarında da bu sayısal fotoğraflardan elde edilen klasik fotoğraflar görülmektedir.

Sayısal fotoğraflar, hatalı kısımlarının düzeltilmesine olanak verdikleri ve çok sayıda ton kademesi saptanmasını da sağladıkları için yararlı olmaktadır. Sayısal fotoğrafları düzeltmek için başka yöntemlerde geliştirilmiştir.

GİRİŞ

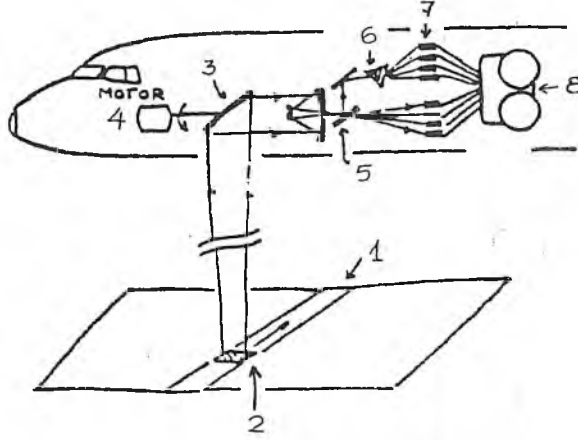
Remote Sensing yöntemiyle elde edilen görüntülerin değerlendirilmesi, hava fotoğraflarının stereoskoplar yardımıyla değerlendirilmesinde uygulanan eski yöntemlere çok benzemektedir, fakat; gelecek için büyük ümitler vermektedir. Orijinal görüntüler çıplak gözle incelendiğinde ayrıntılar görülememekte ve milyonlarca dolar kıymetindeki bilgiler işlem dışı kalmaktadır. Merceklerle ve çeşitli aletlerle görüntüler incelenmeye başlandıktan sonra, bu kıymetli bilgiler elde edilmeye başlandı. Sayılara dayanılmadan yapılan bu değerlendirmelere, Analog yöntem denilmektedir ve kişisel görüşlere geniş çapta yer vermektedir. Son yıllarda uygulama alanına çıkan Digital (Sayısal) yöntemler, doğal kaynakların incelenmesinde büyük avantajlar sağlamaktadır.

Görüntülerin bilgisayar yardımıyla değerlendirilmesi, yeni değildir. Uzun yıllardan beri; tıp, tarım ve askerlikle ilgili çalışmalarda, görüntüler sayısal yöntemlerle değerlendirilmektedir. Landsat Programı ile elde edilen çok bantlı görüntülerin, sayısal yöntemle değerlendirilmesine, 1970'li yılların ortalarında başlamıştır.

Çok Bantlı Görüntülerdeki Ayrıntıların Saptanması

Çok bantlı tarayıcı sistemler (Multy Spectral Scanners=MSS) veya «Algılayıcı Sistemler», Optik mekanik sistemlerdir. Yer yüzünden gelen ışınlar, çok küçük bir açıklıktan aygıta girmekte ve dönen bir aynaya çarparak yansımaktadır. Yansıyan bu ışınlar yeryüzünden gelen enerji de denilmektedir.

Şekil No: 1'de uçak veya uyduya monte edilmiş bir «Çok Bantlı Tarayıcı»nın yani MSS in boyuna kesiti görülmektedir. Şekildeki No: 1 taranan ince şeridi göstermektedir. Uçuş doğrultusuna dik olan bu şerit, 2 no. ile gösterilen parçaların bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. 3 no. daki motor çalıştıkça 4 no. daki tarayıcı ayna sağa sola hareket etmekte ve 2 no.lu parça ince şerit içersinde yer değiştirmektedir. Bu ayna yarım silindirin iç yüzü şeklindedir. Gelen ışınlar 4 no. daki aynada yansdıktan sonra, karşısındaki iç bükey aynaya gelmekte, daha sonra; aynanın odak noktasında toplanmakta ve küçük bir aynada yansıyarak 5 no. da



Şekil No: 1

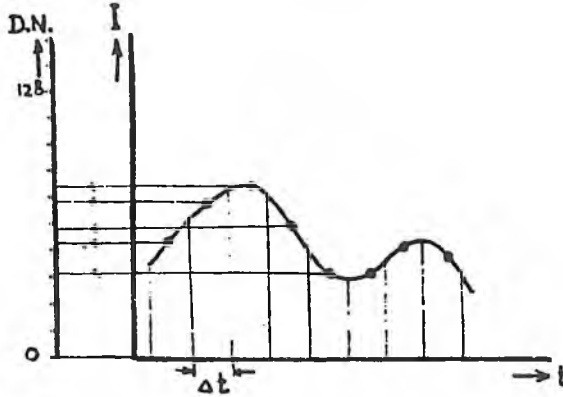
Bir uçağa monte edilmiş «Çok Bantlı Tarayıcı»nın veya MSS'in boyuna kesiti. Şekilde 2 no. ile gösterilen arazi parçasından gelen ışınlar, önce silindirik şeklindeki aynada daha sonrada iç bükey aynada yansımakta ve dalga boyuna göre sınıflara ayrılarak, dedektörlerden geçmektedir. Dedektörlerden geçerken, her pikselin DN değeri (Digital Number) yani parlaklık derecesi saptanmakta ve Manyetik Bantlara işlenmektedir. Şekilde prizma 6, dedektörler 7, manyetik band da 8 no. ile gösterilmiştir.

görülen Yarı Geçirgen aynaya gelmekte ve 2 büyük gruba ayrılmaktadır. Yarigeçirgen aynadan geçen ışınlar 4 tane detektöre bölünmekte, geçemeyenlerde, ikinci bir aynada daha yansıyorak 6 no. da görülen prizmaya gelmekte ve 4 gruba ayrılarak dedektörlere gitmektedir. Şekilde 7 no. ile gösterilen 8 dedektörün her biri ayrı bir dalga boyuna göre ayarlanmıştır. Dedektörler gelen ışınları incelemekte ve her piksele ait DN (Digital Number) değerini saptayarak bantlara işlemektedirler. Şekilde 2 no. ile gösterilen arazi parçasında, çok sayıda Fotoğraf Noktası (Piksel) bulunmaktadır.

Bir dedektöre gelen enerji, elektrik impulsları (Enerji katarları) şeklinde oluşmaktadır. Enerji fazla gelirse, impulsta fazla miktarda oluşmaktadır. İmpulsların yoğunluğu, az, orta, sık, daha sık, şeklindeki sözlerle belirtilirse analog yöntem uygulanmış olur. Rakkamla belirtilirse, Sayısal yöntem (Digital Number=DN) uygulanmış olur.

Şekil No: 2'de Analog Yöntemle Saptanan bilgilerin, Digital Yönteme nasıl dönüştürüldüğü açıklanmıştır. Dönüştürme işlemi yapan yani; DN (Digital Number) değerlerini saptayan, CCT (Computer Compatible Tape) aygıtının, çalışma yöntemi şekilde belirtilmiştir. Şekildeki yatay eksen zamanı göstermektedir. Düşey eksen iki tanedir, soldaki DN değerlerini göstermektedir yani dijital yönteme aittir. Sağda I harfi ile belirtilen ise, analog değerlendirmeleri göstermektedir. Şekil No: 1'deki arazi parçası Δt zamanında taranmaktadır. Bu zaman içerisinde gelen ışınlar, az sayıda elektrik impulsu (Elektrik Katarı) oluşturabileceği gibi, çok sayıda da oluşturabilir. İmpuls yoğunluğu, gelen ışınların parlaklık derecelerine bağlıdır. Parlaklık bildiğimiz fotoğraflarla belirlenirse Analog Yöntem uygulanmış olur. DN değerleri bulunarak sayılarla belirlenirse Digital Yöntem uygulanmış olur.

Parlaklık arttıkça, DN değerleride aynı oranda artmaktadır. Bu nedenle grafikteki iki düşey eksen, birbirlerine paraleldir. DN değerleri, sıfır ile 128 arasında değişmektedir. Çok siyah olan bir pikselin DN değeri sıfırdır, çok parlak olanınki de 128'dir. Diğerleri de parlaklık derecesine göre arada yer almaktadırlar. Grafikteki eğimlerin fazlalığı, Δt zamanında taranan piksellerin parlaklıkları arasında farkların büyük olduğunu, aynı zamanda DN değerleri arasındaki farkların büyük olduğunu göstermektedir.



Şekil No: 2

Analog ve Dijital Yöntemler arasındaki ilişkiyi açıklayan şekil, yatay eksen zamanı göstermektedir. Düşey eksen iki tanedir, soldaki Dijital Yöntem, sağda bulunan ve I harfi ile gösterilen ise Analog Yöntem aittir. Şekil No: 1'deki arazi parçası Δt zamanında taranmaktadır. Bu zaman içerisinde gelen ışınlar, çok farklı sayılarda elektrik impulsu (Elektrik Katarı) oluştururlar. Impuls yoğunluğu gelen ışınların parlaklık derecelerine bağlıdır. Parlaklık arttıkça DN değerleri de büyümektedir. Bu nedenle, grafikteki iki düşey eksen, birbirlerine paraleldir. DN değerleri, sıfır ile 128 arasında değişmektedir. Çok siyah olan bir pikselin DN değeri sıfırdır, çok parlak olanınki de 128'dir.

Sistemin arazi üzerinde saptayabildiği en küçük alana, sistemin kapasitesi (Resolution) denilmektedir. Bu alan, görüntüyü oluşturan en küçük element veya noktadır, adına «Piksel» denilmektedir. Şekil No: 1'de 2 no. ile gösterilmiş olan arazi parçası içerisinde çok sayıda piksel bulunmaktadır. Piksellerin bir fotoğraflardaki büyüklükleri, bir de arazideki karşının büyüklükleri vardır. Bir pikselin arazideki karşının büyüklüğü, sistemin duyarlık derecesine, taranan şeridin genişliğine ve diğer koşullara bağlı bulunmaktadır.

Arazideki her pikselden yansıyan ışınların yoğunluk derecesi, yani ideal beyaza yakınlık oranı (Digital Number=DN), özel bir bilgisayarla saptanmakta ve manetik banda işlenmektedir. Bu bilgisayara «Computer Compatible Tape» denilmekte ve (CCT) harflerile gösterilmektedir. Kısaca; CCT aygıtının belirlediği parlaklık dereceleri DN ile gösterilmektedir. Her pikselin, görüntü içerisindeki yeri X ve Y değerleriyle belirlendikten sonra, her bandın o piksel için saptadığı rakkam (DN) yanına yazılarak depolanır. Bu depoya sayısal fotoğraf (Digital Image) denilmektedir. Şekil No: 3'de bir sayısal fotoğrafın küçük bir parçası görülmektedir.

Landsat Uydusundaki Tarayıcı Sistem

NASA'nın Landsat programı, 23 Temmuz 1972'de Landsat I uydusunun atılmasıyla başlamıştır. Bu uyduda, 3 kanallı, Return Beam Vidcan (RBV) isimli bir aygıt bulunmaktaydı. Pankromatik ışıklardan da yararlanıyor ve 4 band üzerinde çalışarak, doğal kaynakların incelenmesi amaçlanıyordu. 1975 ve 1978 yıllarında atılan, Landsat 2 ve Landsat 3'e de aynı tarayıcı aygıtlar monte edilmiştir.

Landsat uydusu 920 Km. yüksekte uçmakta, kuzey ve güney kutup noktalarının üzerlerinden geçmektedir. Uydunun güneşe ve dünyaya göre durumu daima ay-

23	23	24	22	22	17	7	6	12	22	20	21	21	24	24	23	22	21	16	16
22	22	21	20	19	12	6	7	16	22	21	21	20	21	21	20	19	16	13	14
22	22	21	20	20	17	7	6	13	23	24	24	23	21	21	20	20	19	17	15
23	22	22	23	24	14	6	8	17	22	23	22	21	21	21	21	20	19	19	20
23	23	23	23	23	15	6	11	21	23	22	22	21	21	22	21	21	22	21	20
21	22	23	23	21	11	7	16	22	23	22	23	22	23	24	21	21	20	22	21
24	22	22	21	16	6	11	19	24	25	24	24	23	24	23	21	22	22	21	23
22	22	21	22	15	7	8	19	24	24	24	22	22	22	22	23	21	23	20	21
20	21	22	21	20	10	6	11	21	24	24	23	21	21	22	21	23	22	19	21
19	22	22	23	20	9	6	13	21	23	23	23	23	23	23	21	21	20	19	21
18	21	23	24	18	8	5	13	22	23	23	23	21	21	22	22	22	21	21	21
17	17	21	24	19	8	5	11	20	22	22	23	22	21	22	23	22	21	21	21
16	9	16	24	19	8	6	11	24	24	25	25	24	23	23	23	23	21	22	23
22	17	18	20	17	10	5	7	17	22	23	24	23	21	21	20	21	21	21	21
21	21	21	17	12	10	10	6	6	13	22	23	24	23	21	22	22	21	21	21
20	19	21	21	18	10	14	7	5	10	21	23	23	23	22	20	21	21	22	22
17	18	21	22	23	22	22	16	5	5	12	21	22	20	20	21	22	22	22	19
17	16	17	20	21	21	23	23	16	6	5	9	16	19	20	19	19	20	19	19
17	19	20	23	23	23	23	23	24	16	7	5	5	7	10	14	16	15	19	21
14	13	17	22	24	23	23	23	23	22	16	8	5	5	5	5	5	6	7	9
11	11	13	15	20	22	22	24	23	24	23	23	20	8	5	5	6	7	7	5
13	12	14	16	16	20	21	22	22	22	22	23	24	20	10	7	5	6	7	8
16	17	18	18	17	19	20	22	23	24	25	23	20	19	21	17	9	5	5	5
22	22	23	21	19	16	14	11	16	16	15	23	21	19	19	17	14	15	14	13
21	19	16	13	12	13	13	12	16	17	17	23	21	19	20	18	16	13	13	13
22	21	17	12	14	16	19	20	19	16	12	21	21	21	21	21	18	16	14	14
22	22	17	10	23	23	22	15	16	18	18	22	21	21	20	22	20	20	18	15
22	21	21	22	24	21	17	19	15	10	18	20	22	21	21	23	23	23	18	15
19	19	21	21	19	19	14	16	16	14	22	20	21	22	23	24	23	23	17	15

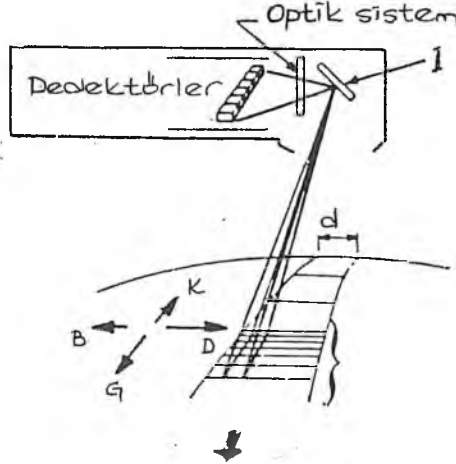
Şekil No: 3

Sayısal fotoğrafın küçük bir parçası. Şekildeki rakkamların bulunduğu yerler, ait oldukları piksel-lerin yerlerini göstermektedir. Rakkamların, şeklin kenarlarına olan uzaklıkları ölçülerek X ve Y değerleri bulunur. Rakkamlar, ait oldukları pikselin DN (Digital Number) değerleridir. Pikselin rengi beyaza veya parlaklığa yaklaştıkça DN değeri büyür, siyaha yaklaştıkçada küçülür. Temiz sular, gelen ışınları tamamiyle içlerine aldıklarından DN değerleri sıfır veya sıfıra çok yakındır. Su kirlendikçe DN değeri büyümektedir. Böylelikle temiz ve kirlili suları birbirinden ayırt etme olanağı bulunmaktadır. Şekildeki 10 ve daha küçük rakkamları çevreleyen çizgiler çizilirse, suların kapladığı alanlar ortaya çıkar.

nı kalmaktadır. Bunun anlamı, uydu yörel saatlere göre, arazi parçalarının üzerinden daima aynı saatlerde geçmektedir. Bu durumun sağladığı bir avantaj, gölgelerin yaklaşık olarak daima aynı doğrultuda olmasıdır. Landsat her 18 günde bir aynı arazi parçalarının üzerinden geçmektedir. Arazideki değişiklikler, 18 günlük aralarla saptanabilmektedir. Arazinin bulutla kaplanması halinde, bu kural bozulmaktadır.

Landsat uydusundaki çok bantlı tarayıcı sistemin (MSS) topladığı bilgiler, manyetik bantlara işlenebilir. Fakat; genellikle arazideki belirli istasyonlara gönderilmekte ve orada depolanmaktadır.

Landsat uydusundaki tarayıcı ayna, yörüngeye dik doğrultuda şeritler alarak, araziye taramaktadır. Şekil No: 4. Aynanın hareketi $-2,88$ derece ile $+2,88$ derece arasında olmakta ve 6 ince şerit birden taranmaktadır. Uçuşlar kuzey - güney doğrultusunda, taramalarda, batıdan doğuya doğru olmaktadır. İnce şeritlerin boyları, Şekil No: 5'de görüldüğü üzere 185 Km. dir ve 2340 ince şerit bir fotoğrafı (görüntüyü) oluşturmaktadır.



Şekil No: 4

Landsat uydularında bulunan Çok Bantlı Tarayıcının (MSS in) şeması. Uydu Güney - Kuzey doğrultusunda uçarkende 100 deniz milli genişliğinde bir şeridi taramaktadır. Tarama, uçuş doğrultusuna dik yani; Batı - Doğu istikametinde ince şeritler alınarak yapılmaktadır. İnce şeritlerin 6 tanesi birden taranmakta ve bantlara doldurulmaktadır. Sistemde 4 tane bant bulunmaktadır. Her bantın 6 tane dedektörü vardır. Tamamı 24 dedektör etmektedir. Tarayıcı ayna (1), uçuş eksenine çevresinde ± 2.88 derecelik dönüşler yaparak, ince şeritlerin içlerini taramaktadır. Gelen ışınlardan dalga boyu 0,5 - 0,6 mikron alanlar 4 no. lu banda, 0,6 - 0,7 mikron olanlar 5 no. lu banda, 0,7 - 0,8 mikron olanlar 6 no. lu banda, 0,8 - 1,1 mikron olanlarda 7 no. lu banda işlenmektedirler. Dünyamızın her noktası, bu şekilde 18 gün aralıklarla taranmaktadır.

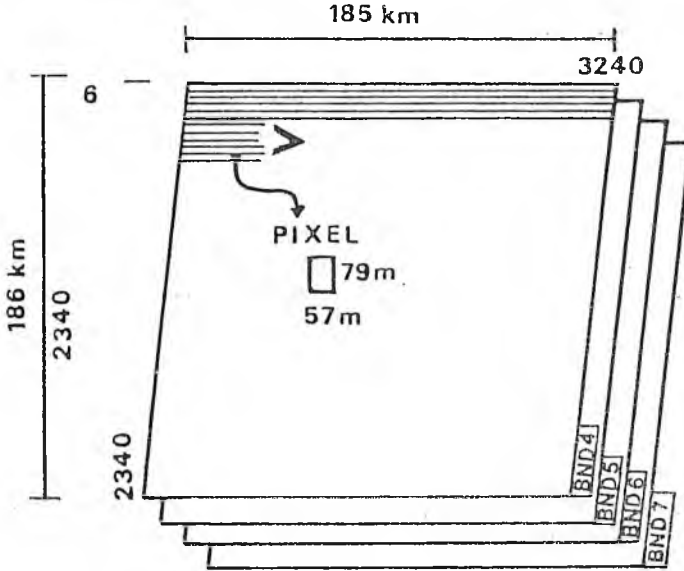
Landsat uydusunun saptadığı piksellerin genişlikleri 57 m. uzunlukları da 79 m. dir. İnce şeritlerin boyları 185 Km. olduğundan, bir ince şeritte $185\ 000/57=3240$ piksel bulunmaktadır. Pikselin boyu ince şeridin genişliğine eşit olduğundan, bir fotoğrafta $186\ 000/79=2340$ ince şerit bulunmaktadır. Bir pikselin boyunun genişliğine oranı $79/57=1,4$ dür. Teorik bilgiler analog sinyallerde oranın böyle olması-

nın uygun bulunduğunu göstermektedir, uygulamada buna göre yapılmıştır. Daha büyük oranlar, sayısal yöntemin uygulanmasına uygun değildir. Daha küçük oranlarda ise sayısal yöntemle elde edilen bilgilerin kalitesi bozulmaktadır.

Resolution (Saptanabilen en küçük alan)

Landsat uydusunda bulunan 4 bandın, en küçük alanı saptama özellikleri Tablo No: 1'de gösterilmiştir.

Landsat uydusundaki 4 bandın her biri ile elde edilen görüntülerin bir tekinde $7,6 \cdot 10^6$ tane piksel bulunmaktadır. 2340 ince şeridin her birinde 3240 piksel bulunduğundan $2340 \times 3240 = 7,6 \cdot 10^6$ bulunur. CCT bilgisayarı, bunların teker teker incelemekte ve sonuçlarını bantlara işlemektedir. 4, 5 ve 6 no.lu bantlar ışın yansıtma oranlarını sıfırdan 127'e kadar sıralayarak vermektedir. Tam siyah bir objenin ışın yansıtma değeri sıfır, tam beyazınki ise 127'dir. 7 inci bandın ışın yansıtma oranı sıfır ile 63 arasında değişmektedir.



Şekil No: 5

Landsat uydusundaki Çok Bandlı Tarayıcı Sistemdeki (MSS deki) bantların özellikleriyle, doldurulmuş yöntemi açıklayan şekil: Şekil No: 4'de görülen 100 deniz mili genişliğindeki uçuş şeridinin içersinden, Şekil No: 1'deki gibi bir arazi parçası alınacak olursa, bu parçanın manyetik bantlardaki karşılığı şekilde olduğu gibidir. 100 deniz milinin metrik sistemdeki karşılığı, 185 veya 186 Km. dir. Bu değerler aynı zamanda ince şeritlerin boylarıdır. Sistemin saptadığı bir pikselin arazideki karşılığı 57×79 m. dir. İnce şeritlerin boyu olan 185 Km. Piksel genişliğine yani 57 m. ye bölünecek olursa, 3240 bulunur. Demekki bir ince şerit içersinde bu kadar piksel bulunmaktadır.

Pikselin boyu olan 79 m. aynı zamanda ince şeritlerin genişliğidir. 185 Km. 79 m. ye bölünecek olursa, bir arazi parçasında kaç tane ince şerit bulunduğu ortaya çıkar. Bu değer 2349 dir. $3240 \times 2340 = 7.581.600$ rakkamı bir arazi parçasındaki piksel sayısını göstermektedir. Bu rakkam yaklaşık olarak $7,6 \times 10^6$ şeklinde gösterilmektedir. Bu pikseller sistemdeki 4 bandın herbirine DN değerleri belirlenerek işlenmektedir.

Landsat 4 ve Spot Yöntemi

Landsat 4'ün atılmasıyla, uydu aracılığı ile dünya yüzeyindeki doğal kaynakların incelenmesi konusunda yeni bir dönem başlatılmıştır. Landsat 4'ün atılması, yeni dönemin ilk adımı olmuştur. Bu uydu, «Çok bantlı tarayıcı sistem» denilen MSS aygıtı ile donatılmıştır. Tablo No: 1'de açıklanan 4 özellik, Landsat 4'de daha duyarlı hale getirilmiş ve yeni bir algılayıcı sistem elde edilmiştir. Bu yeni sisteme «Tematik Harita Aygıtı» denilmekte ve TM harflerile gösterilmektedir. Yeni sistemde 7 tane band bulunmaktadır, kullanılan sayılar ise sıfırla 256 arasında değişmektedir. Saptanabilen boyut yani spatial özellik 39 m. ye inmiştir.

Spot sistemi Fransızlar tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemde 3 tane bant birlikte çalışmaktadır, bunlar spektral bant olabildiği gibi, pancromatik bantlarda olabilmektedir. Spektral bantlar kullanıldığında, spatik özellik 20 m. ye pancromatik bantlar kullanıldığında da, 10 m. ye inmektedir. Detektörler birer doğru üzerinde tarama yapmakta ve 6000'e kadar sayılar saptamaktadırlar. Bu sisteme «Push-broom» görüntü denilmekte, operatörün devamlı bakmasına gerek duyulmadan, doğrular halinde tarama yapılmaktadır.

Tablo No: 1
Landsattaki algılayıcıların, özellikleri

Spatial Özellik : Saptanabilen en küçük alan, bu alanın özellikleri belirlenmektedir. Piksel (57×79 m.) ¹	
Spectral Özellik : Dedektörler farklı duyarlılıkta olduklarından, spectral özellikleri birbirlerinden farklıdır. Herbiri ayrı dalga boyundaki ışıklardan yararlanmaktadır.	
Band 4	0,5-0,6
Band 5	0,6-0,7
Band 6	0,7-0,8
Band 7	0,8-1,1
Intensity Özelliği : Analog yöntemle saptanan bilgilerin sayısal döndürülmesi sayesinde, yansıyan ışınların yoğunluğundaki çok küçük farklar belirlenebilmektedir.	
Band 4, 5, 6	7 li iskala (0-127)
Band 7	6 li iskala (0-63)
Temporal Özellik : Aynı alanın iki görüntüsünün elde edilmişleri arasındaki zaman farkı.	
¹ Bir objenin görüntüsü ile çevresi arasında önemli fark varsa (buna kuvvetli kontrast farkı da denilmektedir), boyutları bir pikselin boyutlarından küçük olmasına rağmen, görüntüde seçilebilir olasılığı vardır. Örneğin karayolu, demiryolu, dere, kanal ve büyük binalar, çevreleriyle kuvvetli kontrast farkları olması durumunda, tanınabilmektedirler.	

Spot yönteminde, boyutların çok küçülmesi önemli bir özelliktir. Bu yöntemden ayrı olarak önemli bir özellik daha bulunmaktadır. Spot yönteminde düşey görüntü de elde edilmektedir. Diğer yöntemlerde bulunmayan bu özellik sayesinde Stereoskopik görüntü veren resim çiftleri elde edilmektedir (Şekil No: 6).

Görüntü Üretme Yöntemi

Herhangi bir resim veya görüntünün, eşit büyüklükte çok küçük parçacıklardan oluştuğu kabul edilebilir. Bu küçük parçacıkların, herhangi birindeki noktaların hepsi aynı özellikte olacaktır. Aynı küçük parçacıklar bir araya getirilerek, yatay ve düşey çizgiler oluşturulabilir. Resim elementi veya piksel denilen bu küçük parçaların yerleri X ve Y değerleriyle, yani koordinatlarla belirlenir. Koordinat eksenlerinin başlangıç noktası olarak, resmin veya görüntünün sol yukarı köşesi alınır. Piksellerden herbirinin parlaklık derecesi, rakkamlarla belirlenmektedir. Bu rakkamlarda siyah sıfır ile, beyazda 127 veya 63 ile gösterilmektedir. Siyahdan beyaza doğru gidildikçe rakkamlar büyümektedir. 3 eksenli koordinat sistemi, piksellere de uygulanmaktadır. X ve Y değerleri, pikselin görüntü içerisindeki yerini, Z değeri parlaklık derecesini göstermektedir.

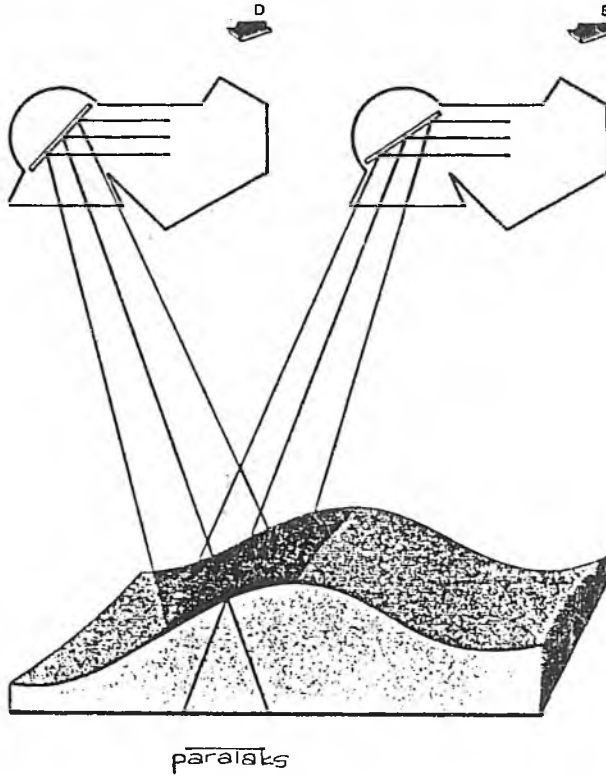
Şekil No: 3'de, bir Landsat görüntüsünü inceleyen Bilgisayarın verdiği rakkamlar bulunmaktadır. Rakkamlar, piksellerin yansıttığı ışınların, parlaklık derecelerini göstermektedir. Digital Number (DN) denilen bu rakkamlar büyüdükçe, parlaklık oranı artmaktadır. Rakkamların bulunduğu yerler, ait oldukları piksellerin yerleridir. Fakat, kesin değildir, baskı esnasında küçük kaymalar ve bükülmeler olabilir. Ayrıca; koyu renkteki piksellerin, yanlarındaki açık renk pikselleri etkileme olasılığı bulunmaktadır. Şekil No: 7'de aynı arazi parçası görülmektedir. Burada piksellerin parlaklıkları, açık veya koyu gri renklerle gösterilmiştir. Şekil No: 3'deki rakkamların yerlerini burada gri rengin tonları almıştır. Bu şekil «Elektrostatik Plotter» isimli aygıtla elde edilmiştir. Bu şekilde, saptanabilen gri rengin tonları 9 taneden ibarettir, beyaz renk de bu 9 tonun içerisinde bulunmaktadır.

Tablo No: 2
Landsat 4 deki Tematik Harita Aygıtının özellikleri

Band	Spektral özellik (Duyarlı olduğu dalga boyları)	
TM ₁	0,45— 0,52 mikron	Mavi
TM ₂	0,52— 0,60 »	Yeşil, Doğal renkler
TM ₃	0,63— 0,69 »	Kırmızı
TM ₄	0,76— 0,90 »	Kızılötesi
TM ₅	1,55— 1,75 »	Kızılötesi
TM ₆	2,08— 2,35 »	Kızılötesi
TM ₇	10,4 —12,5 »	Thermal Infrared
Spatial Özellik	TM ₁ —TM ₆ → 30 m.	
	TM ₇ — → 120 m.	
TM ₁ +TM ₂ +TM ₃	Doğal renkler	
TM ₂ +TM ₃ +TM ₄	Yanıtıcı renkler	

Tablo No: 3
Spot yöntemle saptanan bilgilerin özellikleri

Tarayıcı aygıtın özellikleri	Çok bantlı	Pancromatic
Spectral Bandlar	0,50—0,59 mikron 0,61—0,69 » 0,79—0,89 »	0,51—0,73 mikron
Arazideki Alan	20×20 m.	10×10 m.
Detektör sayısı (bir çizgideki piksel sayısı)	3000	3000
Arazide şerit genişliği	60 Km.	60 Km.



Sekil No: 6

Landsat 1-2-3 de kullanılan «Çok Bantlı Tarayıcı» sistem, Landsat 4 de daha duyarlı hale getirilmiş, adınada «Tematik Harita Aygıtı» denilmiştir. TM harflerle gösterilmektedir. Bu sistemde kullanılan DN değerleri sıfırla 256 arasında değişmektedir. Saptanabilen en küçük boyut'da 30 m. inmiştir. Fransızların bulduğu «Spot» sistemi aynı boyutu 10 m. indirmiştir. Ayrıca düşey görüntü elde etme olanağı sağlanmıştır, diğer sistemlerde bu özellik yoktur. Bu özellik sayesinde stereoskopik görüntüde elde edilebilmektedir. Yukarıdaki şekilde aynı arazi parçasının iki ayrı noktadan iki defa taranışı görülmektedir. Elde edilen iki görüntü sayesinde, stereoskopik model elde edilebilmektedir. Aynaların farklı durumda olması bu olanağı sağlamaktadır.

Şekil No: 7'de pikseller, çok kaba bir şekilde sınıflandırılmıştır. Şekil No: 3'de ise duyarlı şekilde bir sınıflandırma yapılmış, 7 no.lu bant yardımıyla 64 sınıfa ayrılmıştır. 4-5 ve 6 no.lu bantlardan yararlanıldığı taktirde de 128'e ayrılmaktadır. Şekil No: 3'e Digital görüntü (sayısal görüntü) denilmektedir. Gerektiğinde bu sayısal görüntü analog görüntüye dönüştürülebilmektedir. Şekil No: 8'de bu dönüşümün nasıl yapıldığı açıklanmıştır. Elde edilen görüntü, film üzerine alınabileceği gibi sert fotoğraf kağıdı üzerine de alınabilir. Sert fotoğraf kağıdına alınan, filme almandan daha kaliteli olmaktadır.

Şekil No: 8'de görüldüğü üzere, film bir silindirin üzerine sarılmaktadır. Sayısal görüntü üzerinde bir çizgi taranınca, film üzerine düşürülen bir ışık, filme bir çizgi çizmektedir. Çizgiyi oluşturan noktalar, ait oldukları pikselin Digital Numarasına göre az veya çok parlak olmaktadır. Bir şerit tarandıktan ve film üzerine bir çizgi çizildikten sonra, üstteki araba ışık kaynağını bir sonraki şerite geçirmektedir. Bütün şeritlerin taranması bittiğinde, filmin üzerine şerit sayısı kadar çizgi çizilmiş olur. Bundan sonra filmin banyosu yapılır, istenilen oranda büyütülerek fotoğraf kağıtlarına aktarılır.

Film üzerine yanyana çizgiler çizerek görüntü elde etme olanağı bulunduğu gibi, bir kare şebekesinin köşe noktalarını aktararak görüntü elde etme olanağı da bulunmaktadır. Bu ikinci yöntemin uygulanmasını sağlayan bir aygıt geliştirilmiştir ismi «Flying-spot plotter» dir. Bu aygıt aracılığı ile elde edilen görüntüler filme veya kartlara geçirilebildiği gibi, doğrudan doğruya televizyon ekranına da verilebilmektedir. Böylelikle, görüntüleri inceleyecek kimsenin, film banyosu ve kartlara baskı için zaman kaybetmesine gerek kalmamaktadır. Elde edilen görüntüler de daha duyarlı olmaktadır.

Görüntülerin Netleştirilmesi ve Hatalarının Düzeltilmesi

Görüntünün restorasyonu da denilebilecek bu işlem sayesinde, geometrik bozukluklar düzeltilmekte ve hatalar giderilmektedir. Şeritlerin taranmasında ve bir şeritten diğerine geçişte, çok küçük hatalar olmaktadır, bunların giderilmesi gerekmektedir. Pratikte çalışanların bir çoğu bu işleme «Makyaj» demektedirler.

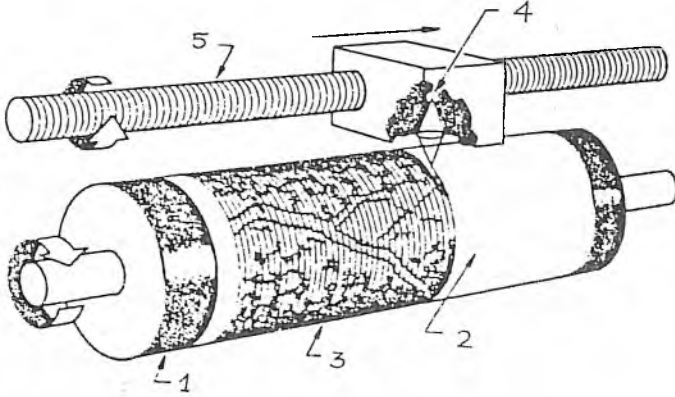
Landsat I uydusunun atıldığı günlerde alınan görüntülerin bir kısmı işlenememiştir. Bunun sebebi sistemde bulunan 6 detektörden bir tanesinin çalışmamasıdır. Bir mekanik aksaklık buna neden olmuştur. Şekil No: 9'da görüldüğü üzere, bilgisayarı verdiği rakkamlarda 6, 12, 18, ... inci satırlarda sıfır rakkamlarının bulunduğu görülmektedir. Sıfır rakkamı, bu satırların tamamen siyah olduğunu veyahut, bu satırlardaki rakkamların saptanmasında, önemli bir aksaklığın bulunduğunu göstermektedir. Taranan her şerit için, ortalama bir değer (Ortalama DN), hesaplanabilir. Her şerit için bulunan ortalama değer, görüntünün tamamı için bulunacak ortalama değere yakın olmalıdır. Şayet arada büyük fark olursa, o şeritte önemli bir hatanın bulunduğu ve bu nedenle, işleme katılmaması gerektiğine karar verilebilir. Hatalı olduğuna karar verilen şeritteki hatanın düzeltilmesi istenirse, düzeltme şu şekilde yapılır. Hatalı olduğuna karar verilen şeritteki piksellerin herbirine ait olan DN değeri, yukarıdaki ve aşağıdaki piksellerin DN değerlerinin ortalamasına eşittir. Şekil No: 10'da ortalamaların yazılmış olduğu görülmektedir.

6, 12, 18, ...inci şeritlerdeki hatalar bu şekilde onarıldıktan sonra, digital görüntüden, analog görüntüye geçilince, daha net bir görüntü elde edilmektedir. Bu şekilde yapılan düzeltmeler, rastlantı yöntemile şerit seçilerek uygulanması halinde daha yararlı olmaktadır. Sistematik yöntemle şerit saptanarak uygulanması halinde, aynı derecede yararlı olmamaktadır.



Şekil No: 7

Sayısal fotoğrafın (Dijital Fotoğrafın), Analog fotoğrafa (normal klasik fotoğrafa) dönüştürülmüş durumunu gösteren şekil. Dönüştürme Şekil No: 8'de görülen aygıt yardımıyla yapılmıştır. Şekil No: 3 deki her rakkamın yerini burada küçük bir kare almıştır; Küçük rakkamlar siyah, büyük rakkamlar beyaz renge dönüşmüştür; Sayısal fotoğrafta çok sayıda ton bulunmasına karşılık burada sadece 9 ton seçilebilmektedir; Bu tonlar şeklin altındaki şeritte, sayısal karşılıklarile, yani DN değerlerle birlikte görülmektedir:



Şekil No: 8

Sayısal fotoğrafı (Dijital Fotoğrafı), Analog fotoğrafa (normal klasik fotoğrafa) dönüştürmeye yarayan aygıt: Şekil No: 3'de görülen sayısal fotoğraf, bu aygıt yardımıyla, Şekil No: 7'deki fotoğrafa dönüştürülmüştür. Şekil 1 no ile gösterilen silindirin üzerine 2 no ile gösterilen boş film veya boş fotoğraf kağıdı sarılmaktadır, doldurulduktan sonra 3 no. daki şekiller ortaya çıkmaktadır. 4 no ile gösterilen araba, 5 no. lu vidalı mil üzerinde gezinmektedir. Mil okla gösterilen yönde döndükçe; araba, okla gösterilen yönde ilerlemektedir. Sayısal fotoğraf üzerindeki bir satır taranınca, film üzerine düşürülen bir ışık, filme bir çizgi çizer. Çizgiyi oluşturan noktalar, ait oldukları pikselin DN değerine göre az veya çok parlak olur. Bütün satırların taranması bittiğinde, filmin üzerine satır sayısı kadar çizgi çizilmiş olur. Daha sonra filmin banyosu yapılır ve fotoğraf kağıtlarına aktarılır.

1	18	16	20	19	19	19	19	19	19	22	18	18	22	22
	19	21	19	18	18	19	18	13	18	21	19	23	25	19
	16	20	27	26	23	21	21	21	20	21	18	18	18	20
	14	23	31	32	25	23	19	20	20	20	19	19	19	19
	16	17	28	26	22	22	22	23	20	19	20	23	22	23
6	15	18	23	22	20	22	21	22	20	20	20	22	21	22
	14	19	18	18	18	21	20	20	20	20	20	20	20	20
	19	20	18	18	18	20	19	20	22	20	20	20	22	19
	20	21	18	17	17	18	21	24	19	20	20	21	22	16
	19	19	21	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	19	19	19	19	21	19	19	21	19	18	18	18	20	18
12	19	19	20	20	19	20	19	20	19	16	19	19	18	18
	18	18	21	21	18	18	21	17	21	19	14	19	18	18
	18	18	21	20	15	19	20	20	19	16	19	18	19	16
	18	18	18	15	18	14	19	18	17	17	18	16	17	17
	15	19	15	15	18	18	18	18	14	21	17	17	20	19
	18	19	16	14	20	19	15	16	20	16	16	20	16	17
18	19	20	18	18	20	20	18	17	20	16	16	18	16	16
	20	20	20	20	20	20	21	18	19	16	16	16	16	15
	19	18	18	20	18	20	18	19	16	19	18	18	19	16
	15	18	16	18	16	18	19	17	19	18	16	18	16	17
	19	17	18	18	18	18	18	17	19	17	17	19	19	17
	20	18	19	16	16	20	16	19	19	16	19	19	16	17
24	20	20	19	17	18	18	16	18	17	18	17	18	16	19
	19	21	19	18	19	15	16	16	15	20	15	16	15	20
	19	16	19	18	18	18	20	19	16	17	17	17	17	14
	18	18	14	18	18	21	18	19	17	18	18	17	21	21
	18	18	18	18	18	18	15	16	16	16	15	16	17	20
	19	16	20	16	19	18	18	18	20	18	18	18	18	18
30	17	16	18	16	18	17	17	16	21	22	22	19	19	20
	15	16	16	16	16	16	14	22	21	25	19	20	21	
	19	20	20	21	18	20	18	18	18	20	21	20	25	25
	19	18	18	21	21	18	18	18	21	21	18	18	18	18
	18	18	20	19	20	18	17	19	18	20	20	18	20	18
	18	18	21	18	18	20	18	10	18	20	20	19	16	20



Şekil No: 9

Aynı araziye ait Kusurlu sayısal fotoğraf (Dijital Fotoğraf) ile, Analog fotoğrafın (normal klasik fotoğrafın) bir arada görünüşü. Soldaki sayısal fotoğraf Landsat 1 uydusunun ilk günlerinde alınmıştır. 6, 12, 18, ... no. lu satırlarda sadece sıfır rakkamının görülmesi 6 dedektörden bir tanesinin çalışmaması sonucu ortaya çıkmıştır. Sıfır rakkamları, bu satırların tamamıyla siyah olduğunu veya buralardaki rakkamlar saptanırken, aygıtta bir teknik aksamanın meydana geldiğini göstermektedir. Hatalı olduğuna karar verilen şeritlerdeki piksellerin DN değerlerini düzeltme olanağı vardır: Bu düzeltme yapılmadan, sayısal fotoğraf analog fotoğrafa dönüştürülürse, sağ yukarıda görüldüğü gibi, üzerinde birbirine paralel siyah çizgiler bulunan bir analog fotoğraf elde edilir: Siyah çizgiler, sıfır yazılı satırların yani 6, 12, 18, ... inci satırların karşılıklarıdır.

Atmosferin Etkisini Giderme

Atmosfer, dalga boyu küçük olan ışınların çevreye yayılmasına (saçılmasına) sebep olur. Landsat uydusundaki 4 no.lu bant, dalgaboyu 0,5–0,6 mikron olan ışınları saptamaktadır, çevreye yayılma olayı en fazla bu ışınlarda olmaktadır. 7 no.lu bantın saptadığı, dalgaboyu 0,8–1,1 mikron olan ışınlarda, bu yayılma (saçılma) en az olmaktadır. Dalgaboyu ile ters orantılı olan bu saçılma olayının, resimler üzerindeki etkileri giderilmektedir. Atmosferin sebep olduğu bu saçılmanın etkisi bir puslanmaya benzetilmekte ve iki şekilde giderilmektedir. 11 ve 12 no.lu şekillerde açıklanan bu düzeltme yöntemleri, 1975 yılında Chavez tarafından bulunmuş ve geliştirilmiştir. Her iki yöntemde de 7 no.lu bantda kullanılan ışınların, atmosferden etkilenmediği kabul edilmektedir. 7 no.lu bantın temiz sularda verdiği DN değeri sıfır yani ışın yansıtma oranı % sıfır veya bir koyu gölgede gene aynıdır. Bu durum, 7 no.lu bantta, atmosfer etkisinin bulunmadığını kanıtlamaktadır.

1	18	18	20	19	19	19	19	19	22	18	18	22	22	
	19	21	19	18	18	19	18	13	18	21	19	23	25	19
	16	20	25	24	23	21	21	21	20	21	18	18	18	20
	16	23	31	32	25	23	19	20	20	20	19	19	19	19
	16	17	28	26	22	22	22	23	20	19	20	23	22	23
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	19	18	18	18	21	20	20	20	20	20	20	20	20
	19	20	18	18	18	20	19	20	22	20	20	20	22	19
	20	21	18	17	17	18	21	24	19	20	20	21	22	18
	19	19	21	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	19	19	19	19	21	19	19	21	19	18	18	18	20	18
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	18	21	21	18	18	21	17	21	19	14	19	18	18
	18	18	21	20	15	19	20	20	19	18	19	18	19	16
	18	18	18	16	18	16	18	18	17	19	18	16	17	17
	15	19	15	15	18	18	18	18	14	21	17	17	20	19
	18	19	16	16	20	19	15	16	20	14	16	20	16	17
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	20	20	20	20	20	21	18	19	15	16	16	14	15
	19	18	18	20	18	20	18	19	16	19	18	18	19	15
	16	18	16	18	16	18	18	17	19	18	16	18	16	17
	19	17	18	18	18	18	18	17	19	17	17	19	19	17
	20	18	19	16	16	20	16	19	19	16	19	19	16	17
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19	21	19	18	19	15	16	16	15	20	15	16	15	20
	19	14	19	18	16	18	20	19	16	17	17	17	17	14
	18	18	16	18	18	21	18	19	17	18	18	17	21	21
	18	18	18	18	18	18	15	14	16	16	15	18	17	20
	19	16	20	18	19	18	18	18	20	18	18	18	18	18
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	16	16	16	16	16	14	22	26	25	19	20	21	
	19	20	20	21	18	20	18	18	18	20	21	20	25	25
	19	18	18	21	21	18	18	18	21	21	18	18	18	18
	18	18	20	19	20	16	17	19	18	20	20	18	20	18
	18	18	21	18	18	20	18	18	18	20	20	14	16	20



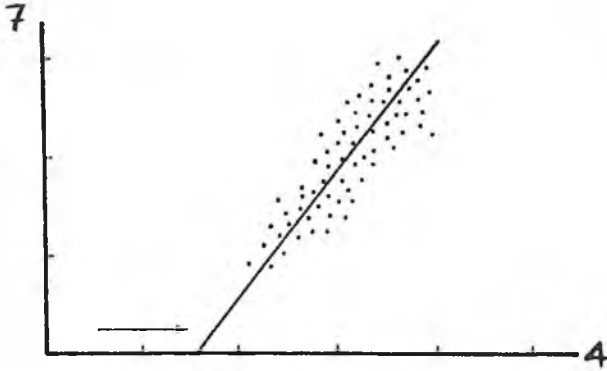
Şekil No: 10

Şekil No: 9'daki kusurlu fotoğrafların düzeltilmiş şekilleri. Sayısal fotoğraftaki her satır için, ortalama bir değer (ortalama DN) hesaplanabilir. Her satır için bulunan ortalama değer, fotoğrafın tamamı için bulunan ortalama değere yakın olmalıdır. Şayet aralarında önemli fark olursa, o satırda önemli bir hatanın bulunduğu karar verilebilir. Hatanın saptanması için, bir veya daha fazla satırın tamamile sıfırla dolu olmasına gerek yoktur. Hatalı olduğuna karar verilen satır veya şeritteki piksellerin herbirine ait olan DN değeri, yukarıdaki ve aşağıdaki piksellerin DN değerlerinin ortalamasına eşittir. Sol yukardaki sayısal fotoğrafın 6, 12, 18, ... inci satırları, bu şekilde düzeltilmiştir. Şekil No: 8'deki aygıt yardımıyla Analog fotoğrafa dönüştürülmüş ve sağ yukardaki fotoğraf elde edilmiştir. Şekil No: 9'daki siyah çizgilerin burada bulunmadığı görülmektedir.

Birinci düzeltme yöntemini uygulamak için dağlık bir arazinin 4 ve 7 inci bantlarla alınan görüntüleri üzerinde çalışılır ve aynı piksellerin ışık yansıtma oranları bulunarak birbirile karşılaştırılır. Şekil No: 11'de görüldüğü gibi, yatay eksen üzerinde Bant 4'e ait değerler, düşey ekseninde de bant 7'e ait değerler alınarak, incelenen piksel sayısı kadar nokta bulunur. En küçük kareler yöntemi uygulanarak, bulunan noktaların arasından geçecek regresyon doğrusunun denklemi bulunur ve denkleme uygun doğru çizilir. Şayet bant 4'de atmosferin herhangi bir etkisi yani puslanma etkisi bulunmazsa, regresyon doğrusu, başlangıç noktasından geçer. Şekil No: 11'de, regresyon doğrusunun, başlangıç noktasının uzağından geçtiği görülmektedir. Başlangıç noktası ile, regresyon doğrusunun yatay eksenini kestiği nokta arasındaki uzaklığa «Offset» denilmektedir. 4'üncü bandın verdiği DN değerleri (Parlaklık oranları), offset kadar büyük bulunmuştur. 4'üncü bandın DN değerlerinden, offset büyüklüğü çıkartılarak, atmosferin etkisi giderilir. Aynı yöntem uygulanarak, 5 ve 6 no.lu bantların verdiği görüntüler de düzeltilir. Bunlara da düşey eksen üzerinde 7 no.lu banta ait değerler alınır.

İkinci düzeltme yöntemini uygulayabilmek için, elde edilen görüntülerin büyük çoğunluğunu bilgisayardan geçirmek gerekmektedir.

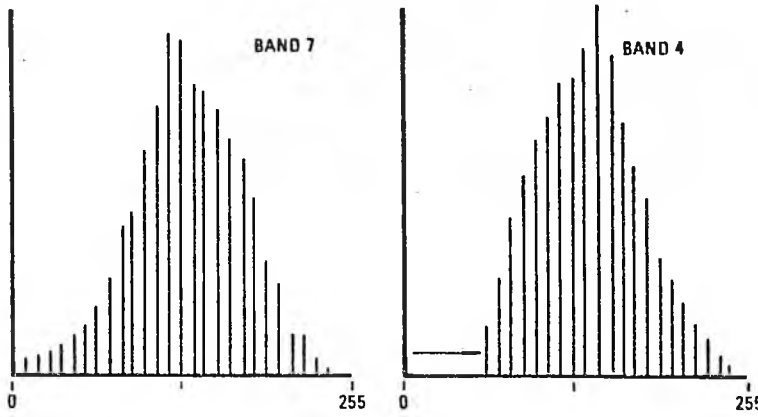
Arazide koyu gölge veren dik yamaçların bulunduğunu ve 7 no.lu bandın bu gölgelerde verdiği DN değerinin sıfır olduğunu varsayalım. Aynı arazinin 4 no.lu bant ile de görüntüsü elde edilmiş olsun. Her iki görüntünün bir çok noktasında



Şekil No: 11

Atmosferin, uydudan çekilen fotoğraflar veya tarayıcı sistemlerdeki olumsuz etkilerini gidermeye yarayan birinci yöntemle ait şekil. Aynı piksellerin 4 ve 7 no.lu bantlar yardımıyla saptanan DN değerleri karşılaştırılarak atmosferin olumsuz etkileri giderilmektedir. Yatay ekseninde 4 no.lu bantta ait DN değerleri, düşey ekseninde de aynı pikseller için 7 no.lu bantta saptanan DN değerleri alınarak noktalar bulunmuştur. Her piksel için bir nokta işaretlendikten sonra, ortalarından geçen regresyon doğrusu çizilmekte ve denklemi hesaplanmaktadır. Atmosferin 7 no.lu bantta olumsuz bir etkisinin olmadığı kabul edilmektedir. Çünkü; kullandığı ışınların dalga boyları büyüktür; Regresyon denkleminin, eksenlerin keşiştiği noktadan yani sıfır noktasından geçmesi gereklidir. Regresyon doğrusunun, yatay eksenini kestiği nokta ile başlangıç noktası arasındaki uzaklığa Offset (=Düzeltilme Payı) denilmektedir. Bu değer 4 no.lu bantta saptanan DN değerlerinin hatalarıdır. Bütün DN değerleri bu hata kadar değiştirilerek düzeltme yapılır. Böylelikle atmosferin olumsuz etkisi giderilmiş olur.

DN değerleri ölçülsün ve ayrı birer histogram düzenlensin. Şekil No: 12'de bu histogramlar görülmektedir. Yatay eksenlerde DN değerleri, düşey eksenlerde de frekanslar, yani DN değerleri aynı olan piksellerin sayıları gösterilmiştir. Şekilde 7 no. lu bantın histogramının sıfırdan başladığı halde, 4 no. lu bantın histogramının daha büyük bir değerden başladığı görülmektedir. Bu durum, 4 no. lu bant yardımı ile elde edilen görüntünün, atmosferden etkilendiğini kanıtlamaktadır. 4 no. lu bantın histogramı sağ tarafa doğru kaymıştır yani, bu banda ait bütün DN değerleri, olması gerekenden daha büyük çıkmıştır. 4 no. lu banda ait histogramın solundaki çizgilerin, diğerinden daha büyük olduğu da görülmektedir. Diğer bir söyleyişle; 4 no. lu banda ait histogramdaki frekanslar, diğerinden daha büyüktür. İki histogram birbirile kıyaslanınca, 4 no. lu banda ait DN değerlerinden 11 çıkarılarak, atmosfer etkisinin giderilebileceği sonucuna varılır.



Şekil No: 12

Atmosferin, uydudan çekilen fotoğrafları veya tarayıcı sistemlerdeki olumsuz etkilerini gidermeye yarayan ikinci yöntemle ait şekil. Yatay eksenlerde 4 ve 7 no. lu bantın saptadığı DN değerleri, düşey eksenlerde de, DN değerleri aynı olan piksel sayıları (frekanslar) görülmektedir. Atmosferden etkilenmeyen 7 no. lu banttaki DN değerleri sıfırdan başladığı halde, 4 no. lu banttakiler daha ilerden başlamaktadır. Aradaki fark atmosferin etkisini göstermektedir. 4 no. lu banda ait grafik (histoğraf), diğerine kıyasla sağ tarafa kaymıştır. Yani bütün DN değerleri olması gerekenden daha büyük çıkmıştır. 7 no. lu banttaki değerlerin hatasız olduğu kabul edildiğinden iki grafik birbirleri üzerine konular ve 4 no. lu banttakilerin ne kadar büyük olduğu saptanır ve herbiri DN değeri kadar küçültülerek düzeltme yapılır. Yukardaki örnekte 4 no. lu banttaki DN değerlerinin 11'er tane küçültülmesi gerektiği kanısına varılmıştır.

Aynı yöntem 5 ve 6 no. lu bantlarla saptanan DN değerlerine de uygulanarak atmosferin olumsuz etkisi giderilebilmektedir. Daima 7 no. lu bantın, dalga boyu büyük olan ışıklardan (0,8-1,1 mikron) yararlandığı için saptadığı DN değerlerinin hatasız olduğu kabul edilmekte ve diğerleri ona göre düzeltilmektedir.

Geometrik Düzeltme

Yapılan taramaların değerlendirilmesi sırasında, sistematik ve sistematik olmayan bir çok geometrik bozukluklar ortaya çıkmaktadır. Bu bozukluklar düzeltilile-

rek, son görüntü elde edilir. Son görüntü bir film veya kart üzerine alınır, daima hatasız bir ortogonal izdüşümdür (dik izdüşüm). Piksellerin parlaklık derecelerini yani DN değerlerini saptayan CCT isimli bilgisayarla çalışılırken herhangi bir düzeltme yapılmaz. Görüntü banttan alınırken bütün düzeltmeler yapılır sonra bilgisayara verilir. Landsat uydusundaki çok bantlı tarayıcı sistemin saptadığı görüntülerde bulunan geometrik bozuklukların başlıcaları şunlardır. Bir ince şeridin taranması 28 saniye sürmektedir. Bu süre içerisinde, dünya durmamakta eksen etrafında bir miktar dönmektedir. Dönüş miktarı ekvator da en fazladır, kutba gidildikçe azalmaktadır. Dünyanın eksen etrafında dönmesi taranan ince şeritlerde, şekil bozukluklarına sebep olmaktadır. İnce şeritler, altılık gruplara ayrılır ve her grup için, dünyanın eksen etrafında dönmesi nedeniyle bir düzeltme hesaplanır ve uygulanır. Bunlar sistematik düzeltmelerdir. Uydunun yerden yüksekliğindeki değişimler, sağa veya sola hafif dönmeleri, öne veya arkaya eğilmeleri de sistematik olmayan bozukluklara sebep olur. Her görüntüde bu bozuklukların da bulunması ve düzeltilmesi gerekir. Bütün bu düzeltmeler yapıldıktan sonra, görüntü CCT isimli bilgisayara gönderilir.

Piksellerin enleri 57 m. olduğundan, taranan ince şeritlerin boyları 57 m. nin katları olmaktadır. Tarayıcı aynanın eksen düzeye küçük açılar yapmaktadır. Piksellerin genişliği, bu açının tangentine bağlı olarak değişmektedir. İnce şeritlerin uçlarına gidildikçe piksel genişlikleri biraz artmaktadır. Açının aldığı en büyük değer 5,8 derece olduğundan, artış çok az olmaktadır. Bu değişikliğe «tarayıcının hatası» veya «Panoramic Hata» denilmektedir.

Landsat uydusu atılmadan önce, tarayıcı aynanın hareketlerinin düzenli olup olmadığı bir çok defa kontrol edilmiş fakat, tam anlamıyla bir düzenin sağlanamadığı görülmüştür. Tarayıcı aynanın hareketlerindeki sürat değişiklikleri de, şekil bozukluklarına sebep olmaktadır.

Buraya kadar açıklanan bozuklukları saptamak ve ona göre düzeltmeler yapmak amacıyla arazide kontrol noktaları alınır. Bu noktalar aynı yükseklikte olduklarından, hatasız kontrol noktaları olarak kullanılamazlar. Bunlarda da, yüksekliklerine göre bir düzeltme yapılması gerekir.

Genel olarak, uygulanan düzeltme işlemlerinin sırası şöyledir :

a — Önce tarayıcı sistemdeki gecikmelerden doğan gecikme giderilir. Dünyanın eksen etrafındaki dönüşü, tarayıcı aynanın hareketlerindeki hız değişimlerinin sebep olduğu şekil değişiklikleri düzeltilir.

b — Elde edilen görüntünün, harita yapımında kullanılan projeksiyon yöntemlerinden birine, örneğin «Mercator Projeksiyon» yöntemine uydurulması gerekir. Bunun yapılabilmesi için, arazide kontrol noktaları alınması, koordinatlarının bu yöneme göre hesaplanarak, çizilecek harita kağıdına yerleştirilmesi gerekir. Anayolların kesiştiği noktalar ve hava limanları, belirgin yer kontrol noktalarıdır, bunlardan yararlanmak gerekir. Harita kağıdına işlenen yer kontrol noktaları ile, bunların görüntülerdeki karşılıkları arasındaki farklar, geometrik bozuklukları göstermektedir. Bu noktalar karşılıklı olarak birbirlerine uygun hale getirilince, görüntüler düzeltilmiş olur.

c — İkinci kademede yapılan düzeltme sonunda bütün pikseller, uygulanan projeksiyon yöntemine göre, haritadaki yerlerini almış olurlar. Yapılan kesin düzeltmeler sonunda, pikseller arasındaki yatay uzaklıklar, yani piksellerin merkez noktaları arasındaki yatay uzaklıklar biraz daha küçülür, örneğin kenarları 50×50 m. olan bir kare şebekesi ortaya çıkar. Görüntüdeki yamaç eğimleri de değişeceğinden, piksellerin yeni duruma göre ışın yansıtma oranlarının ne olacağını saptanması gerekir. Bu işleme Resampling (yeniden deneme alanları alma) denilmektedir.

SONUÇ

Uydulardan ve uçaklardan çekilen hatalı fotoğrafların ve manyetik bantların hatalarının düzeltilmesi yani rutuş yapılması yolları, uzun süre aranmıştır. Arazi-deki gerçek durumun ne olduğu genellikle bilinmediğinden, düzeltme yaparken bozma olasılığı, daima bulunmaktadır. Filmin veya fotoğraf kağıdının herhangi bir yerindeki leke, veya havadaki küçük bir bulut, fotoğrafın küçük bir parçasının bozuk çıkmasına neden olmaktadır. Aynı fotoğrafı tekrar çekmek, çok pahalıya mal olacağından, hatta bazen olanaksızda olabileceğinden, çekilmiş fotoğrafları düzeltme veya rutuş yapma yolları çok aranmıştır.

Son yıllarda bulunan Sayısal Fotoğraflar (Dijital Fotoğraflar) sayesinde soruna geniş çapta çare bulunmuştur. Gene son yıllarda gelişen Bilgi Sayar Tekniği sayesinde, sayısal fotoğraflardan yararlanma olanağı da çok artmıştır. Çok sayıda rakkamın, basit şekilde ortalamaları alınarak, sayısal fotoğraflar üzerinde yapılması gereken düzeltme miktarları bulunabilmekte sonrada gerekli düzeltmeler yapılmaktadır. Bilgisayarlar sayesinde bu işlemler çok kolaylaşmıştır.

Sayısal fotoğrafları (Dijital Fotoğrafları), klasik fotoğraflara (Analog Fotoğraflara) dönüştürmeye yarayan çeşitli aygıtlarda geliştirilmiştir. Hatalı Sayısal fotoğrafları, ortalama olarak düzeltme olanağı sağlandığı gibi, başka yöntemlerde geliştirilmiştir. Şekil No: 11 ve 12'de dayandığı kuralları açıklanan bu yöntemler sayesinde de hatalı fotoğraflar ve hatalı manyetik bantlar düzeltilebilmekte sonrada klasik fotoğraflara dönüştürülmektedir. Bilgisayarlar sayesinde bu işlemler de çok süratli bir şekilde yapılabilmektedir.

İlk atılan Landsat uydularının saptayabildiği en küçük alan, kenarları yaklaşık olarak 80 m. olan bir kare idi. Son yıllarda geliştirilen Spot yöntemi sayesinde, bu boyut 10 m. ye kadar inmiştir. Böylelikle, uydulardan taranan arazi, hem çok küçük parçalara ayrılarak taranmakta, hemde çok ayrıntılı bir şekilde, girdiği ton kademesi saptanarak özellikleri ortaya çıkarılmaktadır. Uydulardan çekilen fotoğraflarla, evvelce Stereoskopik görüntü elde edilemiyordu. Spot yöntemi sayesinde, stereoskopik görüntü elde etme olanağı da sağlanmıştır. Böylelikle araziler daha ayrıntılı bir şekilde incelenebilmektedir.

Remote Sensing (Uzaktan Algılama) tekniğinin, son yıllarda ulaştığı düzeyi gösteren bu bilgilerin, savaşta ve barışta sağlayacağı faydaların çok büyük olacağı kesindir. Bu bilgileri en kısa sürede ülkemize getirmek ve uygulama alanına sokmak zorundayız.

KAYNAKLAR

- ALVARADO, A., 1982. *Sensor Technology for Future Atmospheric Observation Systems*, IEEE Digest 1982, Int. Geosci. Remote Sensing Symposium, Münih, Vol. 1, WP6, S. 5.1 - 5.5.
- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY, 1275. *Manual of Remote Sensing*, Vol. I. - *Theory, Instruments and Techniques*, Falls Church, Virginia, 867 S.
- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY, 1975. *Manual of Remote Sensing*, Vol. II. - *Interpretation, and Falls Church, Virginia*, 1275 S. (869 - 2144).
- BENDIX AEROSPACE SYSTEMS DIVISION, 1965. *A new way to look at the environment*, Michigan, 15 S.
- BERNSTEIN, R. and FERNEYHOUGH, D.y., 1975. *Digital Image Processing*. Photogrammetric Engineering V41, pp. 1465 - 1476.
- CARVER, K., 1982. *The NASA Radar Remote Sensing Program*, IEEE Digest 1982, Int. Geosci. Remote Sensing Symposium, Münih, Vol. 1, TP7, S. 1.1 - 1.6.
- CHAVEZ, P.S., 1975. *Atmospheric, solar and MTF corrections for ERTS digital imagery*. American Society of Photogrammetry. Proceedings of Phoenix meeting.
- CNES - SPOT IMAGE, 1982. *Nowvelles de Spot (Spot Newsletter)*, Nr. 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8, Toulouse, 1982 - 83 - 84 - 85 - 86.
- DONKER, N.H.W. and MEIJERINK, A.M.T., 1977. *Digital processing of LANDSAT imagery for maximum impression of ruggedness*. ITC Journal, 1977 - 4, pp. 683 - 704.
- ESTES, J.E. - SENGEL, L.W., 1974. *Remote Sensing (Techniques for environmental analysis)*, Hamilton Publishing Company, Santa Barbara, California, 340 S.
- FISCHETTI, Th., 1982. *NASA Geodynamics Program*, IEEE Digest 1982, Int. Geosci. Remote Sensing Symposium, Münih, Vol. 1, TP5, S. 2.1 - 2.5.
- HOLDERMAN, F., BOHNER, M., BARGEL, B. and KARMIERCZAK, H., 1978. *Review of automatic image processing*. Photogrammetria, Vol. 34, no. 6, pp. 225, 258.
- KAMINSKI, H., 1973. *Remote Sensing of air and water pollution*, Underwater Journal, October, S. 221 - 227.
- NASA, 1976. *LANDSAT Data Users Handbook*, Doc. No. 76DS4258, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Md., 1976.
- ÖRMECİ, C., 1977 - 1979. *Fotojeoloji (Ders Notu)*, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, 68 s.
- ÖRMECİ, C., 1977. *Uzaktan Algılanma ve Türkiye'deki Uygulamaları*, (Doçenlik Tezi) Eylül, 147 S.
- REMOTE SENSING IN GEOLOGY, 1980. Edited by Siegal B.S. and Gillespie A.R. Wiley, New York, pp. 702.
- REMOTE SENSING FOR ENVIRONMENTAL SCIENCES, 1976. Edited by Erwin Schand, pp. 367. Springer - Verlag, New York.
- REMOTE SENSING FOR RESOURCE MANAGEMENT, 1982. Edited by Johannesn, C.J. and Sanders, J.L., pp. 665, Iowa.
- SABINS, F.S., 1978. *Remote Sensing, Principles and Interpretation*, pp. 426. Freeman, San Francisco.
- SMITH, J.T. - ANSON, A., 1968. *Manual of Color Aerial Photography*, American Society of Photogrammetry, Falls Church, Va., 550 S.
- WOLF, P.R., 1974. *Elements of Photogrammetry (with air photo interpretation and remote sensing)*, McGraw - Hill Book Company, 562 S.