

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞEREFLİKOÇHİSAR İLÇESİNDEKİ TARIM
ARAZİLERİNDE UZAKTAN ALGILAMA
YÖNTEMİYLE EKİLİ ALANLARIN TESPİTİ
VE REKOLTE TAHMİNİ

Ahmet SÜSLÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI

GEBZE
2007

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞEREFLİKOÇHİSAR İLÇESİNDEKİ TARIM
ARAZİLERİNDE UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİYLE
EKİLİ ALANLARIN TESPİTİ VE REKOLTE TAHMİNİ

Ahmet SÜSLÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Taşkın KAVZOĞLU

GEBZE
2007

 GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ	YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU
--	---

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 22/01/2007 tarih ve 2007/4 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından tez savunma sınavı yapılan Ahmet SÜSLÜ'nün tez çalışması Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç.Dr. Taşkın KAVZOĞLU

ÜYE : Yrd. Doç.Dr. Halis SAKA

ÜYE : Yrd. Doç.Dr. Cengiz YATMAZ

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri/Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI : Şereflikoçhisar İlçesindeki Tarım Arazilerinde Uzaktan Algılama Yöntemiyle Ekili Alanların Tespiti ve Rekolte Tahmini

YAZAR ADI : Ahmet SÜSLÜ

Tarımın ülke ekonomisinde önemli bir yeri olan Türkiye gibi devletlerde hasat öncesinde tahıl ekim alanlarının ve rekolte tahminlerinin hızlı ve ekonomik bir yöntem olan uzaktan algılama ile belirlenerek tarım politikasında öncelikli adımların atılması hiç şüphesiz ki faydalı olacaktır.

Yapılan bu çalışmada Ankara il sınırları içinde yer alan Şereflikoçhisar ilçesine ait 12.05.2005 tarihli SPOT 2 ve 16.05.2005 tarihli Landsat 5 TM uydu görüntüleri kullanılarak, 2005 yılına ait klasik yöntemlerle elde edilen ve İlçe Tarım Müdürlüğü'nden alınan ekim alanları ile uydu görüntülerinin sınıflandırılması sonucu elde edilen ekim alanları karşılaştırılmış ve rekolte tahmini yapılmıştır.

Arpa ve buğday Şereflikoçhisar için ana tahıl ürünleridir. Bu tarımsal ürünlerin uydu görüntüleriyle ayrımı spektral yakınlıklarından dolayı zor bir problemdir ve iyi seçilmiş veri setlerinin kullanılması gerekir. Eğitim setindeki yanlış örneklerin sınıflandırmayı önemli oranda etkilediği tespit edilmiştir. En çok benzerlik (maximum likelihood) sınıflandırıcısı yardımıyla çalışma alanının sınıflandırması %93 genel doğrulukla gerçekleştirilmiştir. NDVI, OSAVI ve SAVI indeksleri kullanılarak ürün rekolte tahminleri yapılmıştır. Üç yöntemle de birbirine yakın değerler elde edilmiştir. En iyi rekolte tahminleri NDVI ve OSAVI yöntemi ile elde edilmiştir. Arpa ve buğday rekolte tahminleri NDVI ile %99, OSAVI ile %99, SAVI ile arpa %94, buğday %98 doğrulukla hesaplanmıştır.

SUMMARY

TITLE : Determination of Cultivated Field and Yield Estimation Using Remote Sensing Method in The Agricultural Fields of Şereflikoçhisar

AUTHOR : Ahmet SÜSLÜ

The determination of the extent of agricultural crops and the crop yield estimation before harvesting are very important issues for state planing, especially in Turkey. The use of remote sensing technology for this purpose provides a rapid and cost-effective solution with superior advantages.

In this study, SPOT 2 dated on 12th May 2005 and Landsat 5 dated on 16th May 2005 satellite images of Şereflikoçhisar in the city of Ankara were used. With the use of remotely sensed data, vegetation indices was evaluated by comparing the crop yield estimates obtained from the classification images of the study area.

Barley and wheat are the main agricultural crops in Şereflikoçhisar. Due to the spectral proximity, discrimination or delineation of these crops by satellite images is a difficult problem and requires well prepared and representative data sets. It is observed that atypical or mixed pixel samples have considerable negative effect on classification results.

With the use of maximum likelihood classifier, classification of testing samples resulted in 93% general accuracy. Yield estimation has been carried out using NDVI, OSAVI and SAVI indices. With the three methods yield estimations were determined for each pixel. Whilst accuracies for barley and wheat were equal 99% for NDVI and OSAVI, accuracy were 94% for barley and 98% for wheat in SAVI estimation. The best results were produced using NDVI and OSAVI methods in that barley and wheat yields have been calculated with 99% accuracy assesment.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda değerli fikir ve deneyimlerini esirgemeyen tez danışmanım Doç.Dr. Taşkın KAVZOĞLU başta olmak üzere, GYTE Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi Müfit ÇETİN ve tüm öğretim üyelerine, tez çalışmamda kullandığım verilerin temininde yardımlarını esirgemeyen Prof.Dr. Filiz SUNAR ERBEK'e, tez çalışmamı yürütürken fikir ve deneyimlerini benimle paylaşan Yrd.Doç.Dr. Süha BERBEROĞLU'na, Yrd.Doç.Dr. Selçuk REİS'e ve Dr. Semih EKERCİN'e, ayrıca bugüne kadar hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen aileme ve eşime teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. ELEKTROMANYETİK ENERJİ VE ATMOSFER ETKİSİ	3
2.1. Elektromanyetik Enerji	3
2.2. Elektromanyetik Spektrum	4
2.3. Atmosferik Etkiler	7
2.3.1. Atmosferik Saçılma	7
2.3.2. Atmosferik Yutulma	8
2.4. Cisimlerin Spektral Özellikleri	8
2.4.1. Bitki Örtüsünün Spektral Karakteristikleri	10
2.4.2. Toprağın Spektral Karakteristikleri	12
2.4.3. Suyun Spektral Karakteristikleri	12
2.4.4. Şehir Alanlarının Spektral Özellikleri	13
3. UYDU VERİLERİ VE SİSTEMLERİ	15
3.1. Uydu Görüntüleri	15
3.2. Çözünürlükler	15
3.3. Landsat Uydu Sistemi	17
3.3.1. Landsat MSS Sistemi	19
3.3.2. Landsat TM Sistemi	19
3.3.3. Landsat ETM + Sistemi	19
3.4. Spot Uydu Sistemi	20
3.5. Ikonos Uydu Sistemi	24
3.6. ERS-1 Uydu Sistemi	26
3.7. Radarsat Uydu Sistemi	27

3.8. Bilsat Uydu Sistemi	27
3.9. Aster Uydu Sistemi	29
4. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME	33
4.1. Dijital Görüntü	33
4.2. Dijital Görüntü İşleme Yöntemleri	34
4.3. Görüntü Zenginleştirme	36
4.3.1. Kontrast Artırımı	36
4.3.2. Filtreleme Teknikleri	37
4.4. Geometrik Düzeltmeler	39
4.5. Sınıflandırma	43
4.5.1. Kontrolsüz Sınıflandırma	44
4.5.2. Kontrollü Sınıflandırma	45
4.5.3. Doğruluk Analizi	47
5. UYGULAMA	50
5.1. Çalışma Alanı	50
5.2. Veri Kaynakları ve Yöntem	51
5.3. Rekolte Tahmini	55
5.3.1. Test Alanlarının Seçimi ve Yersel Çalışmalar	55
5.3.2. Uydu verilerinin Geometrik Düzeltmesinin Yapılması	57
5.3.3. Görüntülerin İşlenmesi ve Kullanılan Yöntemler	59
5.3.3.1. Sınıflandırma	64
5.3.3.2. Verim Tahmini	69
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	82
KAYNAKLAR	84
ÖZGEÇMİŞ	87

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AVHRR	: Advanced Very High Resolution Radiometer
ERS	: European Remote Sensing Satellite
ETM+	: Enhanced Thematic Mapper Plus
HRV	: High Resolution Visible
HRVIR	: High Resolution Visible Infrared
IRS	: Indian Remote Sensing Satellite
LISS	: Linear Imaging Self Scanner
NASA	: National Aeronautical Space Administration
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index
SPOT	: Satellite Pour l'Observation De La Terre
TM	: Thematic Mapper
OSAVI	: Optimum Soil Adjusted Vegetation Index
PVI	: Perpendicular Vegetation Index
SAVI	: Soil Adjusted Vegetation Index
GEMI	: Global Environment Monitoring Index

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Uzaktan algılama sistemi	4
2.2 Elektro manyetik spektrum	5
2.3 Optik spektrumda görünür bölge	6
2.4 Farklı yer örtü tipleri için genelleştirilmiş spektral yansıtım grafiği	9
2.5 Yeşil bitki örtüsünün spektral duyarlık karakteristikleri	10
2.6 Şehir alanlarında farklı yer tiplerinin spektral yansıtım eğrileri	14
3.1 Farklı konumsal çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri	16
3.2 LANDSAT 7 uydusu	18
3.3 SPOT 4 uydusu	20
3.4 SPOT HRV algılayıcısı sistemi	21
3.5 IKONOS uydusu	24
3.6 IKONOS uydusunun İstanbul Boğazında bir bölgeye ait görüntüsü	25
3.7 ERS-1 Radar uydusu	26
3.8 Radarsat uydusu	27
3.9 Bilsat uydusu	28
3.10 Aster uydusu	29
4.1 Piksel (Görüntü Elemanı)	34
4.2 Dijital görüntü işlemede işlem türleri	35
4.3 Dijital görüntü işlemede komşuluk türleri. (a) Dikdörtgensel örnekleme 4- bağ. (b) Dikdörtgensel örnekleme 8- bağ. (c) Çokgensel örnekleme 6-bağ.	36
4.4 Piksel dönüşümü ile komşuluk dönüşümü arasındaki kavramsal farklılık	38
4.5 Geometrik düzeltme	40
4.6 Hata matrisi	48
5.1 Şereflikoçhisar ilçe haritası	51
5.2. 12.05.2005 tarihli SPOT 2 uydu görüntüsü	52
5.3. 16.05.2005 tarihli Landsat uydu görüntüsü	53
5.4 1/100.000 lik harita üzerinde Şereflikoçhisar ilçe sınırı ve çalışma alanı	54
5.5 Uzaktan Algılama ile Rekolte Tahmini İş Akış Diyagramı	55
5.6 Arazide toplanan örnek alanların çalışma alanındaki dağılımları	57
5.7 Geometrik düzeltme için seçilen kontrol noktalarının dağılımı	59
5.8 12.05.2005 tarihli geometrik düzeltme yapılmış SPOT 2 uydu görüntüsü	60

5.9 SPOT 2 uydu görüntüsü ile Landsat TM uydu görüntüsünün birleştirilmesi	61
ile elde edilen 9 bantlı uydu görüntüsü	
5.10 SPOT ve Landsat uydu görüntülerinden çıkarılan ortak alan	62
5.11 Arazide GPS yardımıyla toplanan verilerinden elde edilen test alanları	63
5.12 Vektör (shapefile) den raster haline getirilen eğitim alanları	64
5.13 Birleştirilmiş SPOT ve Landsat görüntüsü ile eğitim alanlarının oluşturduğu 10 bantlı uydu görüntüsü	65
5.14 Spot ve Landsat görüntülerinin NDVI için kullanılan bantlarının histogramları	67
5.15 Maximum Likelihood ile kontrollü sınıflandırılmış uydu görüntüsü	68
5.16 Sınıflandırılmış görüntü ile filtrelenmiş görüntünün karşılaştırılması	70
5.17 Arpa alanlarının NDVI değerlerine göre renklendirilmiş görüntüsü	73
5.18 Arpa alanlarının NDVI histogramı ve belirlenen sınır değerleri	74
5.19 Buğday alanlarının NDVI histogramı ve belirlenen sınır değerleri	75
5.20 Uydu görüntüsü üzerinde Şereflikoçhisar ilçe sınırı	77
5.21 Arpa ve buğday için OSAVI histogramları	78
5.22 Arpa ve buğday için SAVI histogramı	79

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Landsat uydu sistemlerinin teknik özellikleri	18
3.2 SPOT uydusu spektral aralıklar	22
3.3 SPOT uyduları genel özellikleri	22
3.4 SPOT uydusu üzerindeki mevcut sensörlerin özellikleri	23
3.5 Bilsat uydusu spektral aralıklar	28
5.1 SPOT uydusu spektral aralıklar	52
5.2 Landsat-TM sisteminin spektral çözünürlükleri	53
5.3 Seçilen test alanlarının 6 derecelik koordinatları	58
5.4 12.05.2005 yılına ait Spot 2 görüntüsü için seçilen yer kontrol noktalarının koordinat ve karesel ortalama hata değerleri	59
5.5 Maksimum likelihood sınıflandırması ilk sonuç değerleri	69
5.6 Maksimum likelihood sınıflandırması ikinci sonuç değerleri	69
5.7 Sınıflandırma sonucu elde edilen arpa ve buğday alanları	70
5.8 Arpa ve buğday alanlarının maksimum ve minimum NDVI değerleri	72
5.9 İlçe Tarım Müdürlüğü verilerine göre 2005 yılı ürün rekoltesi	76
5.10 NDVI ile elde edilen arpa ve buğday rekolteeleri	76
5.11 OSAVI ile elde edilen arpa ve buğday rekolteeleri	78
5.12 SAVI ile elde edilen arpa ve buğday rekolteeleri	79
5.13 Arpa ve buğday alanlarının hesaplanan rekolte miktarları	80

1. GİRİŞ

Geride bıraktığımız yirminci yüzyıl bilgi çağı olarak nitelendirilirken, içinde bulunduğumuz yeni asır artık bilgiyi kullanma çağı olarak adlandırılmaktadır. Günümüzde bilgiyi etkin olarak kullanabilenler mutlak başarıyı yakalamaktadırlar. Günümüz teknolojisi dünya üzerindeki her türlü varlık hakkında ayrıntılı bilgi toplamayı mümkün kılmaktadır. Uzay teknolojisindeki hızlı gelişme ile dünya yörüngesine yerleştirilen uydular yeryüzünü sürekli gözlemleyerek bilgi toplamaktadır. Gelişen uzaktan algılama teknolojisi toplanan bu verileri istediğimiz alanda kullanmamıza imkan tanımaktadır.

Dünya nüfusunun hızlı artışı, buna paralel olarak da teknolojideki gelişmeler, insanların gereksinimlerini sağlamak için sınırlı olan doğal kaynakların araştırılması ve kullanılmasında daha etkin çalışmaların yapılmasını gerektirmiştir. Doğal kaynakların zenginliği ekonomik gelişmelerin temeli olup gelişmeyi hızlandırır. Ancak ekonomik gelişmeye bağlı olarak tüketimin artması sonucunda doğal kaynaklar hızla azalmaktadır. Bunun sonucu olarak doğal kaynakların etkin kullanımı ve yenilerinin aranması zorunluluk halini almaktadır. Kalkınmada doğal kaynakların saptanması ve kullarımdaki çevre ile ilgili dengelerin sağlanmasında uzaktan algılama yöntemleri giderek önem kazanmaktadır.

Tarımsal uygulama amaçlı uzaktan algılama çalışmaları 1950’li yılların başında tarım ürünlerinin mikrodalga bölgesinde davranışlarının incelenmesiyle başlamış, 1970’li yıllarda hız kazanmış ve 1972 yılında LANDSAT uydusunun yeryüzü kaynaklarını araştırmak amacıyla uzaya fırlatılmasıyla uygulama olanağı bulmuştur (Cihlar et al., 1986).

Uzaktan algılama genel olarak “cisimlerle direk temas etmeksizin cisimler hakkında veri toplama yöntemi” olarak tanımlanabilir. Uzaktan algılamanın yaygın olarak kullanıldığı alanlardan biri de tarımdır. Tarımsal uygulamalarda uzaktan algılama verilerinin kullanılması, ülkemizde yeni bir teknik olarak görülmekte ve fazla uygulaması bulunmamaktadır. Tarımsal uygulama olarak rekolte tahmini, ekili

alan tahmini, ürün bilgi sistemi oluşturma, sulama alanlarının tespiti, ürün veriminin artırılması, hastalıkla mücadelede gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, SPOT ve Landsat uydu görüntüsü kullanarak Şereflikoçhisar’ da tarım arazilerinde ekili alanları tespit etmek, bunlar arasından arpa ve buğday ürünlerini ayırmak ve rekolte tahmini yapmaktır.

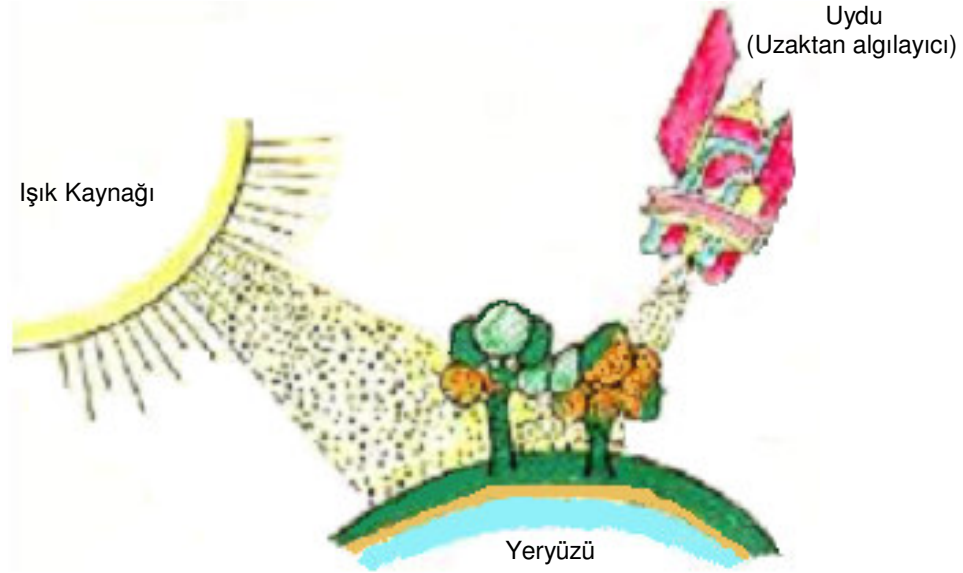
2. ELEKTROMANYETİK ENERJİ VE ATMOSFER ETKİSİ

2.1. Elektromanyetik Enerji

Elektromanyetik enerji, ışık hızı ile harmonik dalgalar şeklinde hareket eden bütün enerji şekillerini kapsamaktadır. En bilinen elektromanyetik enerji şeklinde güneş ışığıdır. Fakat günümüzdeki bilimsel araştırmalar sonucu daha birçok elektromanyetik enerji şekli bulunmuş ve insanlığın hizmetine sunulmuştur. X ışınları, kızıl ve mor ötesi ışınlar, ısı, radyo ve televizyon dalgaları birer elektromanyetik enerji şeklidir. Günümüzde birçok modern araçlar, örneğin bilgisayarlar, televizyon ve radyolar, mobil telefonlar, mikrodalga fırınlar, uydular vb. elektromanyetik enerji ile çalışmaktadır.

Uzaktan algılama da dalga uzunluğu ve cismin ısisına bağılı olarak ısıyan enerji miktarı önemlidir. Elektromanyetik enerji katı, sıvı veya gaz halindeki cisimlerle temasta şiddet, doğrultu, dalga uzunluğu, polarizasyon ve faz farkı gibi bakımlardan bir çok değışikliğe uğramaktadır. Uzaktan algılamada bu değışiklikler saptanıp, kayıt edilmelidir. Bu işlem sonucu ortaya çıkan görüntü ve veriler kayıt edilen elektromanyetik ışıınımda değışikliğe neden olan cismin özelliklerinin belirlenmesi için yorumlanmaktadır (Örmeci, 2000).

Bir cisme veya yüzeye kaynaktan (güneş) gelen enerji iletilir, yutulur, saçılır ve/veya yansıtılır. Şekil 2.1 de de görüldüğü üzere cisim ve enerji arasındaki bu ilişki uzaktan algılamanın temelini oluşturmaktadır.



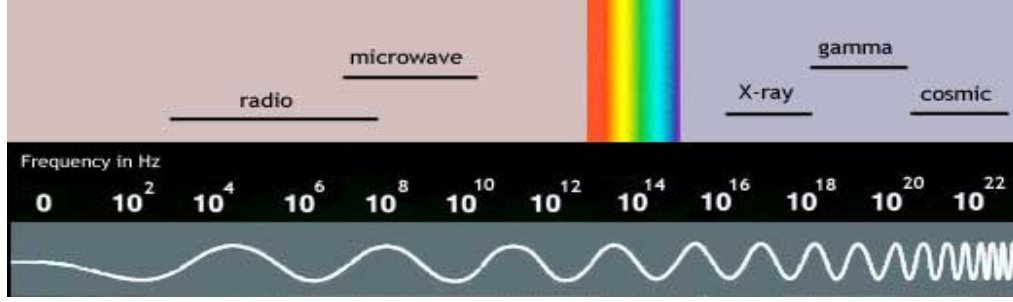
Şekil 2.1. Uzaktan algılama sistemi

2.2. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrum 10^{-10} μm dalga boylarından, 10^{10} μm dalga boylarına kadar olan tüm elektromanyetik ışıınımı kapsar. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi fiziksel özelliklerindeki farklılıklarından dolayı, elektromanyetik spektrum dalga uzunluklarına göre bölgelere ayrılarak adlandırılmıştır.

Gamma ışını ($\lambda < 0.03 \mu\text{m}$): Yıldızlardan ve bazı radyoaktif maddelerden yayılmaktadır. Yüksek frekanslı dalgalardır ve oldukça fazla enerji taşımaktadırlar. Genelde tıp alanında radyoterapi uygulamalarında kullanılmaktadır. Güneşten gelen gamma ışıınımı atmosferin üst tabakaları tarafından tamamen yutulduğundan uzaktan algılamada önem arz etmemektedir.

X-Işını ($0.03 < \lambda < 3 \mu\text{m}$): Yıldızlardan yayılmaktadır. Yüksek frekanslı dalgalardır ve oldukça fazla enerji taşımaktadır. Tıp alanında röntgen çekimlerinde, havaalanı güvenliğinde bagaj kontrolünde kullanılmaktadır. Atmosfer tarafından tamamen yutulduğundan uzaktan algılamada kullanılmaktadır.



Şekil 2.2. Elektro Manyetik Spektrum

Morötesi Işın (UV) ($3nm < \lambda < 0.4 \mu m$): Güneşten büyük miktarda yayılmaktadır. Ayrıca özel lambalar tarafında da üretilmektedir. Morötesi ışınların mikropları öldürme özelliği olduğundan yiyecek ve ilaç sektörlerinde ürünlerin sterilizasyonu için kullanılmaktadır. Ayrıca yeterli dozdaki morötesi ışınlar vücudun D vitamini üretmesini sağlamaktadır. Bunların dışında sahte para tespitinde ve solaryumlarda da kullanılmaktadır. Dalga uzunluğu $0.3 \mu m$ den küçük olan kısmı atmosferin üst tabakasındaki ozon gazı tarafından yutulmaktadır. Diğer kısmı ise ancak film ve detektörlerce saptana bilmektedir. Buna karşın atmosferdeki saçılma miktarı çok fazladır.

Görünür Işın ($0.4 \mu m < \lambda < 0.7 \mu m$): güneşin ısısı ortalama $5600^\circ C$ olup çok büyük miktarda görünür ışın yamaktadır. Uzaktan algılama da görünür dalga boyu ışınlarından yararlanılmaktadır.

Kızılötesi Işın ($0.7 \mu m < \lambda < 300 \mu m$): Yıldızlardan, lambadan, ateşten vb. sıcak cisimlerden yayılmaktadır. Bu ışınlar, verdikleri sıcaklık hissi ile anlaşılmaktadır. Günümüzde birçok alanda örneğin tıpta fizyoterapi alanında, gece görüş dürbünlerinde, elektronik aletlerin uzaktan kumandalarında, bazı alarm sistemlerinde sıkça kullanılmaktadır. 0.7 ile $0.9 \mu m$ arasındaki ışınım film ile saptanabilmektedir. 3 ile $5 \mu m$ ve 8 ile $14 \mu m$ arasındaki ışınım optik ve mekanik tarayıcılar tarafından saptanmaktadır.

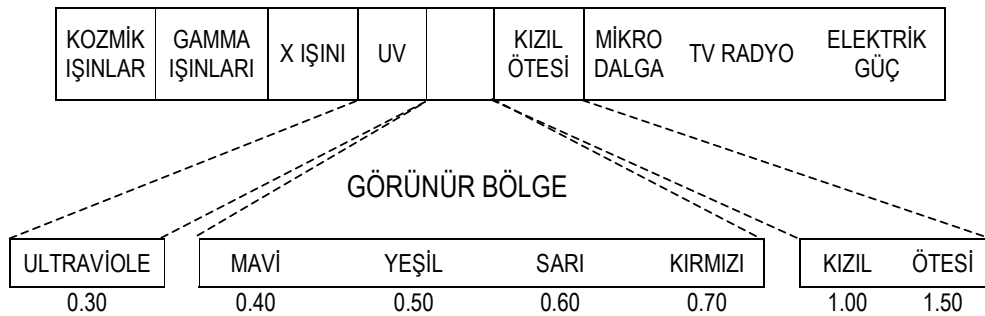
Mikrodalga ($0.3 < \lambda < 300 \mu m$): Yüksek frekanslı radyo dalgalarıdır. Yıldızlardan yayılmaktadır, aynı zamanda vericiler tarafından da üretilebilmektedir. Mobil telefonlarda, mikrodalga fırınlarda ve radar sistemlerinde kullanılmaktadırlar.

Her türlü hava koşulunda pasif veya aktif olarak görüntü elde edebilmektedir. Mikrodalga bölgesinde uzaktan algılamanın şekli aktif algılama olup radardır. Yükseklik ve neme aşırı duyarlı olup bu dalgalar yardımıyla optik bantlarla yapılamayan bir çok araştırma yapılabilmektedir.

Radyo Dalgaları ($\sim 1m < \lambda < 2 km$): Dalga boylarına göre çeşitli vericiler tarafında üretilmektedirler. Ayrıca şimşek ve yıldırımdan, kıvılcımdan ve yıldızlardan yayılmaktadırlar. Elektromanyetik spektrumdaki en düşük frekanslı ışınlardır ve genel olarak iletişimde kullanılmaktadırlar (Örmeci, 2000; URL-1).

Yukarıda genel olarak incelenen elektromanyetik spektrum bölgelerini, aşağıda uzaktan algılamada kullanılış biçimlerine göre incelenmektedir.

Uzaktan algılamada en çok kullanılan dalga boyları $0.30 \mu m$ den $15 \mu m$ ye kadar uzanan optik dalga boylarıdır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Optik spektrumda görünür bölge

$0.38 \mu m$ ile $3.0 \mu m$ arasındaki bölgeye, spektrum yansıtıcı bölgesidir. Bu dalga boylarında algılanan enerji öncelikle, güneşten kaynaklanan ve yeryüzündeki cisimlerden yansıyan ışınımıdır. Bu bölge ayrıca, görünür dalga boylarına ve yansıtıcı kızılötesi dalga boylarına ayrılmaktadır. İnsan gözü, yaklaşık $0.38 \mu m$ ile $0.72 \mu m$ dalga boyları arasındaki ışınım duyarlıdır, bu yüzden bu dalga boylarına, görünür dalga boyları denilmektedir. $0.72 \mu m$ ile $3.0 \mu m$ arasındaki bölgeye, spektrumun yansıtıcı kızılötesi bölgesi denilir. Bu da ayrıca, yakın kızıl ötesi ($1.3 \mu m$ den $3.0 \mu m$ ye kadar) dalga boyu alt bölgelerine ayrılmaktadır.

3.0 μm den 7.0 μm ye kadar olan dalga boyu bölgesi için genellikle özel bir adlandırılma yapılmamıştır. Atmosferik etkiler bu bölgede, ışınlam verilerinin yorumlanmasını çok karmaşık bir hale getirmekte ve bu dalga boylarının, uydu uzaktan algılama uygulamalarındaki yararlılığını kısıtlamaktadır.

7.0 μm dan 15 μm kadar dalga boylarındaki elektromanyetik enerji spektrumun uzak kızılötesi bölgesindedir. Spektrumun bu bölgesini adlandırılmada bazen yayıcı ve ısıt terimleri de kullanılmaktadır (Maktav ve Sunar, 1991).

2.3 Atmosferik Etkiler

Elektromanyetik ışınlam, bir uzaktan algılama sistemi tarafından algılanmadan önce atmosferin içinden geçmektedir. Önce güneşten hedefe gelirken ve sonra hedeften algılayıcıya gelene kadar atmosferin içinde belli bir yol kaydetmektedir. Işınlam atmosferindeki bu ilerleyişi sırasında saçılma, yutulma ve kırılma nedeniyle yoğunluğunda, frekansında, doğrultusunda ve hızında bazı değişimler olmaktadır. Atmosferin bu etkileri izlenen yolun uzunluğuna bağlıdır.

2.3.1 Atmosferik Saçılma

Saçılma elektromanyetik enerjinin atmosferindeki duman, toz, yağmur damlaları, buhar ve tuz kristalleri gibi askıda bulunan maddeler veya büyük çaplı atmosferik gaz molekülleri nedeniyle yön değiştirmesidir. Kısa dalga boylarının, uzun dalga boylarına göre daha fazla saçıldığı görülmektedir.

Büyüklikleri ışığın dalga boyundan çok daha küçük olan atmosferdeki gaz moleküllerine, ışığın çarpmasıyla oluşan saçılmaya Rayleigh Saçılması denilir. Bu saçılma atmosferin üst bölgelerinde (9-10 km civarında) oluşmaktadır. Kısa dalga boylu morötesi ve mavi ışık, uzun dalga boylu kırmızı ışık ve kızılötesi enerjiye göre çok daha fazla saçılmaktadır. Gökyüzünün mavi görülmesinin sebebi budur. Rayleigh saçılması temiz bir atmosfer içindir. Oysa özellikle atmosferin alt kısımlarında sis, duman, tuz kristalleri, yağmur damlaları ve su buharı gibi çok

sayıda askıda madde vardır. Bu maddelerden, boyutları gelen ışınım dalga boyu civarında olanlar Mie Saçılmasına neden olmaktadır. Mie Saçılması genel olarak dalga uzunluğu ile ters orantılı olup, uzun dalga boylu ışınım, Rayleigh Saçılmasına göre daha çok etkilenmektedir. Mie Saçılması atmosferin alt kısımlarında oluşmaktadır (5 km ye kadar) (Örmeci, 2000).

2.3.2 Atmosferik Yutulma

Atmosferik saçılımda ışınım, atmosferindeki taneciklerden yansır ve kırılır. Yutulma saçılmanın aksine enerjinin yeryüzüne ulaşmadan atmosferde depolanmasına neden olur. Bir ortam içinde yutulmada, ortama giren büyük frekanslı bir enerji daha küçük frekanslı bir enerjiye dönüşmektedir. Örneğin ışık enerjisi ısı enerjisine dönüşür ve atmosfer ısınır.

Atmosferik yutulma, genellikle üç atmosfer gazından dolayı oluşmaktadır; ozon, atmosferin üst tabakalarında morötesi ışınları absorbe etmektedir, karbondioksit atmosferin alt tabakalarında 13-17.5 mm bölgesindeki enerjiye absorbe eder, su buharı da yine atmosferin alt tabakalarında 5.5-7 mm arasındaki ve 27 mm 'nin üzerindeki bölgenin enerjisini absorbe etmektedir.

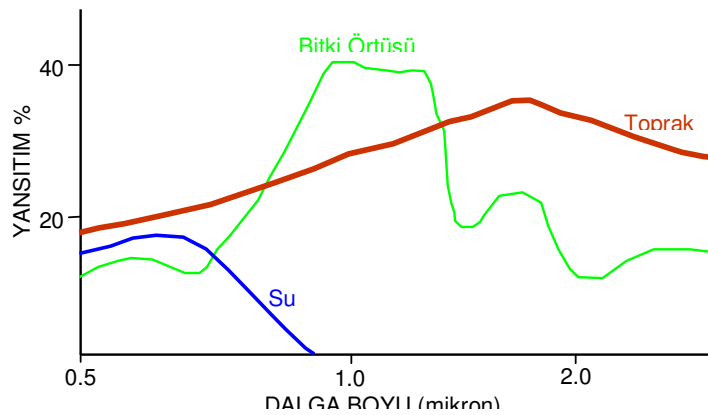
Uzaktan algılamada ışınım kaynağı atmosfer etkisi ve algılayıcının duyarlılığı birbirini tamamlayan öğelerdir. Belirli bir iş için algılayıcı seçerken, algılanmak istenen spektral bölgede atmosferin geçirgenliği, algılama yapılacak enerjinin kaynağı, şiddet ve spektral bileşimi ve algılanan enerjinin incelenecek özelliklere etkisi göz önüne alınmalıdır (Örmeci, 2000).

2.4 Cisimlerin Spektral Özellikleri

Cisimlerin yansıtma, yutulma ve geçirilme özellikleri cisimleri fiziksel ve kimyasal özelliklerine ve gelen ışınımın dalga boyuna bağlıdır. Görünür bölgede bu değişiklikler renk olgusunun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Göz çeşitli cisimleri ayırt etmek için yansıyan enerjinin şiddetindeki değişikliklerden yararlanır. Her cisim üzerine gelen ışınımı farklı oranda yansıtır, yutar yada geçirir. Spektral

özelliklerinin değişiklik göstermesi yeryüzündeki cisimlerin tanımlanabilmelerinin en önemli nedenidir. Uzaktan algılama sistemleri esas olarak yansıtılan enerjinin esas olduğu dalga boyu bölgesinde algılama yaptığı için cisimlerin yansıtma özellikleri çok önemlidir (İspir, 2000).

Yansıtma ışınlarından yararlanılarak kaydedilmiş veriler; fotoğraflar, görüntüler veya fotoğrafa yada görüntüye dönüştürülebilir analog ve dijital bant kayıtlarıdır. Bunların başında laboratuarda veya arazide ölçülen spektral yansıtma değerlerinin, dalga ve boyunun bir fonksiyonu olarak gösterilen spektral yansıtma grafiklerinden de yararlanılmaktadır. Spektral yansıtma grafiklerinin özellikle iki önemli yararı vardır. Bunlardan birincisi bilinmeyen belirlenmesinde kullanılabilecek standart yansıtma değerlerinin elde edilmesidir. İkincisi ise arazide bir arada bulunan cisimlerin özellikle farklı kayaç türlerinin hangi spektral kanallarda daha belirgin kontrast verebileceklerinin ortaya çıkmasıdır. Birinci durum için yeni ölçümle sağlanan bir grafik, önceden belirlenen cisimlere ait grafiklerle karşılaştırılır ve uygunluk gösterdiği cisim grubuna dahil edilir. İkinci durum için ise arazide bir arada bulunan spektral yansıtma değerleri ayrı ayrı ölçülür ve aynı koordinat eksenine göre birlikte grafikleri çizilir. Bu grafikte farklı cisimlerin eğrileri hangi dalga boylarında en fazla uzaklık gösteriyorsa, o aralıkta seçilecek olan kanal uzaktan algılama içinde en uygun kanal olacaktır. Şekil 2.4’ de farklı yer örtü tipleri için geliştirilmiş spektral yansıtım grafiği verilmektedir.

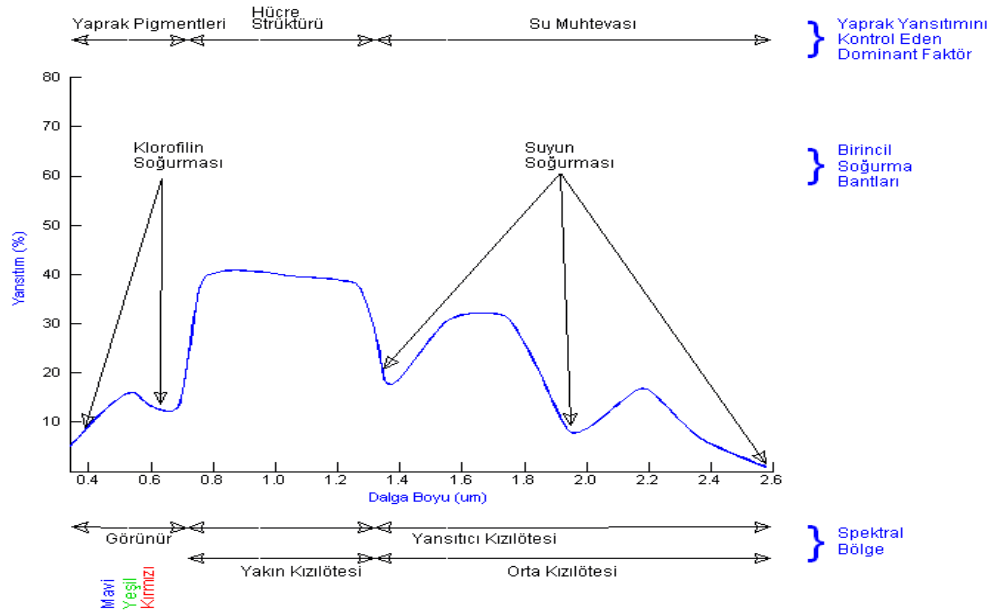


Şekil 2.4 Farklı yer örtü tipleri için geliştirilmiş spektral yansıtım grafiği

2.4.1 Bitki Örtüsünün Spektral Karakteristikleri

Yeşil bitki örtüsünün tipik bir spektral yansıtım eğrisini Şekil 2.5’de gösterilmekte ve en önemli spektral duyarlık bölgeleri tanımlanmaktadır.

Bitki cinsine bağlı olmaksızın yaprakların spektral yansıtımları üç farklı bölgeye ayrılabilir. Görünür bölgede yansıma klorofil, karotene, ksantofil ve antosyanin gibi yaprak pigmentleri tarafından kontrol edilir. Bu bölgede yaprak pigmentleri ışınımı yutarlar ve yansımayı azaltırlar. Şekil 2.6’ da gösterilen yeşil yaprak yansıtımının detayları tekrar incelendiğinde, görünür bölgenin mavi ve kırmızı bölgelerinde çok düşük bir yansıtım olduğu görülmektedir. Bu düşük yansıtım, iki klorofil soğuma bandına karşılık gelir ($0.45 \mu\text{m}$ ve $0.65 \mu\text{m}$). Görünür dalga boylarında, yeşil bir yaprağa çarpan enerjinin çoğu soğurulur ve azı yapraktan geçer. İki klorofil soğurma bandı arasındaki dalga boylarında bağıl bir soğurma kaybı, yaklaşık $0.54 \mu\text{m}$ de bir yansıtım tepe noktası oluşmasına neden olur ki buda yeşil dalga boyu bölgesidir. Bu da, normal sağlıklı yaprakların gözümüze yeşil görünmesine önemli ölçüde neden olarak yeşil dalga boylarındaki oldukça düşük yutulmadan kaynaklanmaktadır.



Şekil 2.5 Yeşil bitki örtüsünün spektral duyarlık karakteristikleri (Maktav ve Sunar, 1999)

Eğer bitki stres altında ise ve klorofil üretimi azaldıysa, klorofil pigmentasyonunun eksikliği, bu bitkilerin, klorofil yutma bantlarında daha az yutulmasına neden olur. Bu tür bitkiler, özellikle spektrumun kırmızı bölgesinde çok daha fazla yansıtıma sahip olup, bu nedenle sarımsı veya klorotik görünmektedir.

İlgilenilen diğer pigmentler, karotene ve ksantofil (sarı pigmentler) daha yeşil yaprakta bulunur, fakat sadece spektrumun özellikle mavi bölgesinde bir yutma bandına sahiptir. Klorofil de, ki o da mevcuttur, mavide yutulduğundan, normal olarak bu sarı pigmentleri maskeler. Bununla beraber bir bitki yaşadıkça, klorofil yavaş yavaş kaybolur ve bu kayboluş, karotenlerin ve ksantofillerin dominant olmasına neden olur. Bu olay ağaç yapraklarının sonbaharda sarı renk almasının temel nedenidir. Aynı şekilde, sonbaharda klorofil üretimi azaldığında, bazı ağaç cisimleri büyük miktarda antosyanins (kırmızı pigment) üretir. Ve bunun sonucu olarak da yapraklar açık kırmızı bir görünüm alır.

Yansıtma eğrisinin görünür bölgeye göre farklı gösterdiği ikinci bölge ise 0.70-1.30 μm arasında kalan yakın kızılötesi bölgedir. Bu bölgede yansıtma ve geçirilme önemli olup, ana etken yaprağın hücre yapısıdır. Yaprak pigmentlerinin bu bölgede tamamen geçirimli olmaları nedeni ile hemen hemen hiç yutulma söz konusu değildir. Yalnız 0.98 μm ve 1.20 μm dalga uzunluklarında yapraktaki su muhtevası nedeni ile çok az bir miktarda yutulma olur. Yaprak yapısı bitki türleri için bir çok farklılıklar gösterildiğinden buna bağlı yansıtmadaki farklılıklardan yararlanarak türleri ayırt etmek mümkündür. Diğer taraftan hücre yapısının her hangi bir etki ile bozulması ve değişmesi de yansıtmanın özelliğini değiştirir.

Bundan sonra $\lambda = 1.3-2.7 \mu\text{m}$ arasında yer alan orta kızılötesi bölgede bitkideki su muhtevası spektral yansımaya etki eder. Bu dalga boylarında 1.4, 1.9 ve 2.7 μm yakınında oluşan güçlü su soğurma bantları, yeşil bitki örtüsünün spektral duyarlılığında dominanttır. Bu bölgede, yansıtım tepe noktaları, su soğurma bantları arasında, yaklaşık 1.6 ve 2.2 μm de oluşur. Yansıtma ile yapraktaki su muhtevası ters orantılı olup, su muhtevası da yaprak kalınlığı ile orantılıdır (Örmeci, 2000; Maktav ve Sunar, 1991).

2.4.2 Toprağın Spektral Karakteristikleri

Toprak maddelerinin çoğunun spektral yansıtım eğrileri, genellikle bitki örtüsününki kadar karmaşık değildir.

Toprağın yansıtımı genel olarak incelendiğinde artan nemin, spektrumun yansıtıcı bölgesi boyunca yansıtımın azalmasına neden olacağı görülmemektedir. Havada kurumuş kumlu toprakların su soğurma bantlarındaki yansıtımında önemli miktarda su içeren kumlu toprakların ise, yaklaşık 1.4, 1.9 ve 2.7 μm soğurma bantlarındaki yansıtımında belirgin azalmalar vardır. Bu bantlar bitki örtüsünün yansıtımında incelenen su yutma bantlarıdır. Özellikle su yutma bantlarında, toprağın nem muhtevası arttıkça yansıtım azalmaktadır.

Toprağın yansıtımını etkileyen diğer faktörler ise; toprağın dokusu, yüzey pürüzlülüğü, organik madde muhtevası, demir oksitleri artıştır.

Toprak dokusunun tanecik boyutu küçüldükçe yansıtım artar, aynı şekilde yüzey pürüzlülüğündeki azalma yansıtım değerini artırır. Bunun yanında organik madde muhtevası ve demir oksit miktarındaki artış yansıtım değerinde azalmaya neden olmaktadır (Maktav ve Sunar, 1991).

2.4.3 Suyun Spektral Karakteristikleri

Suyun spektral yansıtması da bitki örtüsü ve zemin gibi dalga uzunluğuna bağlı olarak değişiklik gösterir.

Görünür bölgede suyun yansıtması, su yüzeyinin durumu, suda bulunan askıda maddeler ve suyun içinde yer aldığı ortamın tabanı ile yakından ilgilidir. Yine suyun yutması ve geçirgenliği de su içinde bulunan organik ve organik olmayan maddelerin miktar ve büyüklüğüne bağlıdır. Suyun bulanıklığı geçirgenliğin azalmasına, buna karşılık yansımının artmasına neden olur. Bulanık su, temiz suya göre daha büyük dalga uzunluklarında yansır.

Suyun yansıtma özelliği, içinde bulunan klorofil miktarına göre değişir. Klorofil yoğunluğundaki artma, suyun mavi dalga uzunluklarındaki yansıtmanın azalmasına, yeşil dalga uzunluklarındaki yansıtmanın ise artmasına neden olur. Bu değişiklikten yararlanarak yosun varlığı ve yoğunlukları uzaktan algılama verileri ile saptanabilir. Ayrıca görünür bölgedeki yansıma verilerinin değişiminde yararlanarak yağ, petrol, endüstri ve kanalizasyon artıkları gibi nedenlerle oluşan su kirlenmeleri belirlenebilir.

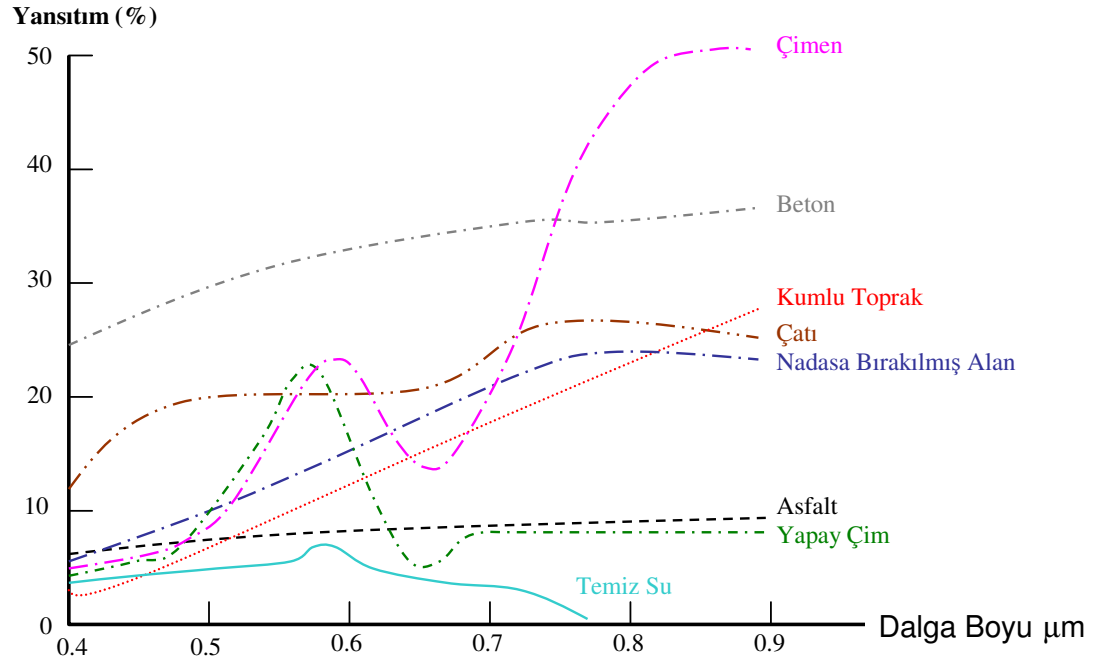
Kızılötesi bölgede ise suyun ışınmı yutma özelliği ağır basar ve hemen hemen gelen bütün ışınmı yutulur. Yansıma çok az olduğundan yansıyan kızılötesi bölgede suyu, zemin ve bitki örtüsünden koyu siyah rengi nedeni ile ayırt etmek oldukça kolaydır (Örmeci, 2000).

2.4.4 Şehir Alanlarının Spektral Özellikleri

Uzaktan algılamada, belirli dalga boyu aralıklarında ölçülen yansıtım değerleri bir takım spektral özellikler içerir. Bu spektral yansıtım istatistikleri genellikle uzaktan algılama ve şehir bölgelerinin karakterize edilmesine ve arazi kullanımına ait özelliklerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu spektral özellikler verilen şehir bölgesi için her zaman sabit olmayıp, spektral dağılım, incelenen alanın o anki parlaklık değerine, enerji ile algılayıcının tarama açısı arasındaki geometrik bağlantılara, atmosferik etkilere ve bölgenin fiziksel özelliklerine bağlıdır.

Şehirleşme olgusu ile ilgili bir değerlendirme yapabilmek için farklı maddelerin spektral yansıtım eğrileri Şekil 2.8’ de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi pek çok eleman belirli spektral bölgelerde kabaca aynı spektral yansıtım özelliği göstermektedir. Fakat coğrafik olarak spektral özelliklerin arazi parçasının büyüklüğüne, bina inşa materyallerine, yapılan konum ve yönlerine, enleme (güneş açısı etkileri) ve atmosferik koşullara bağlı olarak değişebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle şehir olgusuyla ilgili uydu algılayıcıları tarafından elde edilen spektral özellikler ilk bakışta yanıltıcı olabildiğinden spektral bölgelerin doğru seçilmesi ve elde edilen spektral verilerin doğru bir şekilde yorumlanması gerekmektedir. Bu da hava fotoğrafları, çok spektrumlu algılayıcılar, mikrodalga

algılayıcıları vb. o bölgeye ait farklı algılama sistemlerinden alınan verileri gerektirir (Rencz and Ryerson, 1999).



Şekil 2.6. Şehir alanlarında farklı yer tiplerinin spektral yansıtım eğrileri (Rencz and Ryerson, 1999)

3. UYDU VERİLERİ VE SİSTEMLERİ

3.1 Uydu Görüntüleri

Uydudaki algılayıcı sistemlerin gelişimi ve yeryüzü hakkında çok sayıda fotoğrafik ve dijital formda verinin elde edilmesi mümkün olmaktadır. Bu veriler, yeryüzü kaynaklarının araştırılması, şehir gelişimi planlaması, arazi kullanımının incelenmesi, çevre kirlenmesinin izlenmesi gibi uygulamalarda yoğun olarak kullanılmaktadır.

Gerek fotoğrafik ve tematik haritaların yapılmasında gerekse güncelleştirme çalışmalarında, uzaktan algılama görüntüleri hız, doğruluk ve maliyet açısından büyük kazanımlar sağlanmaktadır. Uydu yüksekliğinin sağlandığı sinoptik görüş, uydu algılayıcılarının hareket hızı ve kullanılan spektral bant sayısı nedeniyle çok büyük miktarda veri üretilmektedir (Özkan, 2000).

3.2 Çözünürlükler

Çözünürlük, genel anlamda ekranda görünen piksel sayısını yada görüntüdeki bir pikselin yeryüzündeki karşılığını ifade etmek için kullanılır. Bu çözünürlük tanımı uzaktan algılanmış bir veri için yetersiz kalmaktadır. Uzaktan algılama uygulamalarında dört farklı çözünürlük tanımlanmaktadır.

- Spektral Çözünürlük
- Uzaysal Çözünürlük
- Radyometrik Çözünürlük
- Zamansal Çözünürlük

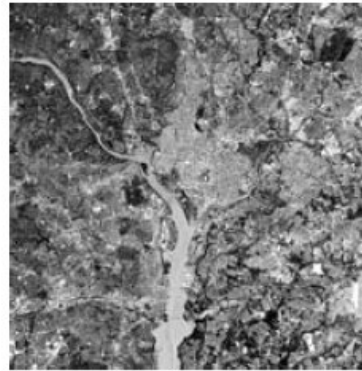
Spektral çözünürlük, algılayıcının algılamayı yaptığı dalga boyu aralığını ifade eder. Örneğin Landsat TM' in (Tematik Haritalayıcı) 1. bandı görünür bölgedeki 0.45 ve 0.52 μm (mavi) arasındaki enerjiyi kaydederken 2. bant 0.52 ile 0.60 μm (yeşil) arasındaki enerjiyi kaydeder.

Uzaysal çözünürlük, her pikselin yeryüzünde temsil ettiği alanı veya algılayıcının kaydedileceği en küçük cismin ölçüsünü ifade eder. Eğer cisim bu ölçüden küçükse algılayıcı tarafından kaydedilemez, fakat cismin spektral yansıtım değeri, o alandaki bütün cisimlerin spektral yansıtım değerlerinin ortalaması olarak kaydedilir (Özkan, 2000).

Radyometrik çözünürlük, her bir banttaki toplam ala bilecek veri değerini ifade eder. Bu veriler bit olarak gösterilir. Örneğin 8 bitlik bir veride (2^8), her bir piksel 0' dan 255' e kadar değişen 256 farklı gri renk tonu değeri, 2 bitlik bir veride (2^2) ise 4 farklı gri renk tonu değeri almaktadır. Şekil 3.1' de 2 ve 8 bitlik uydu görüntüleri arasındaki radyometrik çözünürlükteki farklılık açıkça görülmektedir.



1 Meter Panchromatic



10 Meter Panchromatic



30 Meter Multispectral



80 Meter Multispectral

Şekil 3.1 Farklı konumsal çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri

Zamansal çözünürlük ise, belirli bir bölgenin hangi sıklıkta algılanacağını ifade eder. Bu da zamana bağlı değişimlerin izlediği uzaktan algılama uygulamaları için önemlidir.

3.3 LANDSAT Uydu Sistemi

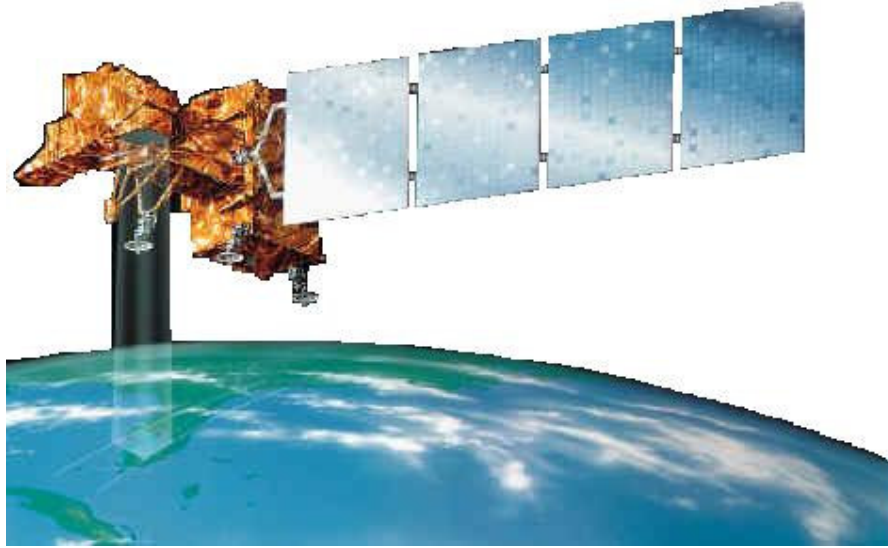
Dünya üzerindeki doğal kaynakları sivil uydu aracılığı ile inceleme fikri 1960' ların ortasında düşünülmeye başlanmıştır. NASA (The National Aeronautics and Space Administration) bu fikrin gelişmesine ön ayak olup ilk uzaktan algılama uydusunun uzaya fırlatılması tasarlanmıştır. USGS (The U.S Geological Survey) LANDSAT verilerinin dağıtımı ve arşiv yöntemini üzerine almak için 1970' lerin başında NASA ile bir iş birliği başlatmıştır. 23 Temmuz 1972' de NASA LANDSAT serisinin ilk uydusunu orijinal adıyla ERS-A' yı (Earth Resources Technology Satellite-A) uzaya fırlatılmıştır. Bu uydu beş yıldan uzun bir süre veri gönderdikten sonra ömrünü tamamlamıştır. Bu serinin ikinci uydusu ERTS-B 22 Ocak 1975' de fırlatılmıştır. Bu uydunun adı daha sonra NASA tarafından LANDSAT 2 olarak değiştirilmiştir. Bu uyduları LANDSAT 3, 4, 5, 6 ve 7 takip etmiştir. LANDSAT 1, 2, 3 birinci jenerasyon ve LANDSAT 4, 5, 6, 7 ikinci jenerasyon uydulardır. Her başarılı uydu sistemi, algılayıcı ve kapasitelerinin gelişimini sağlamıştır.

1980' lerin başına kadar LANDSAT uydu sistemlerindeki bütün işlemler NASA sorumluluğunda yürütülmüştür. Ocak 1983' de LANDSAT sistemlerinin yürütücülüğü NOAA' ya (National Oceanic and Atmospheric Administration) devredilmiştir. Ekim 1985' te ise sistem ticarileştirilmiştir.

LANDSAT 4 ve 5 uydularında MSS ve TM algılayıcıları mevcut olup MSS algılayıcılarının veri alması 1992' nin sonlarında iptal edilmiştir. Uyduların yörünge yüksekliği 705 km'dir. Tekrarlama zamanları 16 gündür. Algılayıcının tarama genişliği 185 km.dir ve 16 günde 133 dairesel yörüngede çalışmaktadır. Bu yörüngelerde birbirini örtme oranı ekvator civarında %7 iken, 81° kuzey ve güney enlemlerinde %84' e kadar çıkmaktadır. LANDSAT 4 14 Aralık 1993 görevini tamamlamıştır.

LANDSAT 6 fırlatıldıktan sonra meydana gelen kazadan dolayı yörüngeye yerleştirilememiştir. LANDSAT 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) algılayıcısına sahiptir (Şekil 3.3). Diğer LANDSAT sistemlerinde farklı olarak birde pankromatik bandı vardır. Günümüzde LANDSAT 5 ve 7 birlikte çalışarak her 8 günün sonunda yer kürenin tam olarak algılanmasını sağlamaktadır.

LANDSAT 7 verileri Amerika ve Uluslararası yer istasyonundan oluşan bir ağ tarafından alınmaktadır. Ayrıca şekil 3.3’ de ise LANDSAT 7 uydusuna ait yörüngeler gösterilmektedir (URL-2).



Şekil 3.2 LANDSAT 7 uydusu

Tablo 3.1 LANDSAT uyu sistemlerinin teknik özellikleri

Uydu	Operatör	Başlangıç ve Sonlanma Tarihi	Sensör	Yersel	Radyometrik	Şerit Genişliği Swath	Görüntüleme Sıklığı
Landsat 1/2/3	NASA-EOSAT	1972/75/78	MSS	80m	8 bit		18 gün
		1978/82/83					
Landsat 4/5	Space Imaging	1982/84, 1987/-	TM	30m (VNIR)	8 bit	183	16 gün
			TM	30m (SVIR)	8 bit	183	16 gün
			TM	120m (TIR)	8 bit	183	16 gün
Landsat 7	NASA	1999	Pan	15m.	8 bit	185	16 gün
			ETM	30m(VNIR-SWIR)	8 bit	185	16 gün
			ETM	60m. (TIR)	8 bit	185	16 gün

3.3.1 LANDSAT – MSS Sistemi

LANDSAT Multi Spectral Scanner (MSS) yer yüzeyini batı-doğu doğrultusunda tarayan bir radyometredir. LANDSAT-MSS sisteminin uzaysal çözünürlüğü LANDSAT 1, 2, 3 için 79x79 metre, LANDSAT 4,5 için 82x82 metredir. Bu farklılığın sebebi ilk jenerasyon LANDSAT uydularının uçuş yükseklikleri 920 km iken ikinci jenerasyon uyduların 705 km olmasıdır. MSS sisteminin tarama genişliği 185 km'dir.

MSS algılayıcıları, uçuş yörüngesine dik olarak satır tarama yapan sistemlerdir. Tarama salınımlı bir ayna tarafından yapılmakta olup her spektral bant için 6 detektör mevcuttur. (LANDSAT 3' de ısı bant için 2 detektör). İlk beş LANDSAT uydu sistemi her biri 4 spektral banda sahip olan (LANDSAT 3 ısı kızılotesi bölgeden algılama yapan 5. banda sahiptir) MSS algılayıcı sistemi taşımaktadır. Tablo 3.2' de LANDSAT-MSS algılayıcılarının spektral çözünürlükleri verilmektedir (URL-2).

3.3.2. LANDSAT-TM Sistemi

Thematic Mapper (TM) sistemi çok spektrumlu bir tarayıcıdır. TM algılayıcıları MSS algılayıcılarından daha fazla radyometrik bilgi sağlamaktadır. TM sisteminin radyometrik çözünürlüğü 8 bittir. TM sistemi elektromanyetik spektrumun görünür, yansıyan kızılötesi, orta kızılötesi ve ısı kızılotesi bölgelerinden algılama yapmakta olup, elektromanyetik ışıyım 7 bantta kaydedilmektedir. Isıl bant haricindeki diğer bantlarda, her bant için 16 detektör bulunmaktadır ve bu bantların uzaysal çözünürlükleri 30 m' dir. Isıl bantta ise 4 detektör ile algılama yapılmakta ve uzaysal çözünürlük 120 m dir (URL-2).

3.3.4 LANDSAT-ETM+ Sistemi

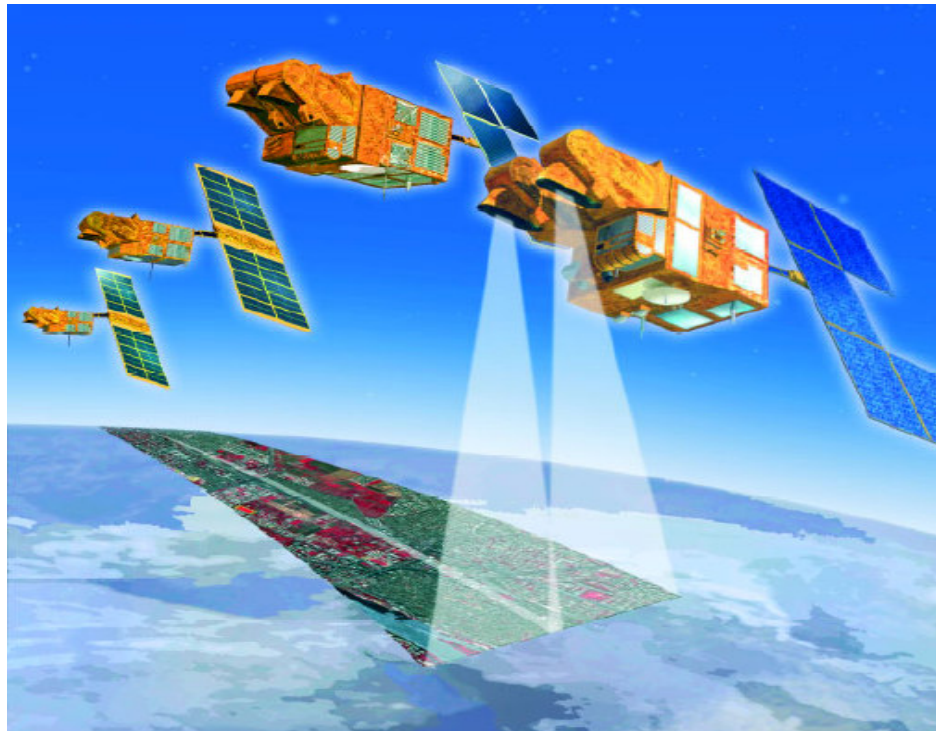
LANDSAT uydu sistemlerinin sonucu olan LANDSAT-7, diğer LANDSAT sistemlerinden farklı olarak ETM+ tarayıcısına sahiptir. ETM+sistemi, yeryüzünü 705 km yükseklikten, 183 km genişliğinden şeritler halinde taramaktadır.

Elektromanyetik ışınlam, piksel büyüklüğü 15 m olan pankromatik bantta, 30 m olan 6 görünür, yakın ve orta kızılötesi bantlarda ve 60 m olan ısı kızılötesi bantta algılanmaktadır.

3.4 SPOT Uydu Sistemi

SPOT (Satellite Probatoire pour L' Observation de la Terre) uydu programı, Belçika ve İsveç' le yapılan işbirliği ile Fransız uzay ajansı CNES (Centre National d' Etudes Spatiales) tarafından geliştirilmiş. 1982' de kurulan Spot Sistemi, dünya gözlem uydularından alınan coğrafi bilginin dağıtımını sağlamak amacıyla kurulmuş ilk ticari kurumdur. Bu sistem algılama yapan dört uydu ve bu uyduların kontrolü, programlaması, görüntü üretilmesi ve üretilen görüntülerin dağıtılmasını sağlayan 24 yer istasyonundan oluşmaktadır (Şekil 3.4 ve 3.5) (URL-1).

SPOT sisteminin ilk uydusu Spot 1, 22 Şubat 1986 yılında uzaya fırlatılmıştır. Bu uyduyu daha sonra yaklaşık 822 km yükseklikte, kutuplardan geçen, kutupsal bir yörüngede algılama yapan SPOT 2, 3 ve 4 uyduları takip etmiştir.

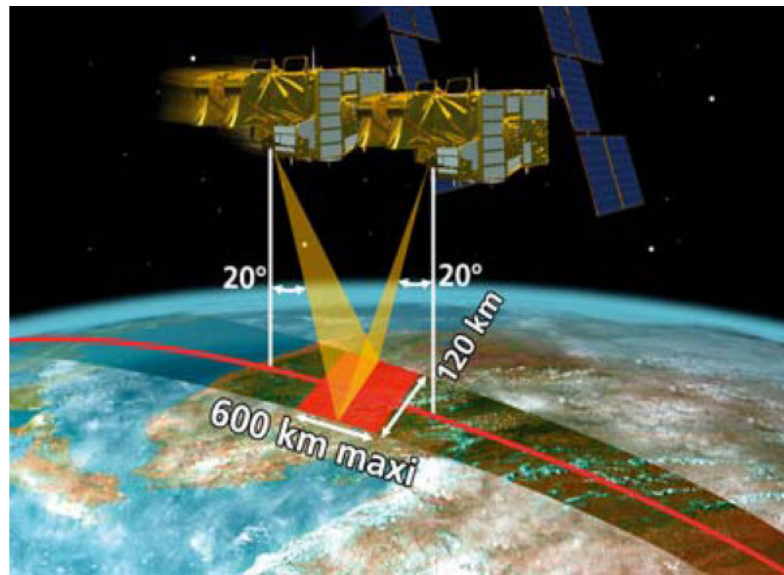


Şekil 3.3 SPOT 4 uydusu (URL-1)

SPOT 1, 2 ve 3 optik-elektronik iki HRV (High Resolution Visible) algılayıcısına sahiptir (Şekil 3.6). Bu algılayıcıların her biri çok spektrumlu (0.50-0.59 μm , 0.61-0.68 μm , 0.79-0.89 μm) ya da pankromatik (0.51-0.73 μm) olarak algılama yapabilmektedir. Algılayıcılar düşey konumda iken 60 km^2 lik bir tarama genişliğine sahiptir. Düşeyden $\pm 27^\circ$ sapılması durumunda ise 80 km genişlikte şerit tarayabilmektedir. İki algılayıcının bu şekilde eğimlendirilebilmesi, görüntülerin stereoskopik olarak algılanabilmesini mümkün kılmaktadır.

SPOT 4 uydusu HRVIR (High Resolution Visible Infrared) ve VMI (Vegetation Monitoring Instrument) algılayıcılarına sahiptir. HRVIR algılayıcısından kızılötesi bölgede algılama yapan ek bir bant bulunmaktadır. Pankromatik bandın spektral genişliği 0.61-0.68 μm aralığına daraltılmış ve ayrıca HRV algılayıcısına göre kayıt kapasitesi arttırılmıştır.

VMI algılayıcısı, bitki örtüsü gözleme çalışmaları için tasarlanmıştır. Bu algılayıcı çok geniş bir açıyla 2000 km genişlikte bir şerit taramaktadır. 1 km. lik uzaysal çözünürlüğe ve yüksek radyometrik çözünürlüğe sahiptir. HRVIR algılayıcısındaki aynı spektral bantlar kullanılmaktadır. (B2, B3 ve MR (middle infrared)), ayrıca bir de okyanus çalışmaları ve atmosferik düzeltmeler için 0.43-0.47 μm arasında çalışan B0 bandına sahiptir (URL-1).



Şekil 3.4 SPOT HRV algılayıcısı sistemi (URL-3)

SPOT uydu sistemi özellikleri Tablo 3.2’ te, SPOT algılama sistemlerinin spektral çözünürlükleri Tablo 3.3 ve 3.4’ de verilmektedir.

Tablo 3.2 SPOT uydusu spektral aralıklar (URL-3)

Bantlar	Spektral Aralık (μm)	Yersel Çözünürlük (m)
1 (Yeşil)	0.50 – 0.59	20
2 (Kırmızı)	0.61 – 0.68	10 veya 20
3 (Yakın Kıızıl Ötesi) NIR	0.79 – 0.89	20
4 (Kısa Dalga Kıızıl Ötesi) SWIR	1.58 – 1.75	20
5 Pankromatik	0.51 – 0.73	10

Tablo 3.3 SPOT uyduları genel özellikleri (URL-3)

	SPOT 5	SPOT 4	SPOT 1, 2 and 3
Fırlatma Tarihi	Mayıs 2002	Mart 1998	1: 1986, 2: 1990, 3:1993
Fırlatma Aracı	Ariane 4	Ariane 4	Ariane 2/3
Ortalama Ömrü	5 yıl	5 yıl	3 yıl
Yörünge	Güneş Uyumlu	Güneş Uyumlu	Güneş Uyumlu
Yerel Güneş Saati ile Ekvatoru Geçişi	10:30 a.m.	10:30 a.m.	10:30 a.m.
Ekvator dan Yüksekliği	822 km	822 km	822 km
Eğim	98.7°	98.7°	98.7°
Hız	7.4 kps	7.4 kps	7.4 kps
Duruş Kontrolü	Earth-pointing and yaw-axis controlled (to compensate for Earth's rotation)	Earth-pointing	Earth-pointing
Dönme Periyodu	101.4 dakika	101.4 dakika	101.4 dakika
Yörünge Devri	26 gün	26 gün	26 gün
Toplam Kütle	3,000 kg	2,760 kg	1,800 kg
Boyutlar	3.1 x 3.1 x 5.7 m	2 x 2 x 5.6 m	2 x 2 x 4.5 m
Güneş Enerjisi	2,400 W	2,100 W	1,100 W
Kayıt Kapasitesi	90-Gbit solid-state memory (~ 210 images with an average decompressed file size of 144 Mb)	Two 120-Gbit recorders plus 9-Gbit solid-state memory (~ 560 images on each recorder + 40 images, with an average decompressed file size of 36 Mb)	Two 120-Gbit recorders (~ 280 images on each with an average decompressed file size of 36 Mb)

Tablo 3.4 SPOT uydusu üzerindeki mevcut sensörlerin özellikleri

	SPOT 5	SPOT 4	SPOT 1, 2 and 3
Aygıtlar	2 HRGs	2 HRVIRs	2 HRVs
Spektral Bantlar ve Çözünürlük	. 2 pankromatik (5m), combined to generate a 2.5-metre product . 3 multispektral (10 m) . 1 short-wave infrared (20 m)	. 1 pankromatik (10 m) . 3 multispektral (20 m) . 1 short-wave infrared (20 m)	. 1 pankromatik (10 m) . 3 multispektral (20 m)
Spektral sıra	P: 0.48 - 0.71 μm B1: 0.50 - 0.59 μm B2: 0.61 - 0.68 μm B3: 0.78 - 0.89 μm B4: 1.58 - 1.75 μm	M: 0.61 - 0.68 μm B1: 0.50 - 0.59 μm B2: 0.61 - 0.68 μm B3: 0.78 - 0.89 μm B4: 1.58 - 1.75 μm	P: 0.50 - 0.73 μm B1: 0.50 - 0.59 μm B2: 0.61 - 0.68 μm B3: 0.78 - 0.89 μm
Çerçeve boyutu (swath)	60 km x 60 km den 80 km	60 km x 60 km den 80 km	60 km x 60 km den 80 km
Görüntü	8 bits	8 bits	8 bits
Mutlak Konum Doğruluğu (kontrol noktası olmadan,düz arazi)	< 50 m (rms)	< 350 m (rms)	< 350 m (rms)
Program	evet	evet	evet
Bakış açısı tekrarı	$\pm 31.06^\circ$	$\pm 31.06^\circ$	$\pm 31.06^\circ$
Tekrar Geçiş (bağlı olduğu enlemde)	1 ile 4 gün	1 ile 4 gün	1 ile 4 gün

SPOT uydu görüntülerinin uygulama alanları arasında bulunanlar aşağıda listelenmiştir:

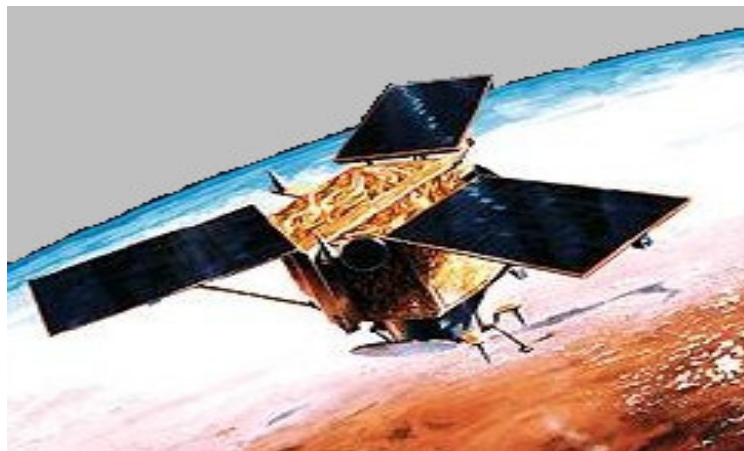
- Tarım
- Kartografya
- Kadastro Haritalama
- Çevre Araştırmaları
- Şehir Planlama
- Telekomünikasyon

- İstihbarat
- Orman Araştırmaları
- Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Haritalama
- Doğal Afet Ölçümleri
- Sel riski yönetimi
- Petrol araştırmaları
- Jeoloji
- İnşaat Mühendisliği Uygulamaları

3.5 IKONOS Uydu Sistemi

IKONOS uydu sistemleri 24 Eylül 1999 tarihinde Space Imaging firması tarafından Athena 2 füzesi ile fırlatılmıştır. Kuruluş amacı, dünyadan dijital bilgi sağlayarak daha doğruluklu harita üretmek, ölçüm ve gözlem yapabilmek ve ekin üretiminde kazanç sağlamak olan Space Imaging 1994' ün sonlarında Denver, Colorado' da kurulmuştur (URL-4).

IKONOS dünyanın ilk bir metre uzaysal çözünürlüğe sahip algılama sistemidir. Şekil 3.12' de IKONOS uydu görölmektedir. Bu sistem dijital kamera sistemi KODAK şirketi tarafından dizayn edilip üretilmiştir (URL-5).



Şekil 3.5 IKONOS uydusu (URL-5)

IKONOS uydusu 681 km. yükseklikte, kutupsal ve güneş senkronize bir yörüngeye sahiptir. Uzaysal çözünürlüğü pankromatik modda 1 metre, çok spektrumlu modda 4 metredir. 98.1° eğim açısıyla nadirde 11 km'lik şeritler halinde tarama yapmaktadır. Dönme periyodu, saniyede 7 km hızla 98 dakikadır. Tekrarlama zamanı 1 metre çözünürlükte 2.9 gün, 1.5 gündür bu değerler 40° enlemi için geçerlidir. Daha yüksek enlemlerde tekrarlama zamanı daha sıktır. Ekvatora yaklaştıkça sıklık azalmaktadır (URL-4).

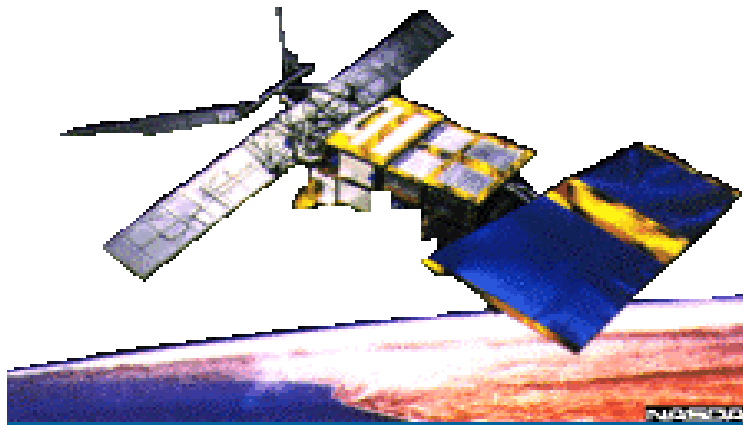
Diğer uzaktan algılama sistemlerine göre daha üstün özelliklere sahip IKONOS uydu sisteminin İstanbul Boğazında bir bölgeye ait görüntüsü şekil 3.6' de verilmektedir.



Şekil 3.6 IKONOS uydusunun İstanbul Boğazında bir bölgeye ait görüntüsü (URL-4)

3.6. ERS-1 Uydu Sistemi

ERS-1 (European Remote Sensing) olarak isimlendirilen Avrupa' nın ilk uzaktan algılama Radar uydusu 17 temmuz 1997' de Fransız Guyanasında bulunan Kourcu uzay merkezinde fırlatılmıştır. Güneşe senkronize kutuplara yakın, dairemsi bir yörüngesi bulunan uydunun yörünge yüksekliği ortalama 785 km' dir. Tekrarlama süresi 35 gündür.



Şekil 3.7 ERS-1 Radar uydusu (URL-3)

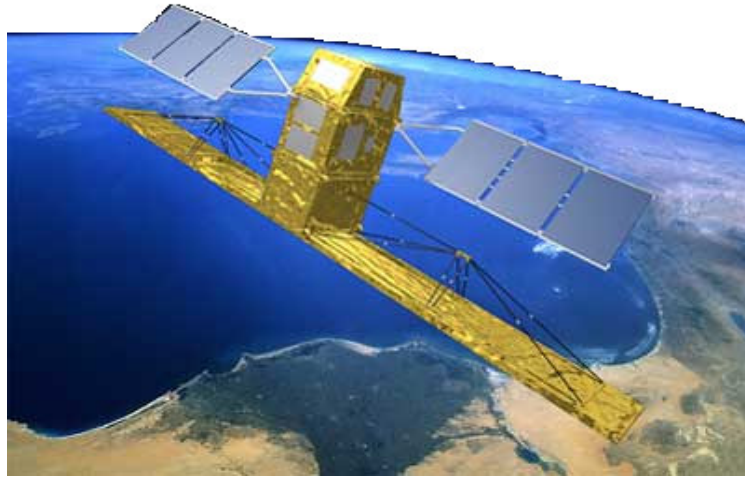
ERS-1' de algılamayı yapan iki ayrı radarın oluşturduğu setten meydana gelir. Bu radarlar: SAR (Synthetic Aperture Radar) ve Wind scattereremoter (rüzgar dağılımını ölçen alet) olarak adlandırılır.

ERS-1 ileri mikrodalga tekniği kullanılarak: bulutlara, yağmura, kara, güneş ışığına aldırmaksızın, çevreyi global olarak ve tekrarlamak suretiyle gözlemler. Aynı zamanda dünyanın uzak yerleri kabul edilen kutup bölgelerinden ve güney okyanusundan da bilgiler göndermektedir.

ERS-1' i takiben 21 Nisan 1995 tarihinde ERS-2 uydusu uzaydaki yörüngesine yerleştirilmiştir. Bu uyduya diğerinden farklı olarak global ozon ölçme aletinin eklenmesidir (URL-3).

3.7 Radarsat Uydu Sistemi

Kanadının ilk uydusu olan RADARSAT uydusu Kasım 1995 tarihinde Kaliforniya’ da ki Vandeeberg HV. Kuv. Üssünden uzaya fırlatılmıştır. Uydu SAR yeteneklerinden dolayı her türlü hava koşullarında görüntü alabilmektedir. Bu uydu SAR anteni yardımıyla değişik çözünürlüklerde çalışabildiği gibi, önceden belirlenen değişik gözleme araçlarıyla da iş görme olanağına sahiptir.

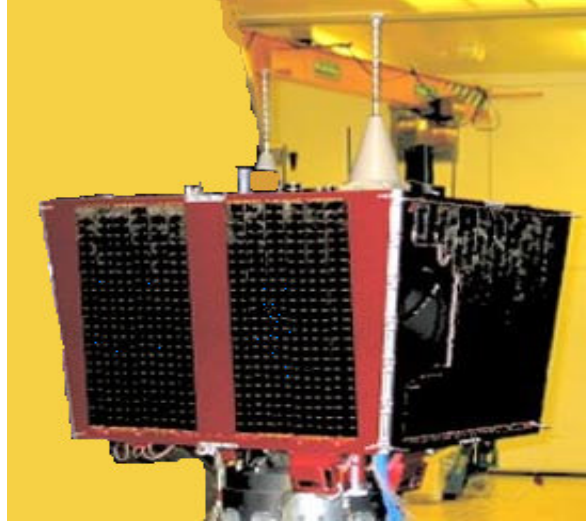


Şekil 3.8 Radarsat uydusu (URL-3)

Bu uydularla kutup bölgelerindeki global ısınmanın etkilerinin çözümlenmesi ve buzulların deniz seviyesine katkıları gibi konuları incelerler.

3.8 Bilsat Uydu Sistemi

İlk Türk uydusu olan Bilsat (Şekil 4.9) 27 Eylül 2003 tarihinde yörüngesine oturtulmuştur. İki algılayıcıdan alınan görüntüler TUBİTAK-BİLTEN’ de kurulan yer istasyonu aracılığı ile yere indirilecektir. 129 kg ağılığına sahip olan uydu dairesel ve güneşe eş zamanlı olup yörünge yüksekliği 686 km’ dir. Uyduda, 4 bantta (Landsat TM’ nin ilk dört bandı ile aynı) 27.6 m çözünürlükte algılama yapan bir çok bantlı kamera, 12.6 m çözünürlüklü pankromatik kamera ve 120 m çözünürlüklü ek görev yüklü ÇOBAN kameraları vardır.



Şekil 3.9 BİLSAT Uydusu (URL-3)

Bunun yanında gerçek zamanlı görüntü işleme kartı olan GEZGİN bulunmaktadır. Bu cihaz sayesinde kameralardan gelen görüntüler anında sıkıştırılarak (JPEG2000 formatında) saklanabilecektir.

Tablo 3.5 Bilsat uydusu spektral aralıklar (URL-3)

Bant	Bandlar	Spektral Aralık
1	Kırmızı (R)	450-520 nm
2	Yeşil (G)	520-600 nm
3	Mavi (B)	630-690 nm
4	NIR	760-900 nm

GEZGİN Jpeg2000 Veri Akışı:

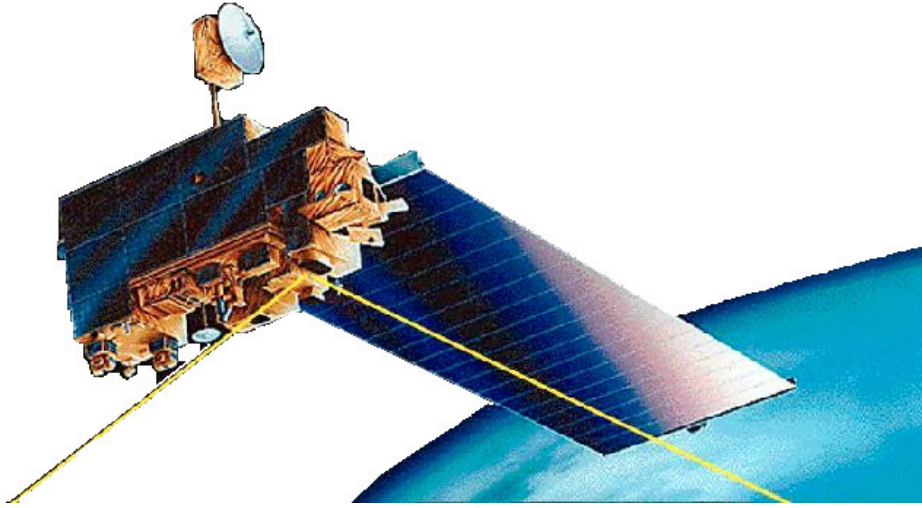
- Çok bantlı kameradan aynı anda 4 bant 2048x2048 benek görüntü
- SRAM dış bellekten 256x256 parçalı işleme
- 2 Paralel görüntü dizgisinden ayrık dalgacık dönüşümü
- Dalgacık dönüşümü altbant dizgi zamanlaması
- TMS320C6701 dış veri alanına (SDRAM) 32-bit paralel asenkron veri transferi TMS320C6701 iç veri alanına entropi kodlama için 64x64 kod blokları halinde sıralandırma
- 2 görüntü akışından paralel entropi kodlaması
- Sıkıştırılmış görüntülerin serpiştirilmiş dizgi düzenlemesi
- Sıkıştırılmış görüntülerin seri kanallardan veri depolama birimlerine aktarımı

ÇOBAN'ın Özellikleri

- Yer Örnekleme Mesafesi: 120 metre
- Kanal Sayısı: 4
- Frekans Bandları:
 - 375-425 nm
 - 410-490 nm
 - 460-540 nm
 - 510-590 nm
 - 560-640 nm
 - 610-690 nm
 - 660-740 nm
 - 850-1000 nm
- Benek Sayısı: 640 x 480

3.9 Aster Uydu Programı

TERRA uydusu, 18 Aralık 1999 tarihinde Kaliforniya ' da ki Van Der Berg üssünden başarıyla fırlatılmıştır. Uydunun üzerinde beş adet modülü olup bunlar; ASTER (The Advance Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System), MOPITT (Measurement of Polition in the Tropospher), MISR (Multi-angle Imaging Spektor Radiometer) ve MODİS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) dir. ASTER, TERRA uydusu üzerindeki platform (gövdesi) üzerinde yüksek çözünürlüklü (15 m – 90 m) olup, ASTER olarak bilinen uydunun orijinal adı; EOS-AMI olarak söylenir. ASTER' den elde edilen veriler; arazi yüzeylerinin çıkarılması, sıcaklık, reflektans, parlaklık değişim oranı ve yükseklik haritalarının çıkartılmasında kullanılmaktadır. ASTER uydusu yeryüzü üzerindeki değişiklikleri tespit etmek amacıyla hizmet vermektedir. ASTER üzerinde yüksek verimlilikle çalışan optik sensörler mevcut olup, 14 bantla termal kızılötesi ile kara yüzeylerini spektral bantlarla incelenmektedir. ASTER; 15-90 m aralığında yüksek çözünürlüklü, yakın kızılötesi (VNIR) ve termal kızılötesi (TIR) spektrum bölgelerini kullanarak dünya ile ilgili görüntüler elde etmektedir (URL-3).



Şekil 3.10 Aster uydusu (URL-3)

ASTER, NASA ve JAPON uluslar arası Ticaret ve Sanayii Bakanlığının çabalarıyla sonucunda U.S.A. ve Japon ülkeleri arasında işbirliği sonucunda yapılmıştır. ASTER bilim kurulunun yöntemi. JAPON Resources Observation System Organization (JAROS) tarafından sağlanmaktadır. Bilim kurulunun elinde bulunan veriler; yüksek derecede uzay alanıyla ilişkili ve radiometrik çözünürlüklü olup; bunlar 14 bantlı radiometrik görüntülerdir. Değişik görüntü bölgelerine ait verilerin elde edilmesinde kullanılan teleskopların, alt sistemlerinin yapımını ve inşasını değişik Japon ve USA firmaları tarafından yapılmıştır. Aşağıda bu alt sistemler hakkında bilgi verilmiştir.

VNIR alt sistemi; NEC (USA) şirketi tarafından iki teleskop yapıp, bu sistemle uzayın en uç noktasına kadar incelemeler ve araştırmalar yapılabilmektedir. VNIR'ın alt sistem operasyonunda gözle görünür üç tane ve yakın-kızılötesi bantlar ve bu bantlar 15 m çözünürlüklü olup 60 km genişliği tarayabilmektedir. Teleskop üzerindeki gezici parça (tarayıcı) ± 24 derecelik açıyla dünya üzerinde tarama yapabilmektedir. Örneğin; volka aktiviteleri, doğadaki doğa değişim oyları gibi. Gövdesi üzerindeki iki halojen lambalarda, bu alt sistemin ayarları için periyodik bir şekilde kullanılmaktadır.

SWIR alt sistem; Mitsubishi Elektronik Şirketi (MELCO-JAPAN) tarafından yapılmış olup, altı tane kısa dalga kızılötesi kanalları ile 30 m çözünürlüklü ve 60 km genişliği taraya bilmektedir. Bu platformun üzerinde nokta aynaları olup, bu aynalar ± 8.54 derece değişebilmektedir. Bu aynaların gövdesi üzerinde ayarlanabilen halojen lambalardan gelen ışık, alt sistemde bulunan teleskopu ve yansıtılmalı teleskop sistemini desteklemektedir.

TIR alt sistemi; Fujitsu Ltd. (Japan) tarafından inşa edilmiştir. Beş termal kızılötesi kanal ile 90 m çözünürlüklü ve 60 km genişliği tarayabilmektedir. Gövde üzerindeki tarayıcı aynaları; ± 8.54 derece oynayabilmektedir. SWIR gibi, bu aynalar kalibrasyon için gövde arkasındaki görüntüyü periyodik olarak inceleyebilmektedir.

ASTER yer veri sistemi (GDS); operasyonunda kullanılan GDS veri işlemcisi, veri arşivini ve veri dağılımını meydana getirmektedir. İşlemciler; veri alınmış veya alınacak cisimlerin karakteristikleri hakkında bilgi elde etmektedir. Bilgileri elde ederken, geniş spektral aralıklara ve yüksek spektral çözünürlüklere sahip olmasıdır. Örneğin; 15 m (gözle görünür ve yakın kızılötesi bölge), 30 m (kısa dalga kızılötesi spektral bölge), 90 m (termal kızılötesi bölge) dır. Ayrıca; aster uydusu üzerinde bilinen teleskoptan başka Backwan adında bir teleskop da tek yörüngeli stereoskopik görüntü elde etmektedir.

ASTER uydusu, kara yüzeyleri üzerindeki ısıyı ve spektrum radyasyon derecesini ölçebilen, termal kızılötesi bölge algılayıcısıyla algılamaktadır. Termal kızılötesi, uzaktan algılamada kara yüzeylerinden gelen radyasyonu, termal radyasyon ve ısı derecesinin fonksiyonlarını Max Planck (fizikçi) tarafından ispatı yapılmıştır. Her bir bant da, kara yüzeyleri üzerindeki radyasyonun ve ısı derecesinin değerleri olup, bu değerlerin maksimum arasındaki değerlerden, bu değerlerin istatistiksel ilişkilerinden yararlanılmaktadır.

ASTER, kendi yörüngesi üzerinde gündüz-gece süresince algılama-tarama yapmaktadır (bütün bantlara stereo yayını eklenebilmektedir). Kendi yörüngesi üzerinde her 8 dakikada bir veri toplayabilmektedir. Konfigirasyonları (bantların sınır değerlerindeki değişikliklerin artırılması gibi) ASTER' in yörüngesi; TERRA

uydusu operasyon (algılama) işlemi devam etmekte olduğundan dolayı, yerel saat 10.30' da eş zamanlı olarak ekvatordan geçiş zamanıyla aynıdır. Dünya etrafından bir tam dönüşünü 16 günde tamamlamakta, gece-gündüz süresi boyunca gözlem ve algılama yapabilmektedir. ASTER uydu projesi; dünya üzerindeki atmosfer olaylarının bölgesel ve yöresel olarak veri elde etmek olduğundan bu uydunun uzaya fırlatılmasındaki amaç ise;

1. Jeolojik olaylar ve olağan dışı tektonik yüzey hareketlerini inceleyen ve araştıran bilim adamları için jeolojik bilgiler ve dünya topoğrafya haritasının çıkarılması.
2. Bitki değişimlerinin ve dağılımlarının anlaşılabilmesi
3. Atmosfer ile Dünya yüzeyi arasındaki ilişkileri daha fazla anlaşılır durumda olup bunu yüzey sıcaklıkların haritalarında
4. Volkan aktivitelerinin izlenmesi ve bunun sonucu olan gaz emisyonunun atmosfere verdiği etkilerin incelenmesi.
5. Örtülü (kapalı) sınıfları atmosfer içindeki aerosol karakteristiklerin dağılımını anlamaya yardımcı olması.
6. Mercan sınıflandırmasında karbon çemberi (döngüsü) içinde oynayan mercan kayalıklarının anlaşılabilmesi ve mercan haritalarının global dağılımın gösterilmesi.
7. Kara yüzey ısılarının toplayabilmesi, yöresel ve bölgesel termal çevre ilişkilerinin daha iyi şekilde anlayabilmek için bu bilgilerden yararlanılır. Örneğin; şehir bölgeleri içindeki kara ısıların hesaplanması veya kara üzerinde olan göller/göletlerin profillerin derecesini açıklayabilmektedir.
8. Dünya yüzeyi üzerinde parlaklık ve yansımaların incelenmesi.
9. Yüzey durumları ve otlaklar, Çayırlar gibi yerlerin haritalarının çıkarılması.
10. Hava durumu (bulutların incelenmesi), deniz üzerindeki buzlar ve kutup bölgelerinin ürünlerinin inceleme ve araştırma yapılması.
11. Doğal tehlikelerin incelenmesi.

Kısaca özetlenecek olursa, ASTER uydusu üzerindeki sensörler, uzayı ve yeryüzünü incelenmesinde kullanılmak üzere radyometrik çözücüler (görsel, termal ve kızılötesi) olmak üzere tek yönlü olarak stereo yayın yapabilmektedir (URL-6).

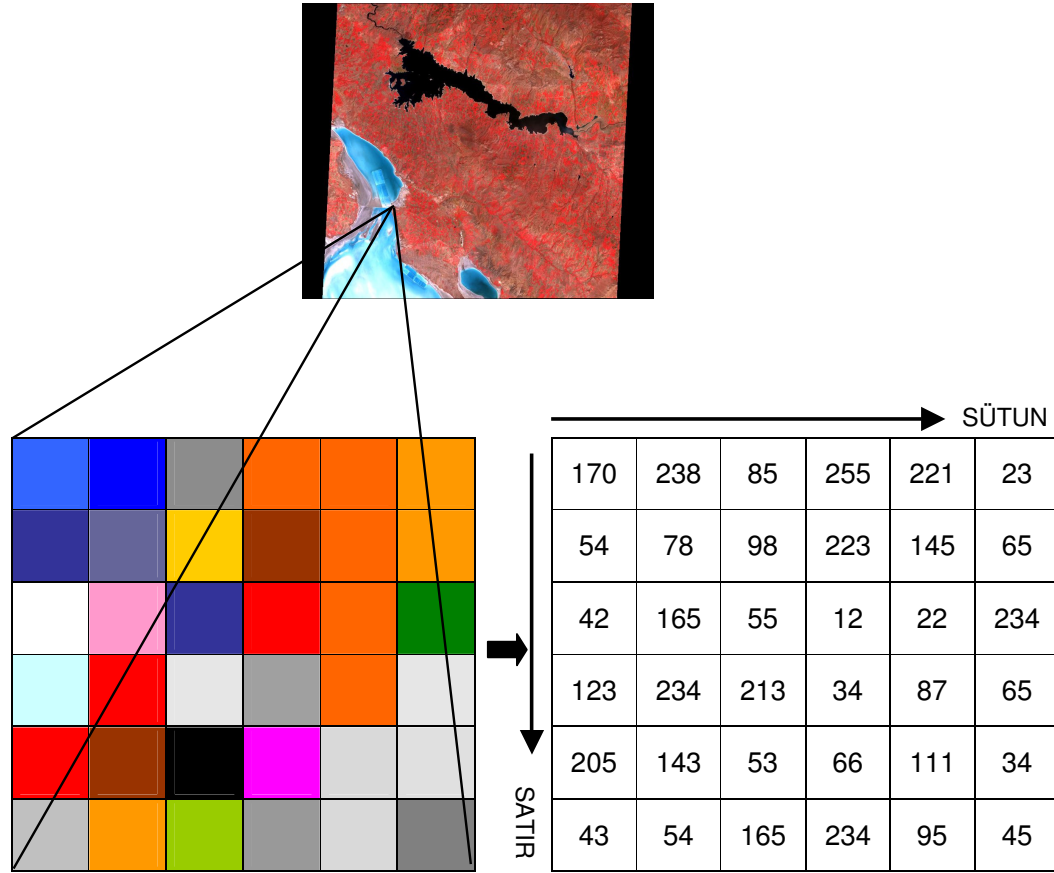
4. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME

Uzaktan algılama, yeryüzündeki kaynakların yönetimi, doğal ve kültürel çevrenin gözlenmesi, haritalama vb. amaçlara yönelik olup 20. yüzyılın son çeyreğinde uzaya fırlatılan uydular aracılığıyla gelişmeye başlamıştır. Uzaktan algılama teknolojisinin gelişmesi büyük ölçüde bilgisayar alanındaki dijital görüntü işleme tekniklerinin gelişmesine bağlı artmıştır.

4.1. Dijital Görüntü

Genel anlamda bir görüntü bir cismin dijital gösterimidir. Görüntü verileri sadece sayılardan oluşup, her bir sayı bir veri dosya değerini içerir. Veri dosya değerleri genellikle piksel olarak adlandırılır. Piksel terimi görüntüdeki en küçük elemana karşılık gelir ve genellikle kare biçimindedir. Piksele atanan veri değeri belirli konumdaki yeryüzü bölgesinden yansıtılan yada yayılan elektromanyetik enerjinin kaydıdır. Yeryüzünde bir piksele karşılık gelen ne kadar değişik görünüm ve değerlere sahip olursa olsun pikselin bir spektral banttaki değeri tek bir sayı ile ifade edilir. Sayısal bir görüntü yeterince büyütüldüğünde blok görünümleriyle pikseller ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.1). Buna karşılık görüntü sürekli büyütüldüğünde sadece genel bir netlik kaybı olur.

Bir pikselin bir dosyada veya görüntüdeki konumu bir koordinat sistemi ile gösterilir. İki boyutlu koordinat sistemlerinde satır ve sütundan oluşan bir grid sistemi ile ifade edilir. Griddeki her bir konum iki koordinat değeri vardır (X,Y). X koordinatı gridin sütun sayısını, Y de satır sayısını gösterir. Böyle bir grid sisteminde gösterilen görüntü verisi, raster görüntü olarak adlandırılır (Örmeci vd., 1992).

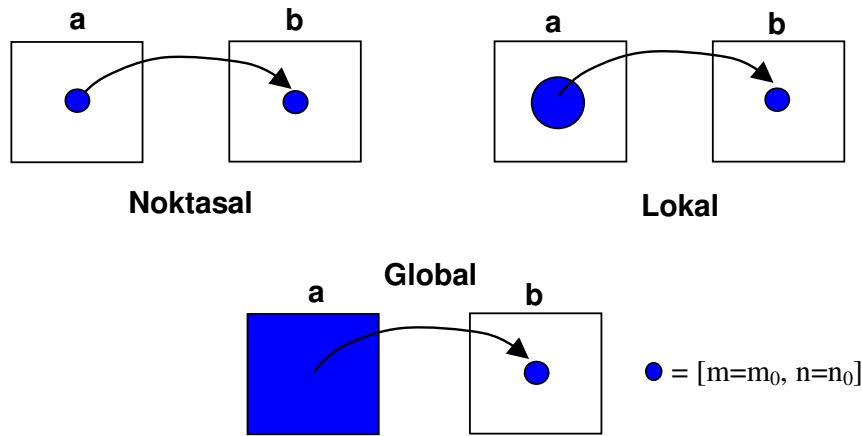


Şekil 4.1 Piksel (Görüntü Elemanı)

4.2. Dijital Görüntü İşleme Yöntemleri

Dijital görüntü işlemleri yöntemlerini karakterize etmenin ve sınıflamanın değişik yolları vardır. Görüntü zenginleştirme, geometrik düzeltme ve sınıflandırma olarak üç ana gruba ayrılabilen dijital görüntü işleme yöntemlerinin görüntüye uygulanabilirliği uygulama amacına ve işlem türüne bağlı olarak değişmektedir.

Genel olarak $a[m,n]$ çıktı verisinin, $b[m,n]$ çıktı verisine dönüşümü için dijital görüntü verilerine uygulanabilecek işlem türleri üç kategoride sınıflandırılmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Dijital görüntü işlemede işlem türleri.

Noktasal işlemler: Belirli bir koordinattaki çıktı değeri sadece aynı koordinattaki girdi değerine bağlıdır.

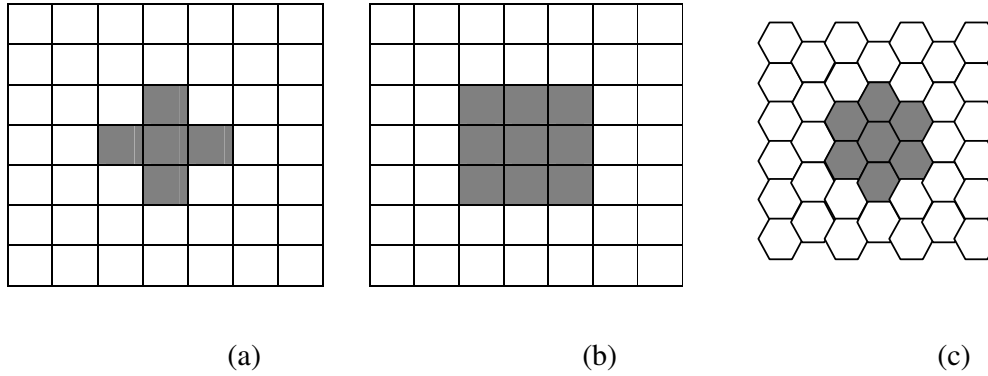
Bölgesel (Lokal) işlemler: Belirli bir koordinattaki çıktı değeri aynı koordinat ve komşuluklarındaki girdi piksel değerine bağlıdır. Bölgesel işlemler, $a[m=n_0, n = n_0]$ komşuluğundaki piksel değerlerine dayanarak değeri $b[m=m_0, n=n_0]$ olan çıktı pikseli üretir.

Komşuluk işlemleri, verilerin nasıl örneklendirildiğini ve görüntü işlemede değişik komşuluklarla nasıl ilişki kurulabileceğini anlamak açısından dijital görüntü işlemede önemli rol oynamaktadır.

Çoğu durumda verilerin üzerine dikdörtgensel bir grid yatırılarak örnekleme yapılır. Dikdörtgensel örneklemede en çok kullanılan komşuluklar; 4 bağlantılı ve 8 bağlantılı komşuluklardır (Şekil 4.3 a ve 4.3 b).

Alternatif bir örnekleme ise çokgensel örnekleme olup, en çok 6 bağlantılı komşulukların kullanıldığı altıgen örnekleme Şekil 4.3 c' de gösterilmektedir.

Her iki örnekleme şeması da yaygın olarak kullanılmaktadır ve ikiside sürekli görüntü uzayının olası periyodik dizilişini temsil etmektedir.



Şekil 4.3 Dijital görüntü işlemede komşuluk türleri. (a) Dikdörtgensel örnekleme 4-bağ. (b) Dikdörtgensel örnekleme 8-bağ. (c) Çokgensel örnekleme 6-bağ.

Global işlemler: Belirli bir koordinattaki çıktı değeri girdi verisindeki tüm değerlere bağlıdır.

4.3 Görüntü Zenginleştirme

Dijital görüntünün görsel olarak zenginleştirilip, daha iyi yorumlanabilmesi için kontrast artırım, filtreleme gibi çeşitli görüntü zenginleştirme yöntemleri kullanılmaktadır.

4.3.1 Kontrast Artırımı

İşlenmemiş dijital görüntüde kullanılan veri, kullanılabilir dijital değer in sadece küçük bir bölümünü kapsamaktadır. Kontrast artırmada amaç, orijinal parlaklık değerini daha geniş bir alana yayarak gri renk tonu alanlarını daha belirgin hale getirip ayırt edilebilirliğini artırmaktır:

- Lineer kontrast artırımı
- Uniform (homojen yayma)
- Gauss Dağılımı

Lineer kontrast artırımı yönteminde, dijital görüntüde ortaya çıkan en düşük ile en yüksek parlaklık değerleri daha geniş bir bölgeye (0-255 arasında) lineer olarak yayılır. Bunun için önce görüntüdeki alt ve üst sınırlar belirlenir. Alt sınır 0 (siyah) üst sınırda da 255 (beyaz) parlaklık değerine eşitlenerek görüntüdeki ara değerler bu sınırlar arasına yayılır. Bu işlem sonucu açık tondaki alanlar daha açık, koyu tondaki alanlar ise daha koyu görünerek kontrast artırımı sağlanır. Bu yöntemin dezavantajı, belirli parlaklık değerlerinin altında ve/veya üstünde kalan değerler göz önüne alınmadığından belirli miktarda detay kaybı oluşmasıdır.

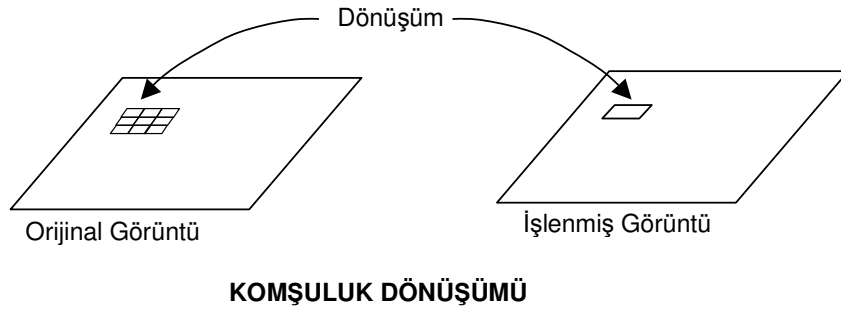
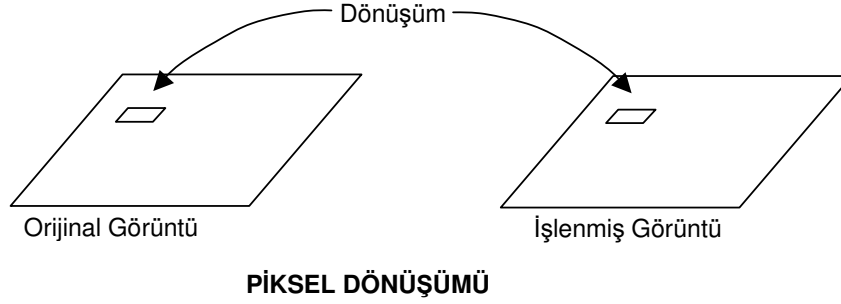
Uniform (homojen yayma) yöntemi, lineer olmayan bir yöntemdir. Bu yöntemde orijinal görüntüde parlaklık değerlerinin en yoğun olduğu bölge, daha az yoğun olan bölgeye göre daha geniş bir çizgiye yayılmaktadır. Böylece daha az oranda açık ve koyu renk tonları bastırıp, yalnızca bu kısımlarda detay kaybı oluşmaktadır.

Gauss dağılımı yönteminde ise, orijinal görüntünün histogramı, 0 ile 255 parlaklık değerlerin arasında normal dağılım eğrisine çakıştırılmaktadır. Lineer olmayan bu yöntemle göre daha iyi bir kontrast artırımı elde edilmesine rağmen, orta gri renk tonunun yer aldığı orta bölgelerde kontrastın daha az kalması yöntemin dezavantajı olmaktadır.

Kontrast artırımın kullanılacak yöntemin seçiminde dikkat edilmesi gereken iki nokta, görüntünün histogramı ve incelenecek özelliklerinin amacına uygun olmasıdır.

4.3.2 Filtreleme Teknikleri

Uzaysal filtreleme, kontrast artırımından farklı olarak sadece işlenen pikselin gri renk tonu değerine değil, aynı zamanda komşuluğundaki piksellerin de gri renk tonu değerine bağlıdır. Bu kavramsal farklılık Şekil 4.4'te verilmektedir. Uzaysal filtrelemede dönüşüm için birden fazla piksel kullanıldığından kontrast artırımına kıyasla daha fazla işlem süresine gereksinim duyulmaktadır.



Şekil 4.4 Piksel dönüşümü ile komşuluk dönüşümü arasındaki kavramsal farklılık (Schowengerdt, 1983).

Uzaysal filtreler farklı uzaysal frekanslardaki verileri vurgulamak veya bastırmak amacıyla kullanılır. Genelde iki farklı türde uzaysal filtre söz konusudur.

Düşük Frekanslı Filtreler: Verilerdeki düşük frekanslı özellikleri vurgulamak ve yüksek frekanslı bölümleri bastırmak için dizayn edilmiştir.

Yüksek Frekanslı Filtreler: Bu tip filtreler verilerdeki yüksek frekanslı bölümleri vurgularken daha genel düşük frekanslı bilgileri bastırmaktadır.

Uzaysal filtrelerin uygulaması, sarılış (convolution) adı verilen verideki küçük kümeler halindeki piksellerin ortalamalarının alınması işlemi ile yapılır. Verinin sarılışı aşağıdaki işlemleri kapsar.

1. Katsayıları veya ağırlık faktörlerini içeren hareketli bir pencere (kernel) veriyi yerleştirilir ve genelde tek sayılı piksel boyutundadır (3x3, 5x5, 7x7).
2. Filtre penceresine orijinal görüntü boyunca hareket ettirilir ve ikinci çıktı verisindeki pencerenin orta pikselinin parlaklık değeri penceredeki her katsayının orijinal verideki karşılığının parlaklık değeri ile çarpılmasıyla ve tüm sonuç ürünlerinin toplanmasıyla elde edilir. Bu işlem orijinal verideki her piksel için uygulanır.

Sarılma etkisi doğrudan kullanılan filtre penceresinin boyutuna ve penceredeki katsayıların değerine bağlı olmaktadır. Filtre pencere boyutları ve ağırlık faktörlerinin büyüklükleri sınırsızdır.

$$\text{Sarılış Formülü: } V = \frac{\sum_{i=1}^q \left(\sum_{j=1}^q f_{ij} d_{ij} \right)}{F} \quad (4.1)$$

$f_{ij} = i$ ve j deki filtre penceresinin katsayısı,

$d_{ij} = f_{ij}$ ye karşılık gelen pikselin veri değeri,

q = Filtre penceresinin boyutu,

F = Filtre penceresi katsayılarının toplamı veya 1 (eğer katsayıları toplamı sıfırsa),

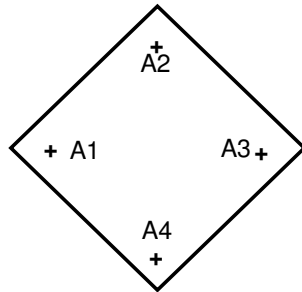
V = Çıktı piksel değeri.

Yukarıdaki formülde katsayılar toplamı payda olarak kullanılmaktadır. Bu yüzden çıktı değerleri girdi değerlerine bağlı olarak aynı aralık içinde olacaktır (Schowengerdt, 1983).

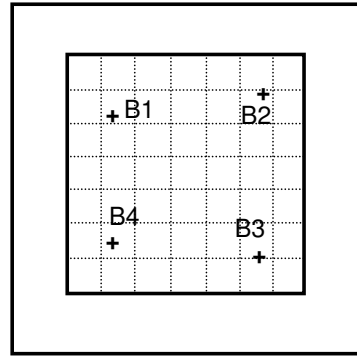
4.4 Geometrik Düzeltmeler

Orijinal uydu görüntüleri, algılayıcı platformun yüksekliğinden, konumundan ve hızındaki değişimlerden ve yeryüzü eğriliği ile atmosferik kırılma gibi bir çok nedenden dolayı geometrik distorsiyonlar içerir.

Geometrik düzeltmenin amacı, distorsiyonları giderek, düzeltilmiş dijital görüntünün harita düzlemine getirilmesini sağlamaktır. Geometrik düzeltme iki adımdan gerçekleştirilir. İlk adımda, sistematik olan distorsiyonların hata kaynakları matematiksel olarak modellenerek düzeltme işlemi uygulanır. İkinci adımda ise, sistematik olmayan distorsiyonlar ile bilinmeyen sistematik distorsiyonların giderilmesi amaçlanır. Görüntüde homojen dağılan, konumu belirgin, yol kesişimleri, yol-akarsu kesişimleri, hava alanları vb. yer kontrol noktaları ile bu noktaların harita karşılıkları arasında matematiksel bağıntılar kurularak düzeltme işlemi gerçekleştirilir.



(a)



(b)

Şekil 4.5 Geometrik düzeltme işlemi

İki koordinat sistemi arasındaki bağıntı, matematiksel olarak aşağıda verilmiştir.

$$x = f_1(X, Y) \quad (4.2)$$

$$y = f_2(X, Y) \quad (4.3)$$

x, y : Görüntü koordinatları,

f_1, f_2 : Transformasyon fonksiyonları.

X, Y : Referans koordinat sistemindeki yer koordinatlarıdır.

Yer kontrol noktalarının konumları, hem yer koordinatları (harita ölçülmüş koordinatlar), hem de görüntü koordinatları (sıra ve sütun) ile belirlenir. Yer kontrol noktalarının her iki sistemde mevcut koordinat değerlerine En Küçük Kareler Yönteminin uygulaması ile yer koordinat sistemi ile görüntü koordinat sistemi

arasındaki bağıntıyı sağlayan transformasyon eşitlikleri için gerekli katsayılar hesaplanır (Özkan, 2000).

Birinci dereceden polinom;

$$X = a_0 + a_1x + a_2y \quad (4.4)$$

$$Y = b_0 + b_1x + b_2y \quad (4.5)$$

İkinci dereceden polinom

$$X = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_5y^2 \quad (4.6)$$

$$Y = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2 \quad (4.7)$$

ile gösterilmektedir.

Burada a ve b katsayıları dönüşüm matrisi katsayılarıdır.

Lineer olmayan distorsiyonların düzeltebilmek için iki veya daha yüksek dereceden lineer olmayan polinomlar kullanılır. En genel gösterimiyle t. dereceden bir polinom;

$$X = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + \dots + a_ny^t \quad (4.8)$$

$$Y = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + \dots + b_ny^t \quad (4.9)$$

ile gösterilmektedir.

Lineer olmayan dönüşümlerde toplam bilinmeyen katsayı (a_i, b_i) , $((t+1) \times (t+2)) / 2$ formülü ile bulunabilir. Bu sayı aynı zamanda denklem sisteminin çözülebilmesi için gerekli minimum yer kontrol noktası sayısını göstermektedir (Özkan, 2000).

Görüntü koordinatları ve buna karşılık gelen referans koordinatları arasındaki dönüşüm doğruluğunu test etmek için karesel ortalama hata (KOH) kullanılır. KOHH, bir yer kontrol noktasının görüntüdeki konumu ile aynı noktanın dönüşüm sonrası konumu arasındaki uzaklığıdır. Karesel ortalama hata:

$$R_x = \sqrt{1/n \sum X_{Ri}^2} \quad (4.10)$$

$$R_y = \sqrt{1/n \sum Y_{Ri}^2} \quad (4.11)$$

$$T = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (4.12)$$

R_x ve R_y : x ve y yönlerindeki karesel ortalama hata,

T : toplam hata,

n : yer kontrol noktası sayısı,

X_{Ri} ve Y_{Ri} : yer kontrol noktasının düzeltme değerleridir.

Kayıt yada konum doğruluğu için bir ön koşul, yer kontrol noktalarının doğru tanımlanmasıdır. Bu noktaların dijitalleştirilmesi yada haritadan okunması bir miktar belirsizliği de beraberinde getirmektedir. Çünkü, harita gerçek bir konum idealleştirilmesini ve/veya genelleştirilmesine simgelemektedir. İyi bir tanımlama için GPS (General Positioning System) teknikleri kullanılabilir. Ancak bu tekniklerin maksimum yaklaşımı, uydu görüntüsünden tanımlana bilen yer kontrol noktaları ile sınırlanmıştır. Uzaysal çözünürlük ile doğru orantılı olarak tanımlama olanakları artmaktadır (Özkan, 2000).

En son adım olan yeniden örneklemede, kayıt işleminden sonra görüntünün seçilen referans koordinat sisteminin x ve y eksenlerine karşılık gelen yeni bir kareler ağı içerisine, yeni veri dosyaları değerleri hesaplanacak şekil yeniden örneklenmesidir. Yani, dönüşüm işleminde sonra geometrik düzeltmesi yapılmış görüntü için piksel değerlerinin hesaplanmasıdır.

Yeniden örnekleme işlemi için üç farklı yöntem kullanılmaktadır:

En Yakın Komşuluk Yöntemi: Düzeltilmiş görüntünün piksel değerleri orijinal görüntüdeki en yakın pikselin atanması ile elde edilmektedir. Hesaplama kolaylığına karşılık, orijinal piksel değerlerinin çıktı görüntüsünde atanması sırasında oluşan kaymalar nedeni ile görüntüde kopukluklar oluşması bu tekniğin en büyük dezavantajıdır.

Bilineer Enterpolasyon Yöntemi: Bu yöntemde en yakın dört pikselin ağırlıklı ortalaması çıktı görüntüsünün piksel değeri olarak alınmaktadır. Geometrik açıdan daha doğruluklu bir yöntem olmasına karşılık, orijinal piksel değerleri değişmekte ve kenar düzeltilmesi olduğundan bazı veri dosya değerleri kaybolmaktadır.

Kübik Enterpolasyon Yöntemi: Bu yöntemde ise en yakın 16 pikselin ağırlıklı ortalaması alınarak dönüşüm gerçekleştirilmektedir. Diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında, karmaşıklığı, hesaplama zamanının uzunluğu ve orijinal piksel değerlerinin değişimi olumsuz etkenlerdir. Ancak en doğru örnekleme yöntemidir. Görüntü etkisi azalmakta ve görüntü keskinleşmektedir.

4.5 Sınıflandırma

Uzaktan algılamada sınıflandırma, cisimlerin farklı spektral yansıtma değerleri esasına dayanarak orijinal görüntüdeki her görüntü elemanını ait olduğu özellik grubuna ayırma işlemidir. Ayırt etme yada tanıma problemi her pikselin, algılama yapılan spektral bantlara göre farklılık gösteren sayısal değerler kümesinden yararlanılarak aşılmalıdır. Şekil 4.6’ da sınıflandırma işlemi gösterilmektedir (Mather, 1987).

Sınıflandırma işleminde dikkat edilecek hususlar genel olarak dört adımdan açıklanabilir.

1. Yeryüzü özelliklerini ortaya koyabilecek güvenilir kontrol alanlarının seçimi ve incelenmesi.
2. Görüntülerin algılanma zamanları ve çalışacak Spektral bantların amaca uygun olarak seçimi.
3. Orijinal verilerin türü ve çalışmasının amacı yönelik olarak sınıflandırma algoritmasının seçimi.
4. Sınıflandırılmış görüntü için doğruluk analizi.

Sınıflandırma yöntemleri, kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olarak ikiye ayrılmaktadır. Kontrollü sınıflandırma farklı spektral grupları temsil eden kontrol alanları kullanılarak spektral ayrılabilirlik incelemekte, buna karşılık kontrolsüz sınıflandırmada ise spektral olarak ayrılabilir sınıflar belirlenmekte ve bunlardan bilgi elde etme yoluna gidilmektedir.

4.5.1. Kontrolsüz Sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma yönteminde kontrol verileri yerine, görüntü dijital değerlerinde var olan doğal gruplaşmalar veya kümelere dayalı olarak çeşitli yer örtüsü sınıflarını oluşturan algoritmalar kullanılır. Burada temel olan, farklı sınıf tiplerine ait olan verilerin birbirine yakın bir konumda bulunmasıdır.

Bu yöntemde sınıflarla ilgili olasılık dağılımları bilinmekte ve elde sınıfın bilinen yeterli örnekte bulunmamaktadır. Sınıflandırma sonucunda spektral yoğunluk değerlerine göre kümeleşmelerden spektral sınıflar elde edilir. Elde edilen bu spektral sınıfların ne olduğu önceden bilinmemekte olup, daha sonra o bölgeye ait topoğrafik haritalar, hava fotoğrafları ve mevcut yardımcı bilgilerle karşılaştırılarak oluşturulan sınıfların doğal özellikleri belirlenebilmektedir (Özkan, 2000).

Kümelemede adı verilen algoritmalar, veri dizisinde mevcut olan doğal spektral gruplaşmaları belirlemede kullanılır. Kümeleme yöntemi tam otomatik bir sınıflandırma yöntemi olup, sınıflar hakkında herhangi b, ön bilgi mevcut değildir. Bu yöntemde noktalar arasındaki uzaklığın belirlenmesi için öklit uzaklığı, Mahalonabis uzaklığı gibi uzaklık ölçüleri kullanılır. Kümeleme kriteri olarak genellikle küme içindeki noktalar arasındaki uzaklığın maksimum olması gerekir.

Küme yöntemi algoritmasında uygulanan adımlar aşağıda sıralanmıştır (Özkan, 2000).

1. Belirli sayıda küme merkezi seçilir.
2. Her görüntü noktası en yakınındaki kümeye sokulur.
3. Yeni noktalarının eklenmesi ile oluşan yeni kümelerin merkezleri belirlenir.

4. Yeni küme merkezleri, ilk küme merkezleri ile aynı ise kümeleme bitmiştir. Aksi halde, yeni küme merkezleri esas alınıp hesap tekrarlanır.
5. Kümelemelerin ayırt edilebilirlikleri kontrol edilir.
6. Sonuçlar yorumlanarak, hangi kümeler hangi cisimlerin karşılık geldiği belirlenir.

Öklit uzaklığı sınıflandırılmasında ise görüntü elemanlarının birbiriyle karşılaştırılması için Öklit uzaklığı kriter olarak alınır. Küme merkezleri önceden geçici olarak belirlenir. Her bir görüntü elemanının açılan kümelerden hangisine dahil edileceği, o görüntü elemanı ile açılan kümelerden hangisine dahil edileceği, o görüntü elemanı ile açılan küme merkezleri arasındaki uzaklığın hesaplanması ve Öklit uzaklığı değerleri ile karşılaştırılması sonucunda belirlenir. Burada en küçük uzaklık değeri esastır. Kümeye katılan her yeni görüntü elemanı ile birlikte aritmetik ortalama hesaplanarak, geçici küme merkezi n boyutlu uzayda ötelenir. İşlem, geçici merkezin konumundaki değişim duruncaya kadar tekrarlanır.

Hem kontrolü hem de kontrolsüz sınıflandırmada kriter olarak kullanılabilen Öklit uzaklığı formülü aşağıda verilmektedir;

$$E = \sqrt{\sum (x_i - y_i)^2} \quad (4.13)$$

Burada n = boyutu ifade etmektedir

x_i, y_i n boyutlu uzayda görüntü elemanlarının spektral değerleri,

$E = n$ boyutlu uzayda görüntü elemanlarının spektral değerleri arasındaki uzaklıktır.

4.5.2 Kontrollü Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırmada belirli yer örtü tipini temsil eden örnek bölgeler, ilgilenilen her bir özellik tipi için spektral özellikleri tanımlayan dijital bir yorumlama anahtarını derlemede kullanılır. Bunlara kontrol bölgelerinde denir. Bir sonraki adımda veri dizisindeki her bir görüntü elemanı örnek ile dijital olarak karlaştırılıp, en çok benzer olarak nitelendirilen kategori ile adlandırılır.

Kontrollü sınıflandırma işleminde üç temel adım bulunmaktadır;

1. Kontrol adımı
2. Sınıflandırma adımı
3. Çıktı adımı

Kontrol adımıda temsil edici nitelikteki kontrol bölgeleri belirlenir ve görüntüde ilgilenen her bir spektral özellik için dijital tanımlama yapılır. Aynı zamanda, mevcut referans verileri ile verilerin uygulanacağı coğrafi bölgeye ait bilgilerden de yararlanır.

Sınıflandırma adımıda, görüntü en çok benzer olarak nitelendirildiği sınıfa dahil edilir. Eğer görüntü elemanı herhangi bir kontrol veri dizisiyle yeteri kadar bağdaşmıyorsa, belirsiz olarak adlandırılır. Daha sonra her bir piksele atanan sınıf, çıktı verisinde yerine alır. Böylece çok boyutlu görüntü matrisi karşılık geldiğinde yorumlanmış sınıf tiplerinin oluşturduğu matrisi geliştirmede kullanılır. Sonuçta tüm veri dizisi sınıflandırıldıktan sonra, çıktı aşamasında sonuçlar farklı bir şekilde sunulur. Çıktı ürünleri genellikle tematik haritalar, coğrafi bilgi sistemlerine dahil edilebilecek nitelikte dijital veri tabanları ve çeşitli arazi örtü sınıfları için tüm görüntüye veya belirlenmiş alt görüntüye ait olan istatistiksel tablolar olarak oluşturulur.

Gauss En Çok Benzerlik ve Paralel Kenar sınıflandırma yöntemleri en çok kullanılan kontrollü sınıflandırma yöntemleridir.

Gauss En Çok Benzerlik yönteminde bilinmeyen bir görüntü elemanının sınıflandırılması için sınıf, spektral örneklerin varyans ve kovaryansı nicelik olarak değerlendirilir. Bu değerlendirmede sınıf kontrol verilerin, oluşturulan noktalar kümesindeki dağılımın Gauss dağılımı olduğu varsayılır ve dağılım ortalama vektörü ve kovaryans matrisi ile tanımlanır. Belirli bir sınıfa ait olduğu bilinen bir görüntü elemanı için istatistiksel olasılık bu parametrelere bağlı olarak hesaplanır. Böylece, olasılık yoğunluk fonksiyonları, her bir sınıfta ait olan görüntü elemanının olasılığının hesaplanmasıyla belirlenmiş bir piksel sınıflandırılmasında kullanılır. Her bir sınıf için olasılığın hesaplanmasından sonra, görüntü elemanı en benzer olarak

nitelendirildiği sınıfa sokulur. Eğer olasılık değeri önceden belirlenen eşik değerinin altında kalırsa, görüntü elemanı belirsiz olarak nitelendirilir (Özkan 2000).

$$D = \ln(a_c) - [0.5 \ln(|Cov_c|)] - [0.5x(X-M_c)^T x (Cov_c^{-1})x(X-M_c)] \quad (4.14)$$

Burada

D =Çıktı olasılık değeri,

C =Örnek bir sınıf,

X =Aday pikselin ölçüm vektörü,

M_c = C örnek sınıfının ortalama vektörü,

a_c = Aday pikselin C sınıfına ait olma yüzdesi,

Cov_c = C örnek sınıfındaki piksellerin kovaryans matrisi

$|Cov_c| = Cov_c'$ nin determinantı,

4.5.3 Doğruluk Analizi

Doğruluk analizi sınıflandırma sonucu ile doğru olduğu kabul edilen coğrafi verin karşılaştırma işlemidir. Genellikle doğru kabul edilen bu coğrafi veriler, yer doğruluk verilerdir. Ancak her bir pikselin yer doğruluk veriler veya başka bir testle gözden geçirilmesi pratik değildir. Bundan dolayı bir grup referans pikseli seçilir. Referans pikselleri, sınıflandırılmış görüntüdeki bilinen gerçek verileri temsil eder. Bu pikseller kullanıcı tarafından veya tarafından seçilir.

Eğer sınıflandırılma kontrollü sınıflandırma yöntemi kullanılmışsa, sınıflandırmaya test etmekte genelde kontrol örneklerinde kullanılan farklı pikseller kullanılır. Bu kontrol örneklerinin sınıflandırılmanın temeli olması nedeniyle doğruluk analizi sonucunu etkilememesinden kaynaklanmaktadır.

Referans piksellerinin rasgele seçilmesi mümkündür. Fakat üzerinde çalışan arazi uzak yada yasak bölgeyse bu pikseller üzerinde yer doğrulaması yapmak zor olabilir. Bu durumda daha önceden test edilmiş yüzey örtüsü haritaları gibi diğer verileri referans veri olarak kullanmak uygundur. Bu yöntemin doğruluğu referans

verisi ile görüntü verisinin birbiri ile doğru olarak karşılaştırma kabiliyetine de bağlıdır.

Doğruluk analizinde seçilecek piksel sayısı; beklenen doğruluğa, uygulanan sınıflandırma yöntemine, bir kategorideki piksel sayısına bağlıdır. Doğruluk analizi işlemlerinden sonra hata matrisi oluşturulur. Hata matrisi, kontrol verisi ile sınıflandırılmış görüntüye karşılaştırmada kullanılır.

Sınıflandırma hata matrisi, doğruluk değerlendirme işleminin sonuçlarını göstermek açısından uygun ve anlaşılabilir bir yöntemdir (Şekil 4.8). Referans verileri matrisin sütunlarında, sınıflandırma verileri de satırlarında listelenmektedir. Matrisin ana köşegeni doğru sınıflandırılmış örnekleri, ana köşegen haricindeki satır elemanları omisyon (omission) hatasını, sütun elemanları ise komisyon (commission) hatasını temsil etmektedir.

		j= Satırlar (Referans)			Kolon Toplamı ↓	
		1	2	k	n_{i+}	
i= Satırlar (Referans)	1	n_{11}	n_{12}	n_{1k}	n_{1+}	
	2	n_{21}	n_{22}	n_{2k}	n_{2+}	
	k	n_{31}	n_{k1}	n_{kk}	n_{k+}	
Sütun Toplamı →		n_{j+}	n_{+2}	n_{+k}	n	

Şekil 4.6 Hata matrisi

Her kategori için iki farklı doğruluk kriteri vardır. Bunlar üretici doğruluğu ve kullanıcı doğruluğudur. Üretici doğruluğu, doğru sınıflandırılmış örnek sayısının o kategori için olan sütun toplamına bölünmesiyle hesaplanır. Kullanıcı doğruluğu ise, doğru sınıflandırılmış örnek sayısının o kategori için olan satır toplamına bölünmesiyle hesaplanır (Lillesand et al., 1999).

Arazi örtü sınıflandırmalarının doğruluk değerlendirmelerinde sıkça kullanılan diğer bir doğruluk ölçütü ise kappa yada KHAT analizidir. Kappa doğruluk analizi, hata matrisindeki genel doğrulukta olasılık doğruluk arasındaki farka dayanır. Sınıflar arası doğrulukları da içerdüğinden genel doğruluk ölçütünden daha iyi bir ölçüdür.

Genel sınıflandırma için KHAT aşağıdaki gibi hesaplanır (Lillesand et al., 1999):

$$KHAT = \frac{N \times \sum x_{ii} - \sum (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum (x_{i+} \times x_{+i})} \quad (4.15)$$

N = Tüm kategorilerdeki örnek sınıf toplamı

$\sum x_{ii}$ = Doğru sınıflandırılmış örnek sayısı

$\sum (x_{i+} \times x_{+i})$ = Her kategorideki hata matrisinin satır ve sütun toplamlarındaki ürünlerin toplamı

Her kategori için KHAT aşağıdaki gibi hesaplanır (Lillesand et al., 1999) :

$$KHAT = \frac{N \times x_{ii} - \sum (x_{i+} \times x_{+i})}{N \times x_{i+} - \sum (x_{i+} \times x_{+i})} \quad (4.16)$$

N = Tüm kategorilerdeki örnek sınıf toplamı

x_{ii} = Her kategorideki doğru sınıflandırılmış örnek sayısı

x_{i+} = Her kategori için hata matrisindeki satır toplamı

x_{+i} = Her kategori için hata matrisindeki sütun toplamı

5. UYGULAMA

5.1 Çalışma Alanı

Şereflikoçhisar ilçesi, İç Anadolu Bölgesi'nde, Tuzgölü'nün kuzeydoğusunda bulunur. Ankara ilinin en uzak ilçelerinden olan Şereflikoçhisar, Tuzgölü ile Hirfanlı barajı arasında sıkışmıştır. Kuzeyinde Bâlâ, doğusunda Evren, Sarıyahşi ve Ağaçören, batısında Tuzgölü ve Kulu ilçeleri ile çevrilidir.

Yeryüzü şekilleri bakımından fazla yüksek olmayan dağlar, tepeler ve hafif engebeli araziler ile geniş Koçhisar ovasından meydana gelir. Ortalama olarak 900 ila 1200 metre arasında bir yükseltiye sahip olan Şereflikoçhisar ilçesinin en yüksek noktası Karasenir Dağının denizden yüksekliği yaklaşık 1650 metredir.

İlçede hüküm süren iklim İç Anadolu'nun bariz iklimi olan sert step iklimidir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve karlıdır. Yıllık ortalama sıcaklık 12.6 derece, yıllık ortalama yağış miktarı 357 mm' dir.

Yağış şartlarının yetersizliği sebebiyle ilçede hakim biki örtüsü step, yani bozkırdır. Tepelik alanlar üzerinde yer yer meşe ormanı artıklarına rastlanır.

İlçenin ekonomik faaliyetlerinin başında tarım ve hayvancılık gelmektedir. Sırasıyla arpa, buğday, nohut, mercimek, ayçiçeği ve şekerpancarı en çok ekilenler arasında dır. Ekilebilir arazi miktarı 100.000 hektar civarında olup, sulanabilir arazi çok azdır. Gübre kullanımına dayalı makineli tarım yaygındır. Ekilebilir alanların sulamaya yönelik yatırımlar az olduğu için tarımda verimlilik tamamen iklim şartlarına bağlıdır.

2001-2002 yılları itibariyle tahmini 33.250 ton buğday, 147.000 ton arpa, 1.000 ton nohut, 350 ton mercimek, 52.650 ton şekerpancarı, 167 ton ayçiçeği 193 ton fasulye elde edilmiştir. Ülke genelinde olduğu gibi İlçemizde de hayvancılık tarımla beraber yürütülmektedir. İlçe Tarım Müdürlüğü verilerine göre ilçe de



Şekil 5.2. 12.05.2005 tarihli SPOT 2 uydu görüntüsü

Tablo 5.1 SPOT uydusu spektral aralıklar

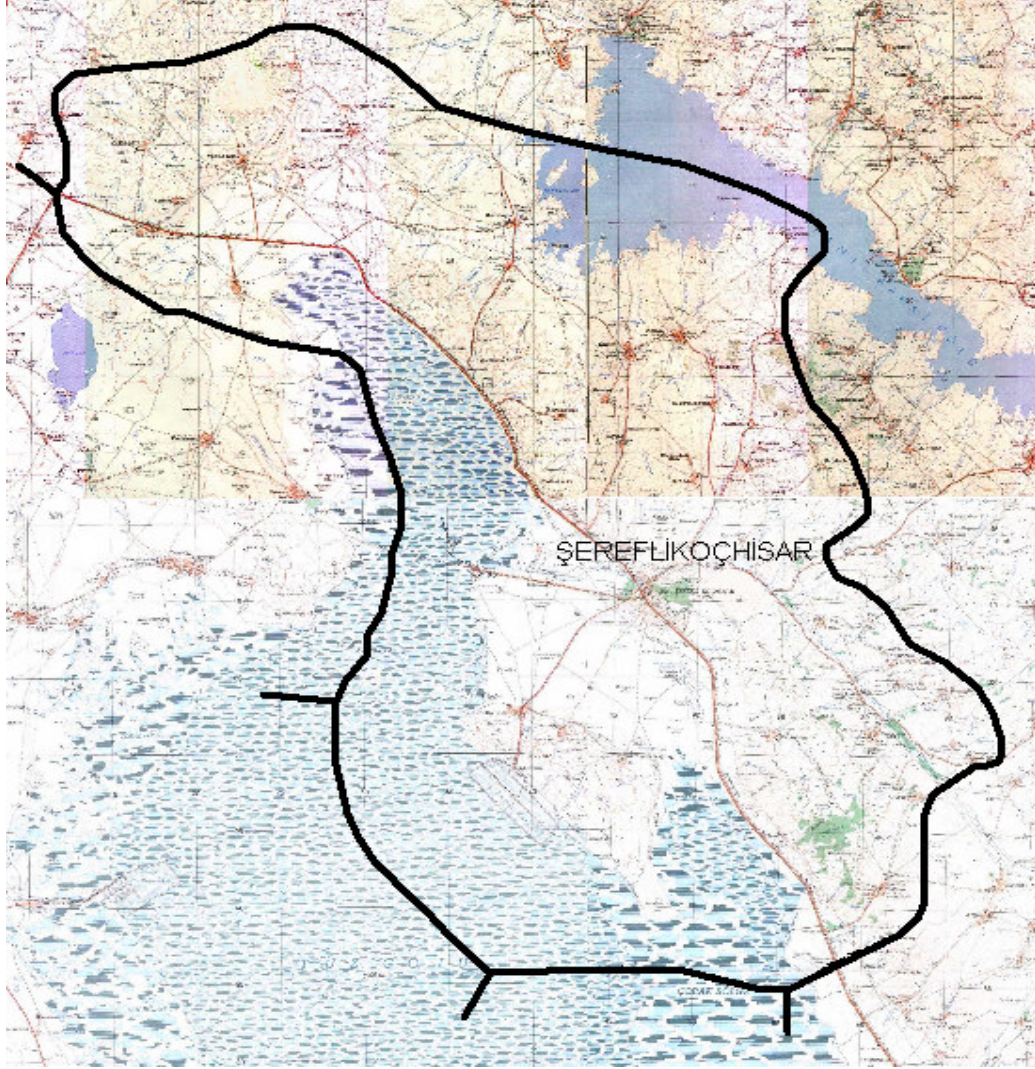
Bantlar	Spektral Aralık (μm)
1 (Yeşil)	0.50 – 0.59
2 (Kırmızı)	0.61 – 0.68
3 (Yakın Kızıl Ötesi) NIR	0.79 – 0.89
4 (Kısa Dalga Kızıl Ötesi) SWIR	1.58 – 1.75
5 Pankromatik	0.51 – 0.73



Şekil 5.3. 16.05.2005 tarihli landsat uydu görüntüsü

Tablo 5.2. Landsat-TM sisteminin spektral çözünürlükleri (Sesören, 1999)

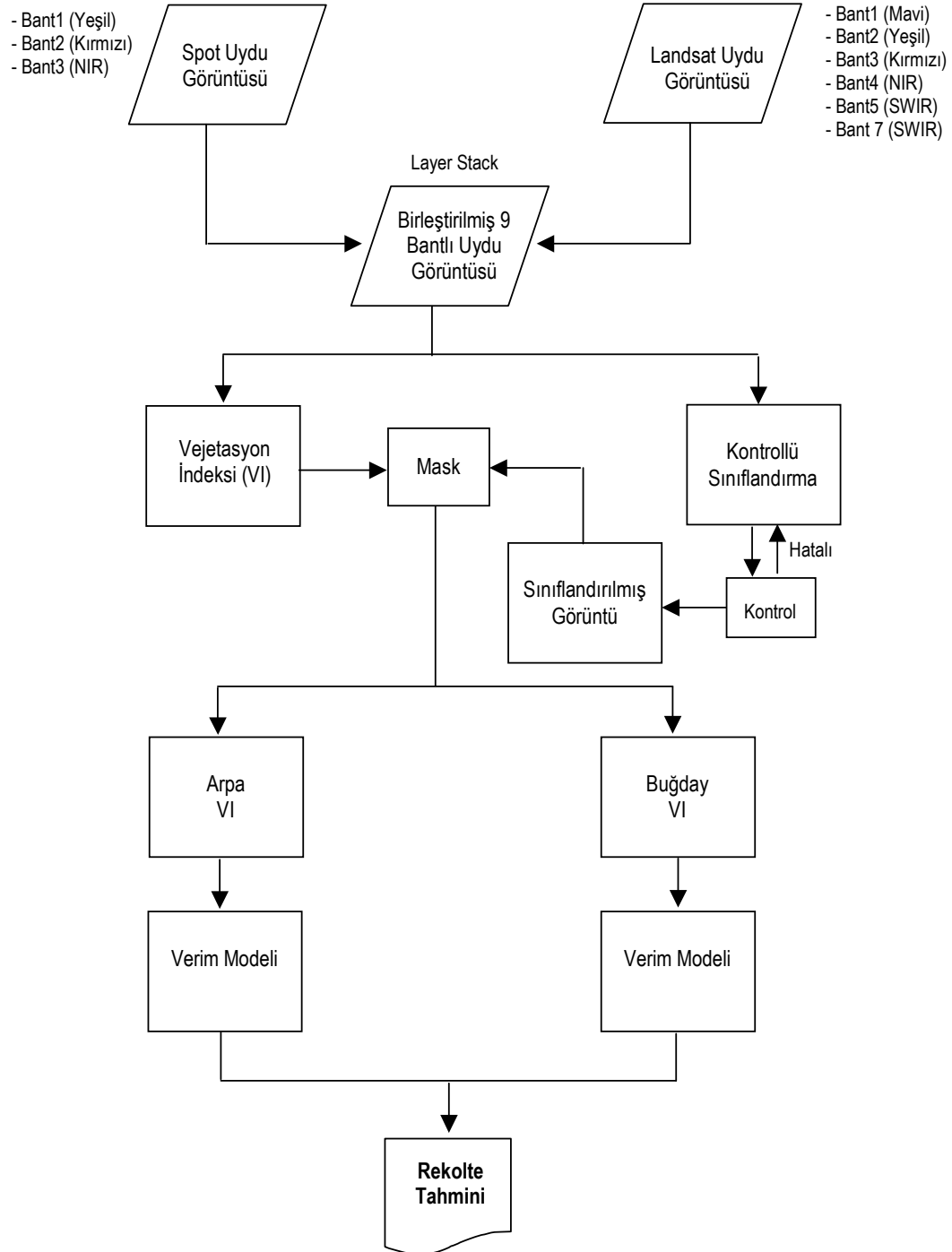
Kanal	Çözünürlük (m)	Dalga Boyu (μm)
TM 1	30	0.45-0.52 (Mavi)
TM 2	30	0.52-0.60 (Yeşil)
TM 3	30	0.63-0.69 (Kırmızı)
TM 4	30	0.76-0.90 (Yakın IR)
TM 5	30	1.55-1.75 (Kısa Dalga IR)
TM 6	120	10.4-12.5 (Termal IR)
TM 7	30	2.08-2.35 (Kısa Dalga IR)



Şekil 5.4 1/100000 lik harita üzerinde Şereflikoçhisar ilçe sınırı ve çalışma alanı

Çalışma, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri bölümü Uzaktan Algılama ana bilim dalına ait laboratuarda PC bazlı ERDAS Imagine 8.7 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Erdas Imagine 8.7 görüntü işleme sistemi uydulardan alınan sayısal verilerin işlenmesi ve istatistiksel analizi için geliştirilmiş Uzaktan Algılama projelerinin gerçekleştirilmesine olanak tanıyan bir yazılımdır. Erdas 8.7 yazılımı uydu görüntülerinin işlenmesinde, kontrast artırımı, sınıflandırma, oran görüntüleri, bitki indeksi, istatistiksel analiz, filtreleme, vb. gibi pek çok veri işleme yöntemlerinin kullanılmasını sağlamaktadır.

UZAKTAN ALGILAMA İLE REKOLTE TAHMİNİ



Şekil 5.5 Uzaktan algılama ile rekolte tahmini iş akış diyagramı

5.3 Rekolte Tahmini

2005 yılına ait tahıl ekim alanlarının Şereflikoçhisar ilçesinde ilçe bazında belirlenmesi çalışması aşağıdaki adımlar takip edilerek gerçekleştirilmiştir.

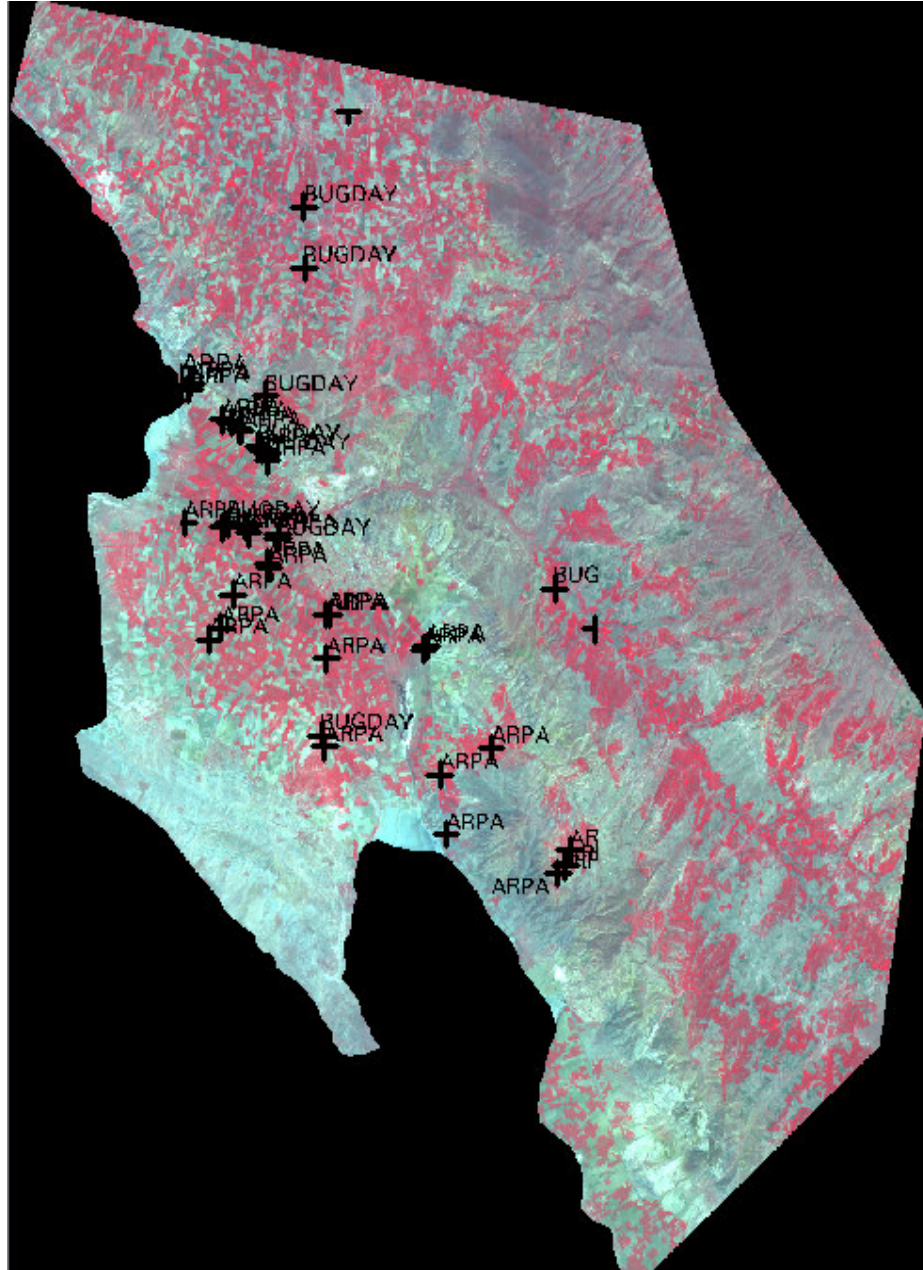
- Test alanlarının seçimi ve yersel çalışmalar
- Uydu verilerinin değerlendirilmesi
- Sınıflandırma çalışmaları
- Verim modelinin belirlenmesi
- Ekili alan ve rekolte tahmini yapılması

5.3.1 Test Alanlarının Seçimi ve Yersel Çalışmalar

Çalışmanın en önemli adımlarından biri yersel verinin toplanmasıdır. Bu adım, uydu verisine entegre edilecek olan yersel verilerin nasıl, hangi zamanda ve nerede toplanacağını içermektedir.

Uydu verileri piksellere bölünmüş görüntülerdir. Her bir piksel farklı bir veri içerir. Uydu görüntüsü üzerinden sahip olduğu bantlar sayesinde nasıl bir veri içerdiğini anlayabiliriz. Ancak biraz daha ayrıntıya girdiğimizde örneğin bir tarım arazisinin hangi ürünle kaplı olduğunu tespit edebilmek için yersel veriye ihtiyaç duyarız. Bu nedenle bu çalışmanın amacı doğrultusunda arpa ve buğday ekili alanların tespiti için uydu görüntüsünün kapsadığı alanda düzgün dağılımda rasgele noktalar seçilmiştir. Nokta seçimi bölgesel olarak yapılmış arazi ölçüsü yapılırken bu durum dikkate alınmıştır. Arazide noktalar el GPS' i ile ve mevcut haritalar yardımıyla ülke koordinat sisteminde seçilmiş ve ölçüleri yapılmıştır. Yapılan ölçüler kayıt edilmiş ve hangi birime ait olduğu (arpa ya da buğday) tespit edilmiştir. Arpa ve buğday ekili alanların arazi üzerinde tespiti yapılırken büyük parseller tercih edilmiş, parsellerin tam ortasından ve zeminde mevcut olan belirgin noktalara yakın yerlerden ölçü alınmasına dikkat edilmiştir. Örneğin dört tarafı yol olan bir tarla veya

etrafı ekilmemiş alanda yer alan bir tarla yersel verinin uydu görüntüsü üzerinde de tespiti için uygun bir alandır. Bu şekilde çalışma alanını kapsayacak şekilde 36 adet arpa 14 adet buğday tarlası olmak üzere 50 adet yersel veri ölçüsü yapılmıştır. Ayrıca ekili alanlar dışında mera, ham toprak ve nadas arazilerinden de veriler alınmıştır.



Şekil 5.6 Arazide toplanan örnek alanların çalışma alanındaki dağılımları.

Tablo 5.3 Seçilen test alanlarının 6 derecelik koordinatları

NoktaNo	Y	X	Cinsi	NoktaNo	Y	X	Cinsi
A.2	543890	4313781	Arpa	A.32	551347	4300646	Arpa
A.4	542978	4314520	Arpa	A.33	550781	4305828	Arpa
A.5	542914	4314587	Arpa	A.37	528499	4337342	Arpa
A.6	542567	4314881	Arpa	A.38	528400	4335367	Arpa
A.7	540841	4316443	Arpa	A.40	556806	4297585	Arpa
A.8	540469	4316616	Arpa	A.41	556303	4296675	Arpa
A.9	540816	4316212	Arpa	A.42	556615	4296958	Arpa
A.10	542188	4314983	Arpa	A.43	553497	4301738	Arpa
A.11	544096	4313326	Arpa	A.44	550933	4329903	Arpa
A.12	544542	4310313	Arpa	A.45	550772	4329018	Arpa
A.14	543181	4310679	Arpa	A.46	557859	4306519	Arpa
A.15	543316	4310389	Arpa	B.1	544108	4313564	Buğday
A.18	540604	4310808	Arpa	B.3	543698	4313924	Buğday
A.19	544166	4309035	Arpa	B.13	544544	4310183	Buğday
A.20	544092	4309190	Arpa	B.16	542438	4310796	Buğday
A.21	542659	4307929	Arpa	B.17	542223	4310622	Buğday
A.22	541659	4306090	Arpa	B.27	546374	4302235	Buğday
A.23	542144	4306578	Arpa	B.34	545644	4321081	Buğday
A.24	546576	4307096	Arpa	B.35	528138	4339287	Buğday
A.25	546708	4307097	Arpa	B.36	528523	4338194	Buğday
A.26	546569	4305327	Arpa	B.39	528154	4333766	Buğday
A.28	546504	4301771	Arpa	B.47	556159	4308161	Buğday
A.29	550664	4305702	Arpa	B.48	544012	4315983	Buğday
A.30	551607	4298243	Arpa	B.49	545623	4323575	Buğday
A.31	553491	4295617	Arpa	B.50	547479	4327441	Buğday

5.3.2 Uydu Verisinin Geometrik Düzeltmesinin Yapılması

Uydu görüntüsü üzerinde ilk olarak yapılan çalışma görüntünün ülke koordinat sistemine dönüştürülmesidir. Geometrik düzeltmeyi yapabilmek için uydu görüntüsü üzerinde belirgin olan ortak noktalar seçilerek ve bu noktaların arazide ölçüleri yapıldı. Bu noktalar yol kesişimleri köprüler büyük yapılar vb. gibi belirgin objelerden seçilmiştir. Ortak nokta ölçüsünün bir kısmı el GPS i ile yapıldı bir kısmı da güncel ve sayısal olan haritalar üzerinden yapıldı. Belirlenen bu noktalar ERDAS Imagine 8.7 programı yardımıyla değerlendirilen uydu görüntüsünün piksel

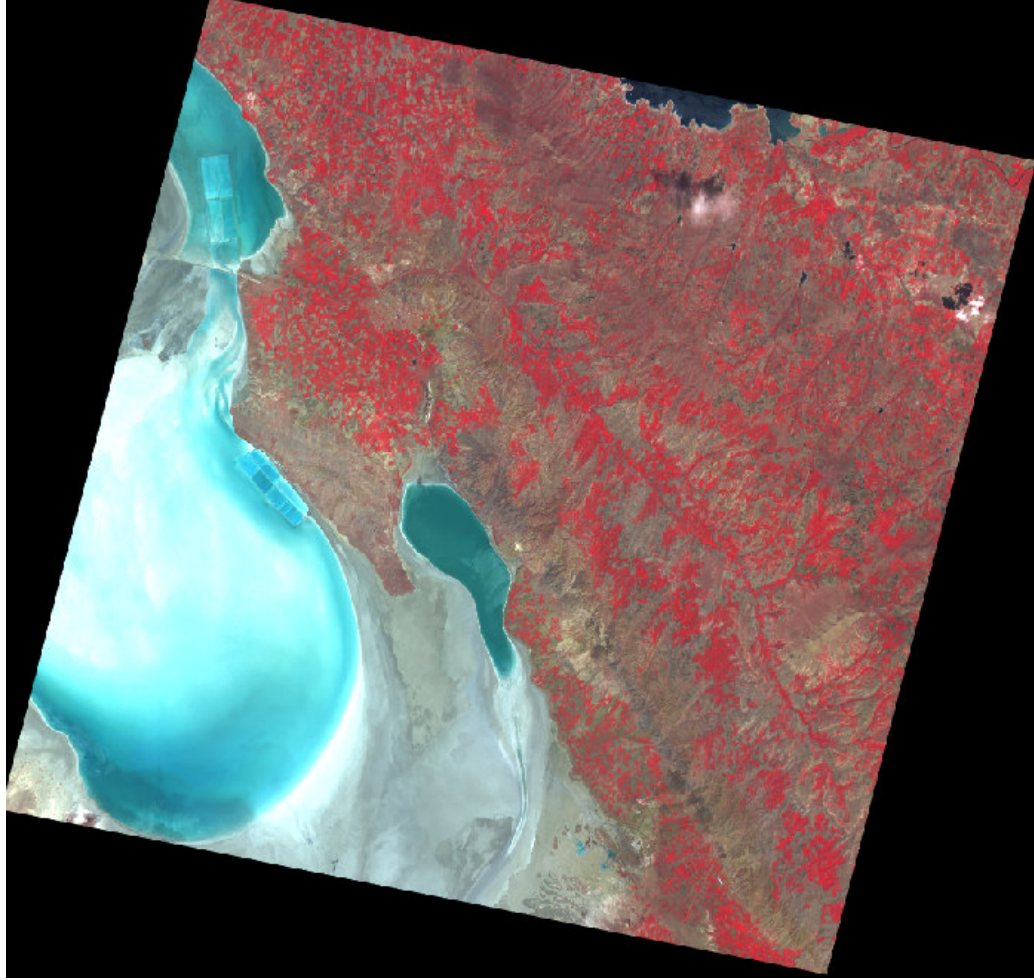
koordinatlarına karşılık gelecek şekilde girildi. Uyuşumlu olan noktalar dan dönüşüm yapıldı. Geometrik dönüşümde 1.dereceden polinom (lineer) fonksiyon uygulanmıştır.

Tablo 5.4. 12.05.2005 yılına ait SPOT 2 görüntüsü için seçilen yer kontrol noktalarının koordinat ve karesel ortalama hata değerleri

Point #	Point ID	X input	Y input	X Ref	Y Ref	RMS Error
1	GCP #1	772.082	-783.274	543201.000	4314260.000	0.259
2	GCP #2	787.874	-636.107	544096.000	4317100.000	0.954
3	GCP #3	803.061	-335.375	545552.000	4322898.000	0.100
4	GCP #4	580.272	-1618.235	536164.072	4298647.693	0.722
5	GCP #5	642.884	-1666.994	537193.249	4297453.255	0.785
6	GCP #6	833.388	-1803.138	540385.625	4294044.265	0.655
7	GCP #7	1349.377	-848.152	554234.000	4310719.000	0.745
8	GCP #8	1659.309	-608.413	561199.000	4314200.000	0.366
9	GCP #9	2012.285	-576.254	568238.000	4313486.000	0.286
10	GCP #10	1209.428	-1108.378	550476.502	4306183.975	0.350
11	GCP #11	1281.728	-1304.917	551113.000	4302049.000	0.134
12	GCP #12	432.684	-957.337	535894.000	4312207.000	0.323
13	GCP #13	1621.684	-1736.581	556085.000	4292252.000	0.500
14	GCP #14	1129.755	-1140.828	548796.061	4305856.489	0.497
15	GCP #15	1141.508	-1130.435	549063.129	4306007.473	0.480



Şekil 5.7 Geometrik düzeltme için seçilen kontrol noktalarının dağılımı

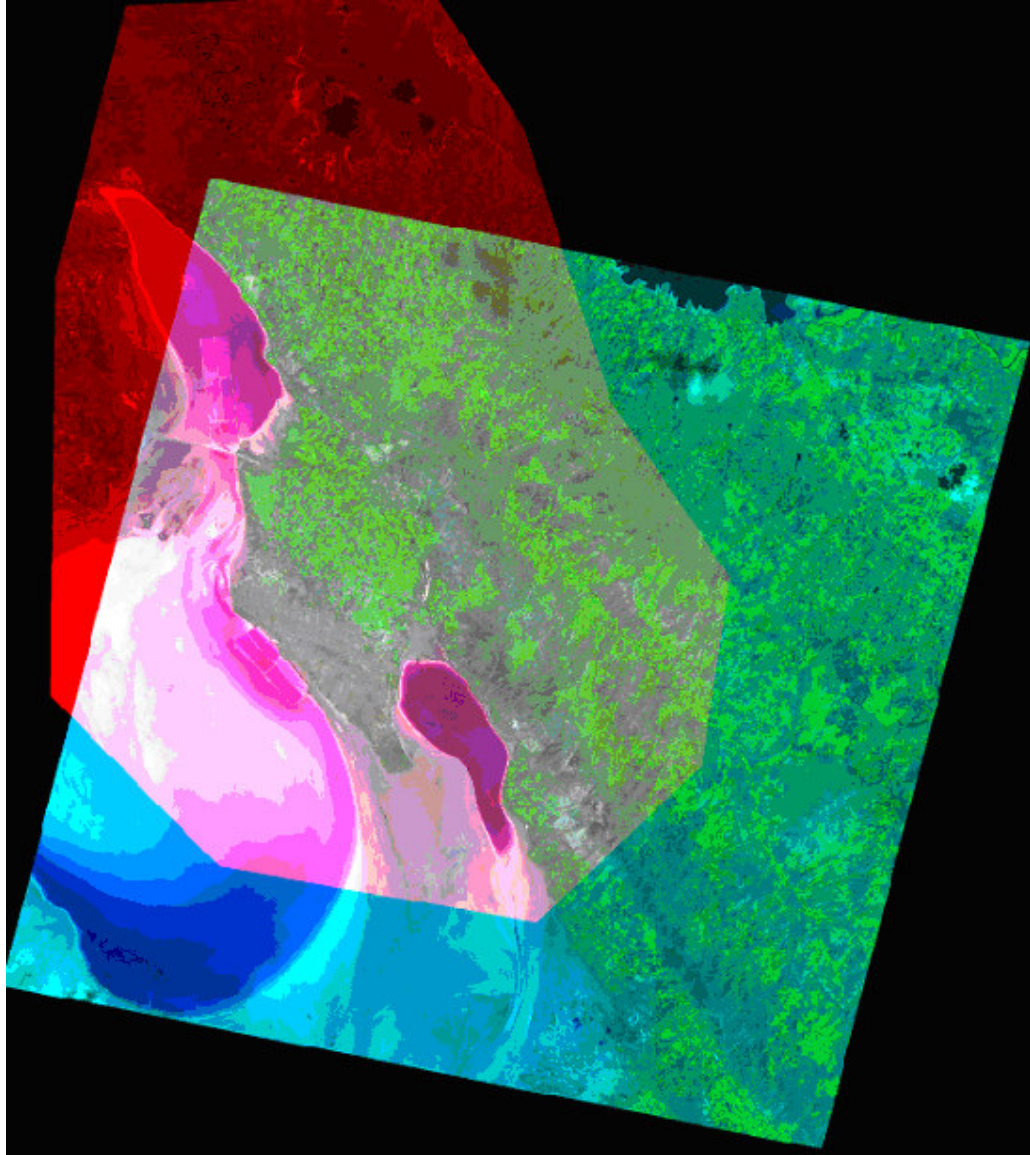


Şekil 5.8 12.05.2005 tarihli geometrik düzeltme yapılmış SPOT 2 uydu görüntüsü
(ED 50 - 6 derecelik dilim koordinatlarına dönüşüm yapılmıştır)

5.3.3 Görüntülerin İşlenmesi ve Kullanılan Yöntemler

Geometrik düzeltmesi yapılan Spot uydu görüntüsü ve Landsat uydu görüntüsü birleştirilerek çok bantlı tek bir görüntü haline getirildi. İlk olarak görüntülerin konumsal çözünürlükleri farklı olduğu için (SPOT: 20 m, Landsat 30 m) piksellerin üst üste oturması için spot uydu verisinin çözünürlüğü 30 m yapıldı. Erdas Imagine programında image interpreter menüsünde alt menü olan utilities ve layer stack komutu ile önce 3 bantlı spot verisi input edildi. Daha sonra 6 bantlı landsat verisi input edildi ve her iki görüntünün bantları birleştirilerek 9 bantlı bir görüntü elde edildi (Şekil 5.9). 9 bantlı kompozit görüntünün ilk üç bandı spot verisinin 3

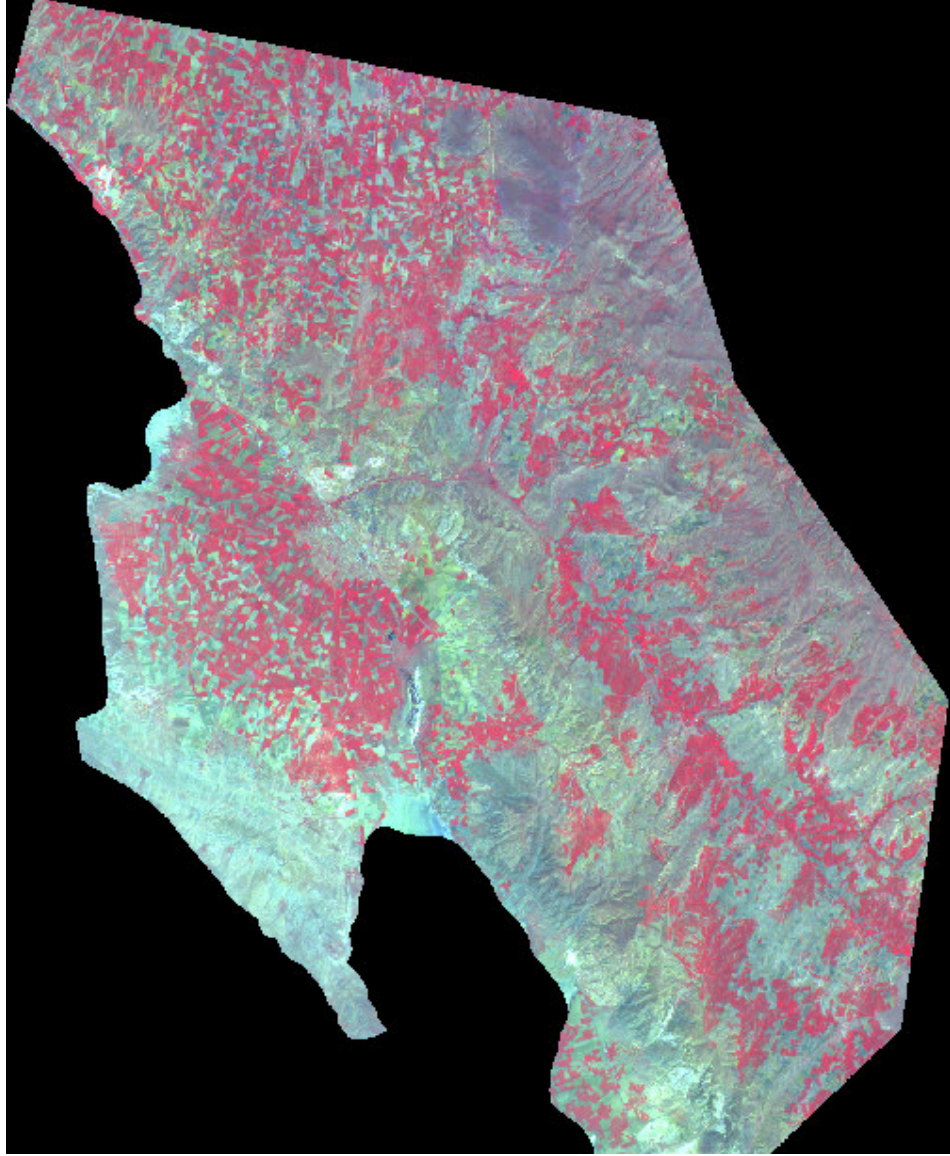
bandına karşılık gelirken diğer 6 bant da landsat verisinin 6 bandına karşılık gelmektedir.



Şekil 5.9 SPOT 2 uydu görüntüsü ile Landsat TM uydu görüntüsünün birleştirilmesi ile elde edilen 9 bantlı uydu görüntüsü

Birleştirdiğimiz bu iki veriden elde ettiğimiz 9 bantlı kompozit görüntünün çalışma alanımıza denk gelen kısmı, oluşturduğumuz aoi tabakasını kullanarak subset raster ile kesilerek daha düzgün, kullanılabilir ve yorumlanabilir bir görüntü elde edildi (Şekil 5.10). Bu işlemi gerçekleştirmemizdeki amaç, çalışmamızın amacı

olan tahıl ekili alanları tespit etmek için gereksiz veriden kurtulmak ve sınıf sayısını azaltmaktır.



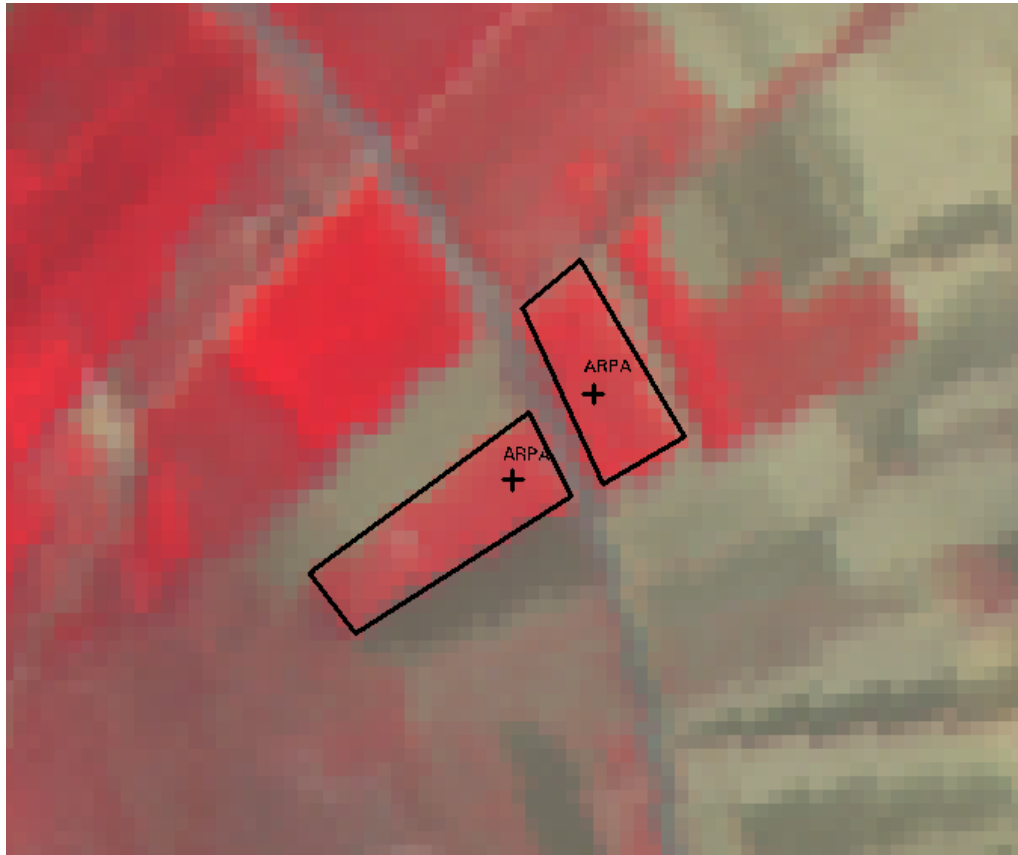
Şekil 5.10 SPOT ve Landsat uydu görüntülerinden çıkarılan ortak alan

Uydu görüntüsü üzerinde sınıflandırma yapabilmek için arazide topladığımız yersel verilerimizi koordinatlarını girerek birleştirilmiş uydu görüntüsü üzerine aktardık. Sınıf türleri ve sayısı belirlendi. Buna göre seçilen sınıflar :

ID - Sınıf adı

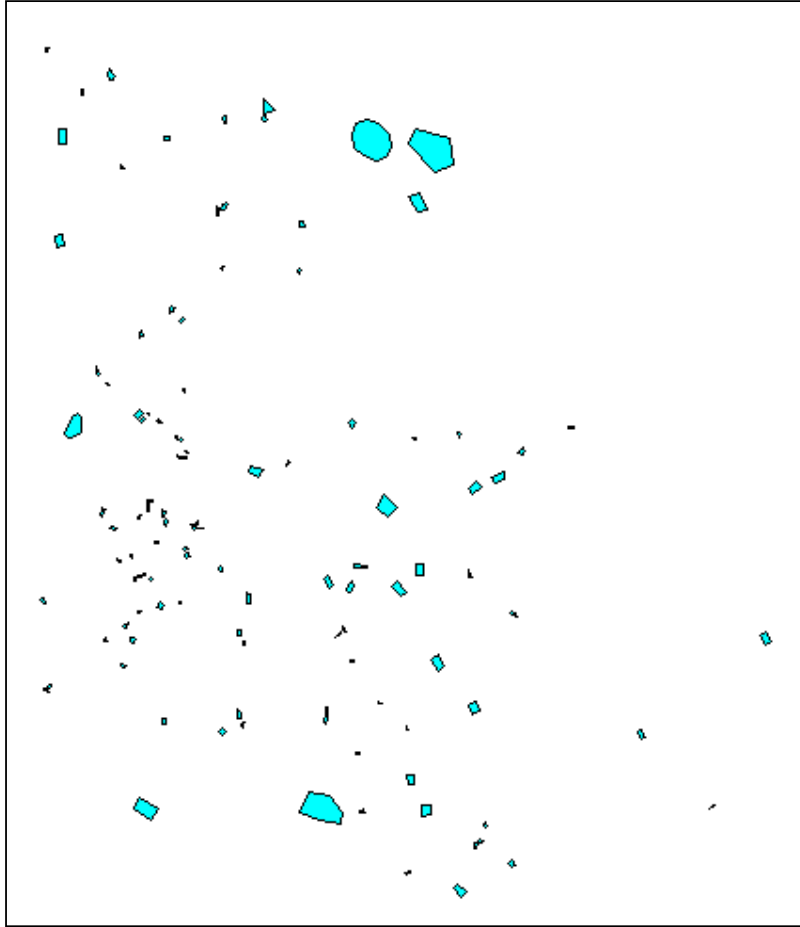
- 1- Arpa
- 2- Buğday
- 3- Mera
- 4- Tarım1
- 5- Tarım2
- 6- Tarım3
- 7- Tarım dışı

Belirlenen sınıflara ait yersel verilerden yararlanarak uydu görüntüsü üzerinde her bir sınıf için ayrı bir tabaka (aoi) oluşturuldu. Eğitim alanları görüntü üzerinde tek tek seçilerek poligon yapıldı ve kendi ismi altında aoi file olarak saklandı (Şekil 5.11).



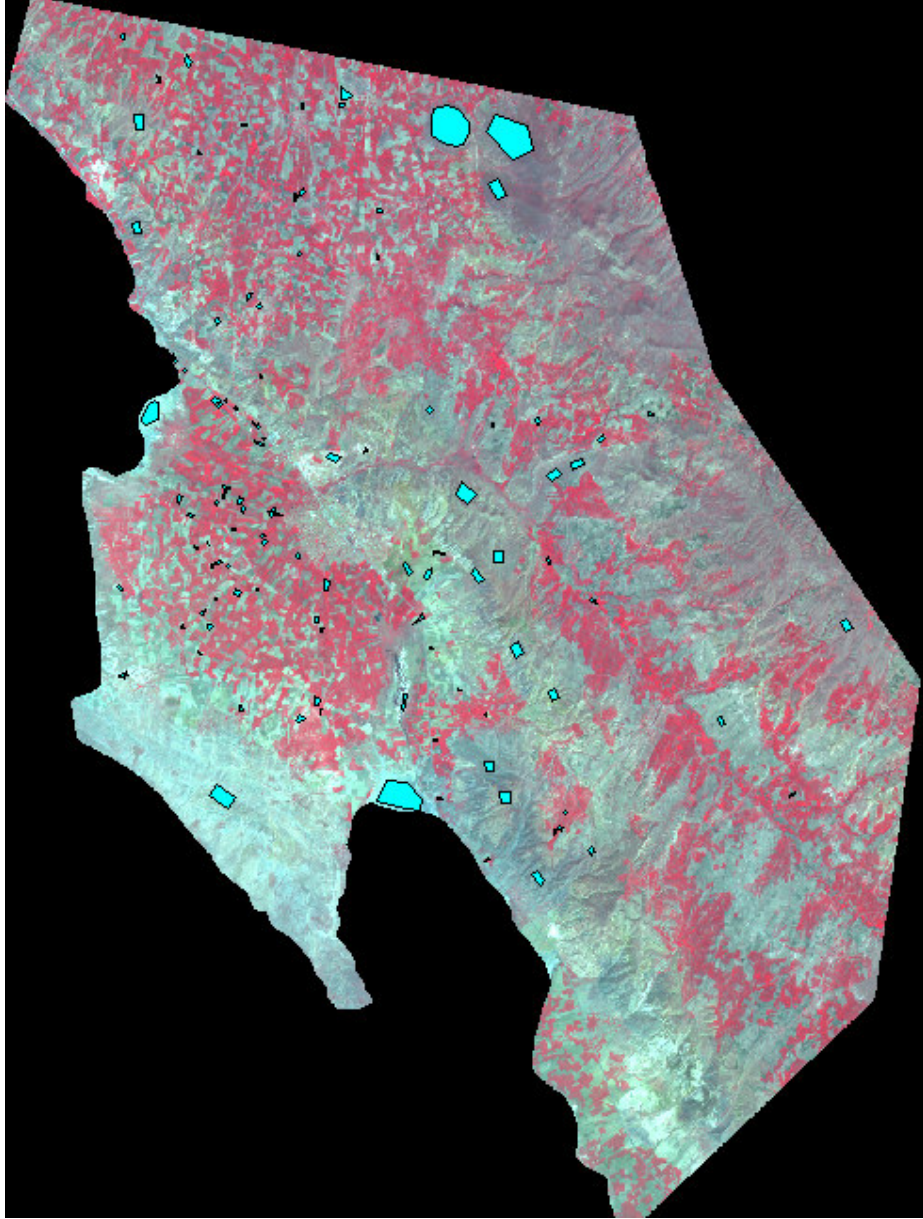
Şekil 5.11 Arazide GPS yardımıyla toplanan verilerinden elde edilen test alanları

Bütün sınıflara ait tabakalar oluşturulduktan sonra yeni bir shapefile (egitim.shp) oluşturuldu ve bütün sınıf katmanları bu dosyaya tek tek eklendi. Enable Editing yapılarak eklenen her katmandaki seçilen alanların özellikleri attributes komutu ile görüntülendi ve ID' leri sınıf numaralarıyla aynı olacak şekilde düzeltildi. Böylece tüm sınıflara ait veriler tek katman altında vektör dosyası olarak toplanmış oldu.



Şekil 5.12 Vektör (shapefile) den raster haline getirilen eğitim alanları

Oluşturulan bu vektör shapefile, Erdas Imagine' de vektör to raster yapılarak raster e dönüştürüldü (Şekil 5.12). Raster haline getirdiğimiz eğitim setleri layer stack yaparak daha önce spot ve landsat verilerini birleştirerek elde ettiğimiz 9 bantlı uydu verisi ile birleştirildi. Böylece sınıflandırmada kullanacağımız 10 bantlı bir görüntü elde edildi (Şekil 5.13).



Şekil 5.13 Birleştirilmiş SPOT ve Landsat görüntüsü ile eğitim alanlarının oluşturduğu 10 bantlı uydu görüntüsü

5.3.3.1 Sınıflandırma

Görüntü işlenmesi, görüntünün kalitesini arttırarak görsel yorumlamayı kolaylaştırma amacını taşımaktadır. Multispektral sınıflandırma işleminde ise daha sayısal ve tekrarlı işlemlerle görüntüdeki her bir pikseli, spektral özelliklerine göre

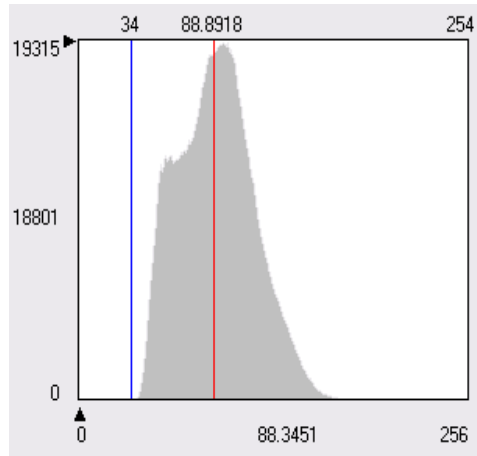
farklı gruplara otomatik olarak kategorize etmektir. Görüntüde var olan farklı özellik tipleri, doğal spektral yansıtma ve yayma özelliklerine göre bağlı olarak farklı dijital değerleri içeren kombinasyonlar ortaya koyarak yapılan bir karar verme işlemidir. Sınıflandırma işleminde dikkat edilecek önemli hususlar, dalga uzunluğunun çalışmanın amacına göre özenle seçimi, temsil edici nitelikteki kontrol alanlarının yerleştirilmesi, seçilen dalga uzunluklarında obje tipi ile dijital değerler arasında ki ilişkinin belirlenmesi, belirlenen bu ilişkilerin tüm görüntü veri dizisi için uygulanması görüntülenmesi ve sonuç görüntülerinde doğruluk değerlendirmelerinin yapılmasıdır (Örmeci vd., 1992).

Elde edilen test alanlarının incelenmesi, ekrandan alınan resimler, haritalar ve yersel çalışmaların bir kombinasyonu olarak örnekleme bölgeleri seçilerek aşağıdaki sınıflar oluşturulmuştur.

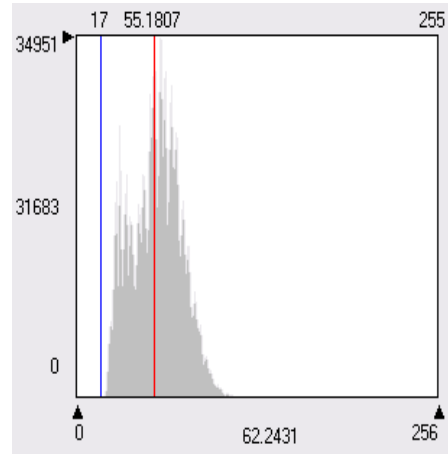
- Arpa
- Buğday
- Mera
- Tarım1
- Tarım2
- Tarım3
- Tarım Dışı

Erdas 8.7 görüntü işlem yazılımı ile sınıflandırma işlemi yapılmış yukarıdaki sınıflar farklı renklerle gösterilmiştir. Test alanlarında yukarıdaki sınıfları simgeleyen örnek alanlara ait istatistiksel parametreler (standart sapma ortalama, en az ve en çok parlaklık değerleri) elde edilmiştir. Elde edilen bu değerlerin grafikleri yapılarak arpa ve buğday alanlarının her banttaki spektral yansıtım değerleri incelenmiştir. Arpa ve buğday spektral ayrımı genelde zor olan bitkilerdir. Bu nedenle eğitim alanlarının çok dikkatli seçilmesi ve uydu görüntüsü üzerinde bu alanlar sınıflayıcıya tanıtılırken çok dikkatli olunmalıdır. Eğitim alanları uydu görüntüsü üzerinde belirlenirken sınırları dikkatli belirlenmeli ve komşu piksellerdeki farklı cisimleri yansıtan piksel değerlerinin belirlediğimiz eğitim alanındaki piksel değerleriyle karışmaması sağlanmalıdır. Eğer bu durum dikkate alınmazsa sınıflandırma sonucu ortaya çıkan

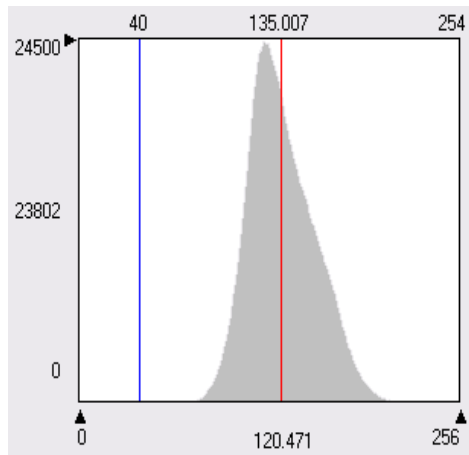
veri hatalı olur ve sınıflar birbirine karışır. Böyle bir durumla karşılaşmamak için arazide yersel veri toplanırken belirlenen eğitim alanlarının sınırlarının da tespit edilmesi veya mevcut haritalar üzerinden alınması çalışmanın doğruluğu, uydu görüntüsünün gözle yorumu açısından önem arz etmektedir.



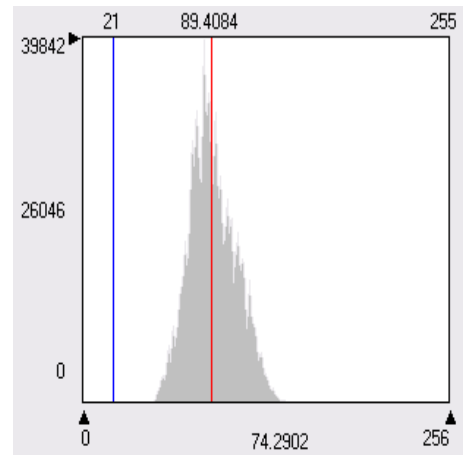
(a) SPOT Bant 2 (Kırmızı)



(b) Landsat Bant 3(Kırmızı)



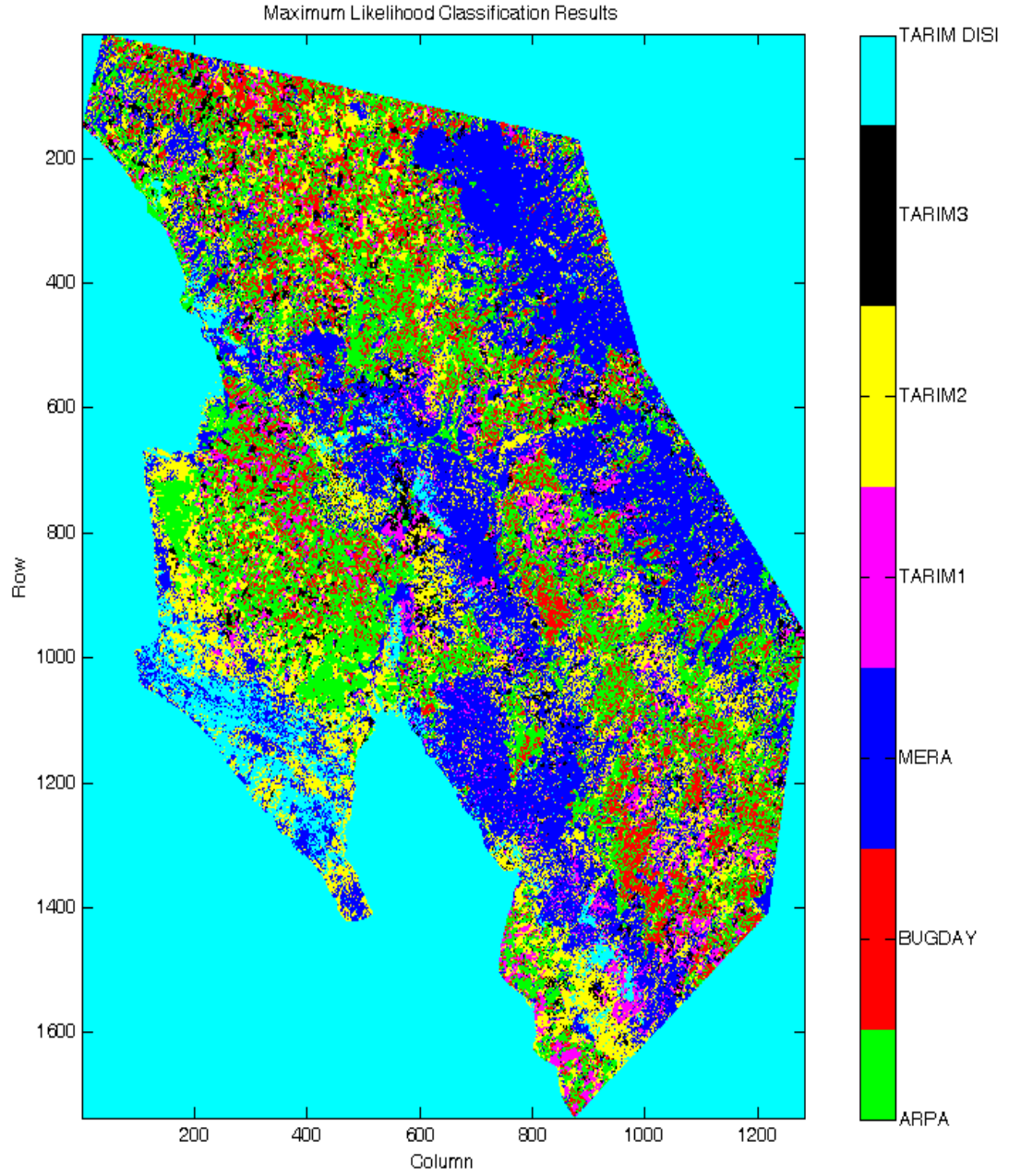
(c) SPOT Bant 3 (NIR)



(d) Landsat Bant 4(NIR)

Şekil 5.14 Spot ve Landsat'ın NDVI için kullanılan bantların histogramları

Çalışma alanına ait uydu görüntüsü Maximum Likelihood metoduyla kontrollü olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 5.15).



Şekil 5.15 (Maximum Likelihood) algoritması ile kontrollü sınıflandırılmış uydu görüntüsü

Tablo 5.5 Maksimum Likelihood sınıflandırması ilk sonuç değerleri

Maximum Likelihood Sınıflandırma Sonucu Doğruluk Analizi							
	Arpa	Buğday	Mera	Tarım1	Tarım2	Tarım3	Tarım_dışı
Üretici Doğruluğu	69.5000	74.5000	87.0000	96.0000	99.0000	97.5000	97.5000
C.Kappa	0.6471	0.6992	0.8513	0.9533	0.9881	0.9709	0.9708
Genel Doğruluk: 88.71429				Kappa Coef. : 0.86833			

Yapılan bu sınıflandırmanın doğruluk analizi sonucunda eğitim alanı olarak belirlenen 2 adet buğday tarlasının hatalı olduğu tespit edilmiştir. Arpa ve buğdaya ait eğitim alanları içinde toplam 63 adet hatalı piksel tespit edilmiştir. Bu piksellerin görüntü üzerinde hangi eğitim alanına düştüğü belirlenmiş ve iki adet tarla eğitim verisi içinden çıkarılmıştır. Sınıflandırma doğruluğunu artırmak için eğitim verisindeki buğday alanlarına ait piksel sayısı sınıflandırma sonucu tam olarak buğday olarak çıkan alanlar eğitim verisine dahil edilerek artırıldı. Hatalı olan 63 piksel yerine eğitim verisine 93 piksel eklenerek tekrar sınıflandırma yapılmıştır.

Tablo 5.6 Maksimum Likelihood sınıflandırması ikinci sonuç değerleri

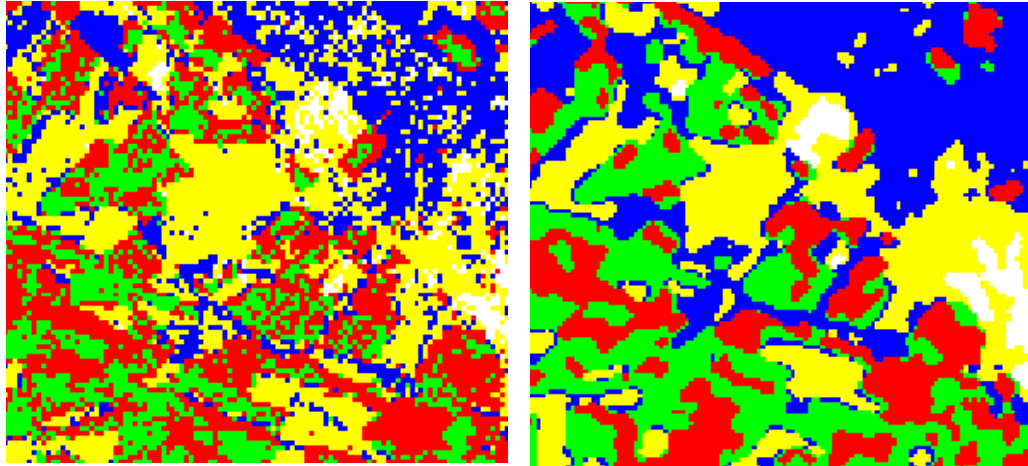
Maximum Likelihood Sınıflandırma Sonucu Doğruluk Analizi							
	Arpa	Buğday	Mera	Tarım1	Tarım2	Tarım3	Tarım_dışı
Üretici Doğruluğu	83.8667	90.7527	90.2000	96.0305	92.9901	98.9418	98.0000
C.Kappa	0.8190	0.8971	0.8803	0.9547	0.9153	0.9881	0.9754
Genel Doğruluk : 92.93458				Kappa Coef. : 0.91675			

Hatalı olan 2 buğday alanı eğitim verilerinden çıkarıldıktan sonra yapılan sınıflandırma ilk yapılan sınıflandırmayla karşılaştırıldığında doğruluk oranı daha yüksek çıkmıştır. Yapılan sınıflandırma sonucuna göre arpa ve buğdayın toplam piksel sayıları ve buna bağlı olarak toplam alanları hesaplanmıştır.

Tablo 5.7 Sınıflandırma sonucu elde edilen arpa ve buğday alanları

Cinsi	Piksel Sayısı	Kapladığı Alan	Toplam Çalışma Alanı	Oran %
Arpa	330216	29719 hektar	112495 hektar	%26
Buğday	105801	9522 hektar		%9

Uygulamada kullanılan diğer bir görüntü işleme yöntemi zaman zaman başvurulun filtrelemedir. Filtreleme işlemi sırasında her resim elemanının yani işlenen pikselin yakınındaki komşu piksellerin ağırlıklı bir toplamı ile piksele yeni bir değer atanır. Bu işlem sırasında görüntüdeki belirginleşme nedeniyle bu yöntem sıklıkla kullanılmaktadır (Örmeci vd.,1992). Bu çalışmada da Maksimum Likelihood ile sınıflandırılan görüntü median filtresi ile 3×3 olarak filtrelenerek sınıflandırılmış alanlar daha belirgin olarak görüntülenmiştir (Şekil 5.16).



(a) Sınıflandırılmış Görüntü

(b) Median Filtre Uygulanmış Görüntü

Şekil 5.16 Sınıflandırılmış görüntü ile filtrelenmiş görüntünün karşılaştırılması.

5.3.3.2 Verim Tahmini

Uydu görüntüsü ile tahıl ekili alanların belirlenmesinde en önemli faktör, bölgesel ürün takvimine bağlı olarak ürün cinslerinin tanımlanmasında en uygun

zamanda uydu görüntüsü ile yersel ölçmelerin varlığıdır. Ekili alanlara ait yersel yansıtım ölçmeleri, ürün ekim tarihleri arasında büyük değişimlerin olduğu durumlarda uydu görüntüsünün dijital analizi ve yorumlanmasında önemli rol oynamaktadır (Örmeci vd., 1992).

SPOT uydu görüntülerinde, bant-2 (kırmızı) ve bant-3 (kızılötesi)' ün çeşitli matematiksel kombinasyonları, yeşil vejetasyon varlığının bir göstergesi olarak bulunmuştur. Landsat da ise bant kombinasyonu bant 4 (NIR) ve bant 3 (kırmızı) olarak kullanılır. Bu matematiksel değerler, Bitki örtüsü indeksi veya vejetasyon indeksi olarak adlandırılır.

$$\text{Vejetasyon İndeksi (Vegetation Index)} = \frac{NIR}{R} \quad (5.1)$$

Normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) ise bu tür çalışmalarda en yaygın olarak kullanılanıdır.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (5.2)$$

NDVI indeks değerleri teorik olarak (-1) ile (+1) arasında değişir. Yeşil bitki örtüsünün fazla olduğu alanlarda indeks değeri +1'e doğru yaklaşırken, bulutlar, su ve kar düşük (eksi) NDVI indeks değerlerine sahiptir. Çıplak toprak ve kaya ise sıfıra yakın NDVI değeri gösterir. Fotosentez kapasitesi arttıkça NDVI indeks değerleri artmakta bu da bitki örtüsündeki gelişmenin arttığına karşılık gelmektedir.

NOAA-AVHRR 1 ve 2. bantları kullanarak global ölçekte bitki örtüsü sınıflandırması yapmaktadır. Benzer şekilde geliştirilmiş diğer bitki indekslerine SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), TSAVI (Transformed Soil Adjusted Vegetation Index), GEMI (Global Environment Monitoring Index), PVI (Perpendicular Vegetation Index) ve OSAVI (Optimum Soil Adjusted Vegetation Index) sayılabilir (Kavzoğlu, 2001).

Bazı indekslerin formülleri de aşağıdaki gibidir.

$$OSAVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red + 0.16} \quad (5.3)$$

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + R + L) \times (1 + L)} \quad (5.4)$$

L = 0.5 (Toprak etkisini azaltıcı katsayı)

$$PVI = \sqrt{(RED_{soil} - RED_{veg})^2 + (NIR_{soil} - NIR_{veg})^2} \quad (5.5)$$

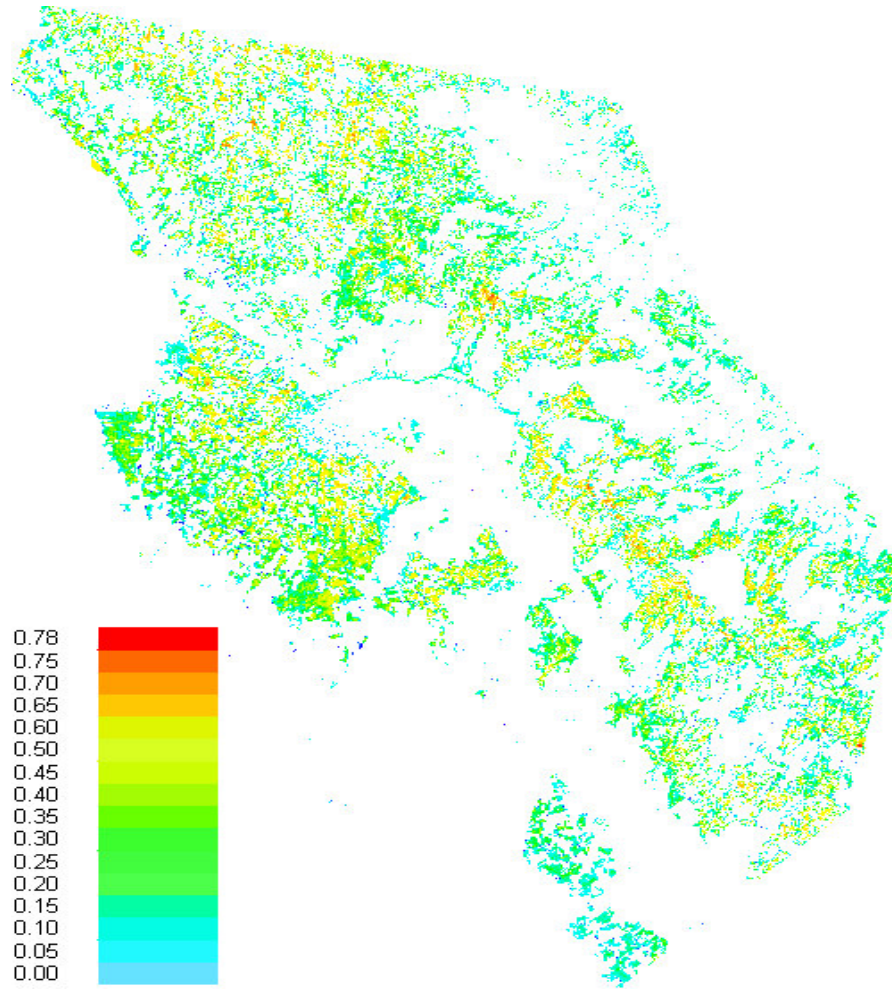
$$GEMI = \eta(1 - 0.25\eta) - \frac{RED - 0.125}{1 - RED} \quad (5.6)$$

$$\eta = \frac{2(NIR^2 - RED^2) + 1.5NIR + RED}{NIR + RED + 0.5}$$

Çalışmada kullanılan spot ve landsat uydu verilerinin uygun bantları kullanılarak her iki görüntüden ayrı NDVI değerleri hesaplanmıştır ve ortalamaları alınmıştır. SPOT görüntüsünün kırmızı (bant 2) ve yakın kızılötesi (bant 3) bantları, landsat görüntüsünün ise yine kırmızı (bant 3) ve yakın kızılötesi (bant 4) bantları kullanılarak NDVI değerleri hesaplanmıştır. Her iki görüntüden elde edilen NDVI değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanan ortalama NDVI' dan ise arpa ve buğday alanlarının rekoltesi belirlenmek istendiğinden bu alanlara ait NDVI değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Arpa ve buğday alanlarının NDVI değerlerinin minimum ve maksimum değerleri belirlenmiştir.

Tablo 5.8 Arpa ve buğday alanlarının maksimum ve minimum NDVI değerleri

Cinsi	Minimum NDVI	Maksimum NDVI	Ortalama NDVI
Arpa	-0.06465	0.77379	0.421
Buğday	0.08811	0.72210	0.505



Şekil 5.17 Arpa alanlarının NDVI değerlerine göre renklendirilmiş görüntüsü

Rekolte ile NDVI arasında kuvvetli bir ilişki vardır ve bu ilişkinin anlaşılması çok önemlidir (Jiang et al., 2004). Arpa ve buğday alanları için minimum ve maksimum NDVI değerleri göz önüne alınarak istatistiksel bir formül yazılarak her pikseldeki NDVI değeriyle ilişkili bir rekolte değeri bulunmuştur. Bilindiği üzere NDVI'ın sıfır olduğu yerler topraktır. Sıfıra yakın değerlerde de toprak etkisi fazladır. Bu nedenle verim modeli oluşturulurken NDVI'ın minimum ve maksimum değerleri yerine en uygun aralıkları alınmıştır. Bu denklem yazılırken Ş.Koçhisar İlçe Tarım Müdürlüğü'nün rekolte tahmin değerleri ve çiftçilerle arazi çalışması sırasında yüz yüze yapılan görüşmelerden elde edilen minimum ve maksimum verim değerleri baz alınmıştır.

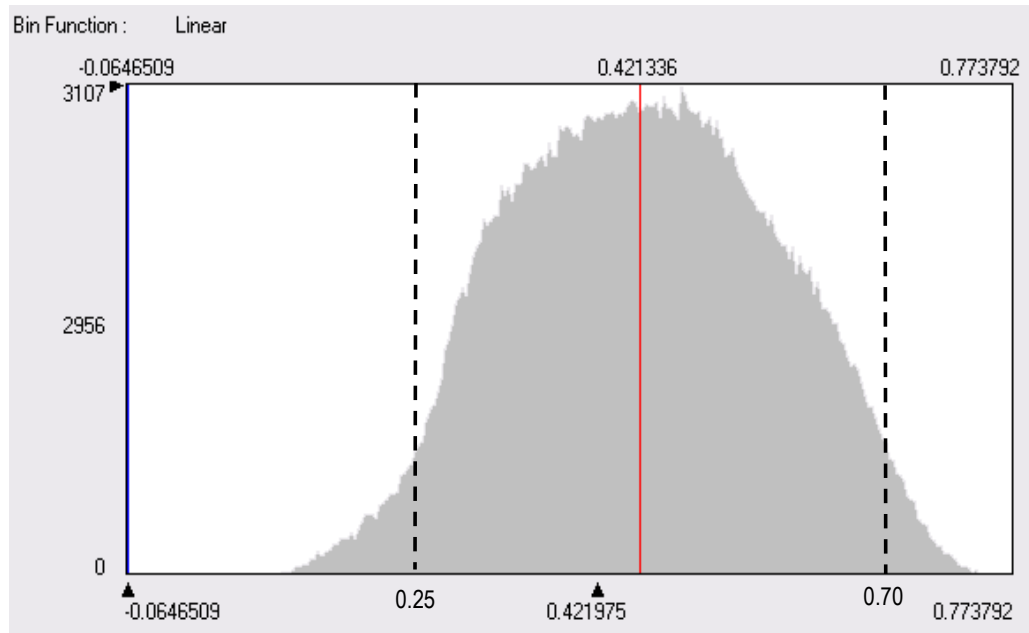
Arpa için en düşük verim bir piksel (30m×30m) için 200 kg, en yüksek verim 450 kg olarak belirlenmiştir. Arpa için kullanılacak NDVI değer aralığı arpa alanlarının oluşturduğu görüntüden elde edilen histogram incelenerek tespit edilmiştir. Arpa alanlarına ait NDVI histogramı (Şekil 5.18) incelendiğinde değerlerin düzgün dağılıma sahip oldukları görülebilir. Arpanın verim tahmini için geliştirilen model de minimum ve maksimum NDVI değerleri kullanılmamıştır. Histogramın dağılımına göre minimum değer 0.25, maksimum değer ise 0.70 alınmıştır. 0.25' in altında piksel sayısının az olması ve bu aralıkta toprak etkisi fazla canlılık düşük olduğundan bu değer in altında verimlilik sıfır kabul edilmiştir. Yine histogram incelendiğinde maksimum değerin 0.774 olduğu görülür ancak sınır kabul ettiğimiz 0.70 değerinin üstünde çok az sayıda piksel bulunması sebebiyle verim modelinde maksimum değer göz önüne alınmamıştır.

Elde edilen doğrusal denklem:

$$y = ax + b \quad (5.6)$$

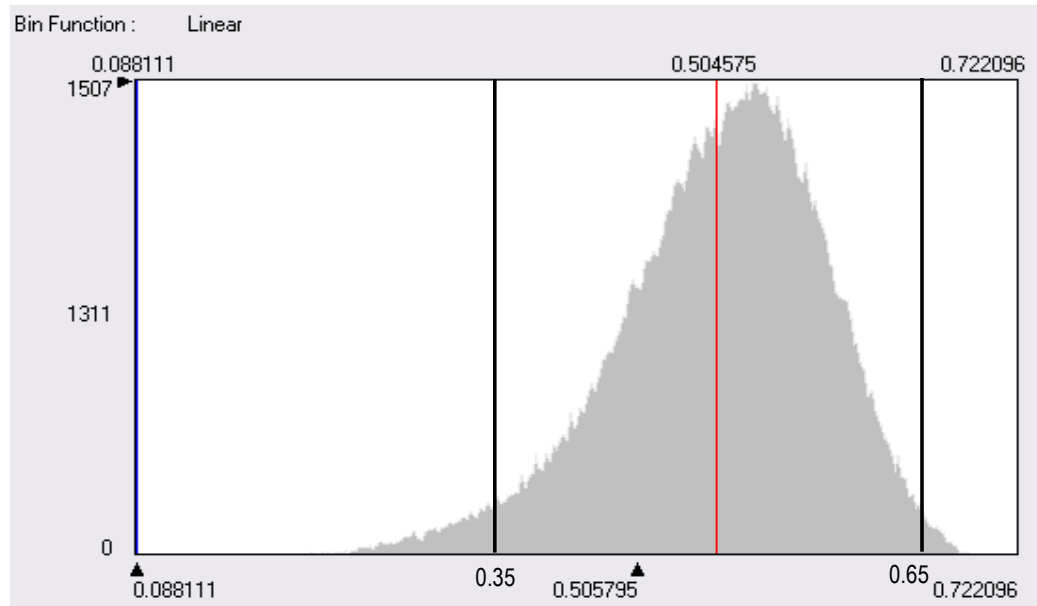
Arpa rekoltesi için elde edilen formül:

$$R_{Arpa} = 555.56 \times NDVI_{Arpa} + 61.111 \quad (5.7)$$



Şekil 5.18 Arpa alanlarının NDVI histogramı ve belirlenen sınır değerleri

Buğdayın rekoltesini hesaplamak için arpa için elde edilen verim modelinin aynısı kullanılamaz. Bunun nedeni; arpa ve buğdayın hektar başına verimlerinin farklı olmasıdır. İlçe Tarım Müdürlüğü' nün 2005 yılı tahıl rekoltesine göre arpa hektar başına 3.12 ton iken buğday hektar başına 2.65 ton dur. Bu durum göz önüne alınarak buğday için en düşük verim bir piksel için (30m×30m) 135 kg, en yüksek verim 340 kg olarak alınmıştır. Buğday için kullanılacak NDVI değer aralığı NDVI histogramı (Şekil 5.19) incelenerek tespit edilmiştir. Buğday alanlarına ait NDVI histogramı incelendiğinde değerlerin düzgün dağılıma sahip oldukları görülebilir. Buğdayın verim tahmini için geliştirilen model de de minimum ve maksimum NDVI değerleri kullanılmamıştır. Histogramın dağılımına göre minimum değer 0.35 maksimum değer ise 0.65 alınmıştır. 0.35' in altında piksel sayısının az olması ve bu aralıkta toprak etkisi fazla canlılık düşük olduğundan bu değer altında verimlilik sıfır kabul edilmiştir. Yine histogram incelendiğinde maksimum değerin 0.722 olduğu görülür ancak sınır kabul ettiğimiz 0.65 değerinin üstünde çok az sayıda piksel bulunması sebebiyle verim modelinde maksimum değer göz önüne alınmamıştır.



Şekil 5.19 Buğday alanlarının NDVI histogramı ve belirlenen sınır değerleri

Buğday rekoltesi için elde edilen formül:

$$R_{Buğday} = 683.33 \times NDVI_{Buğday} - 104.17 \quad (5.8)$$

$NDVI_{Buğday,Arpa}$ = Her pikseldeki NDVI değeri

Arpa ve buğday alanları için elde edilen bu modeller uygun yazılımlarda uydu görüntülerine uygulanarak verim miktarları elde edildi.

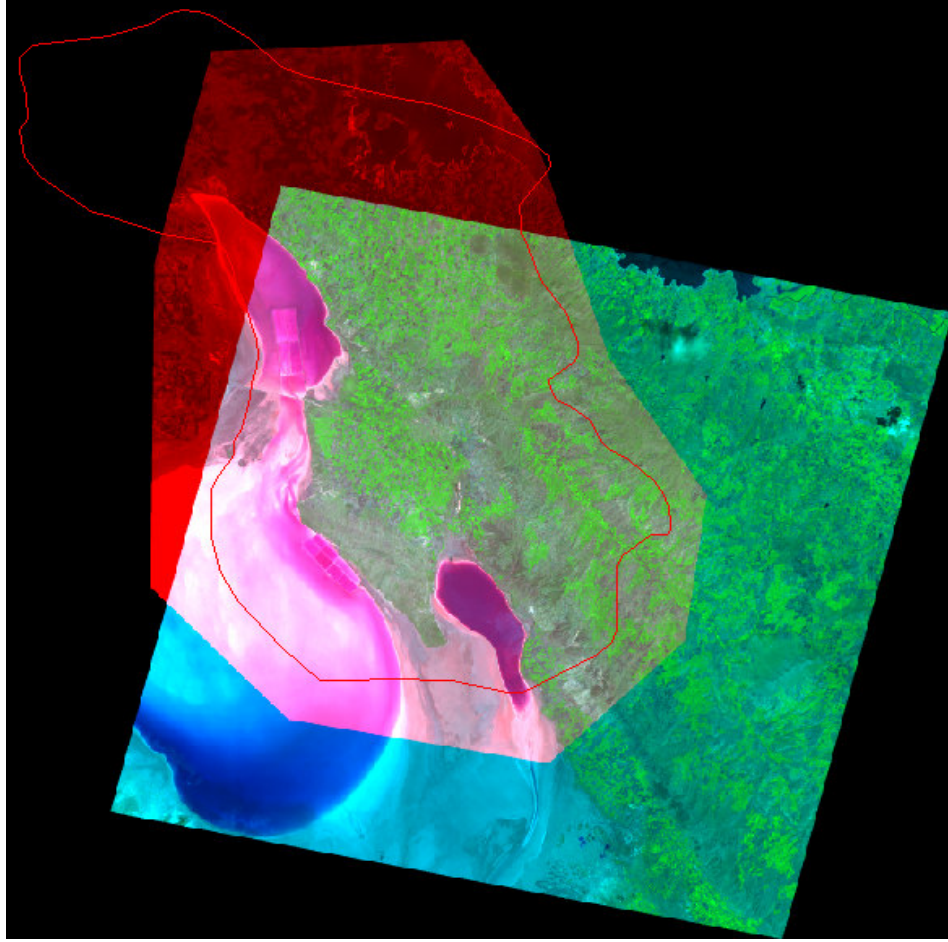
Tablo 5.9 İlçe Tarım Müdürlüğü verilerine göre 2005 yılı ürün rekoltesi.

Cinsi	Ekilen Alan (Ha)	Tahmini Verim (Ton)	Hektar Başına Verim (Ton)
ARPA	55200	172575	3.12
BUĞDAY	17700	46887	2.65

Tablo 5.10’ deki değerler uydu görüntüsünün kapsadığı alana ait değerleridir. Kullanılan uydu verisi Ş.Koçhisar İlçesinin tüm sınırlarını kapsayan bir görüntü olmadığı için sadece çalışma alanındaki arpa ve buğday alanlarının rekolte hesaplanmıştır. Çalışma alanındaki arpa ve buğday alanlarının tüm alana oranı 0.54’ dür. Şereflikoçhisar ilçesinin tarım arazilerinin homojen dağılımda olduğu kabulü yapılarak toplam rekoltenin %54’ü kadar arpa ve buğday rekoltesi hesaplanmıştır.

Tablo 5.10 NDVI ile elde edilen arpa ve buğday rekolte verileri

Cinsi	Alan		Rekolte (Ton)		
	Piksel (30m×30m)	Hektar	Tahmin		İlçe Tarım
			Toplam	Hektar Başına	Hektar Başına
Arpa	330216	29719	92551	3.11	3.12
Buğday	105871	9522	25037	2.63	2.65



Şekil 5.20 Uydu görüntüsü üzerinde Şereflikoçhisar ilçe sınırı

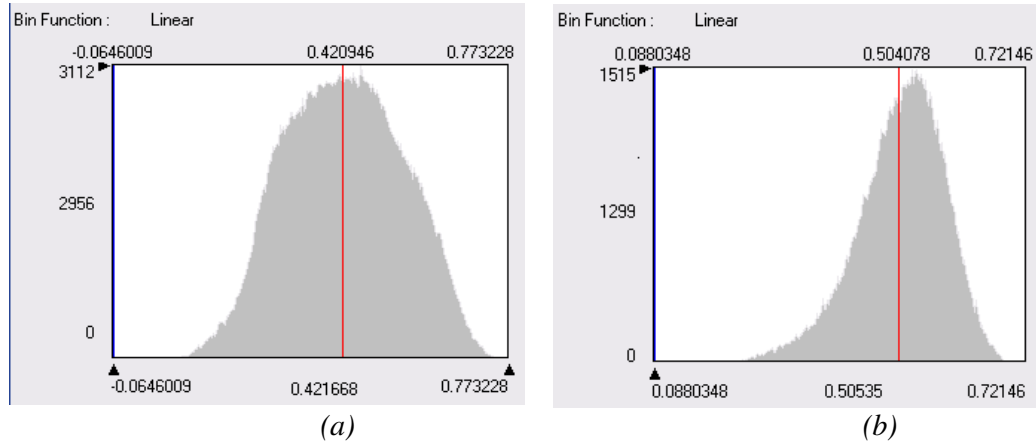
OSAVI: Tahıl rekoltesini belirlemek için NDVI metodunun yanında diğer bitki indekslerinden biri olan OSAVI (Optimum Soil Adjusted Vegetation Index) yöntemi kullanılmıştır.

OSAVI indeksinin NDVI dan farkı paydasında 0.16 lık bir değer olmasıdır. OSAVI değerleri birleştirilmiş uydu görüntüsü üzerinden hesaplanmış ve arpa, buğday alanları için ayrı ayrı çıkarılmıştır. Elde edilen bu değerlerin maksimum, minimum değerleri ile histogramları incelenmiş ve verim modeli belirlenmiştir. OSAVI için belirlenen arpa ve buğday verim modelleri NDVI için belirlenen verim modelleri (5.7 ve 5.8) ile aynıdır. OSAVI ile elde edilen histogramlar incelendiğinde NDVI histogramları ile benzerlik göstermektedir (Şekil 5.21). Arpa ve buğday için OSAVI sınır değerlerinin NDVI ile çok yakın olduğundan sınır değerleri aynı

alınmıştır. Buna göre OSAVI ile elde edilen rekolte miktarları hesaplanmıştır (Tablo 5.11).

Tablo 5.11 OSAVI ile elde edilen arpa ve buğday rekolte miktarları

Cinsi	Alan		Rekolte (Ton)		
	Piksel (30m×30m)	Hektar	Tahmin		İlçe Tarım
			Toplam	Hektar Başına	Hektar Başına
Arpa	330216	29719	92458	3.11	3.12
Buğday	105871	9522	24998	2.62	2.65



Şekil 5.21 Arpa ve buğday için OSAVI histogramları

SAVI : SAVI yönteminde NDVI ve OSAVI'den farklı olarak L parametresi kullanılmıştır. Çalışma alanı çok vejetasyon içeriyorsa L parametresi 0 yada 0'a yakın bir değer, az vejetasyon içeriyorsa 1 veya 1'e çok yakın bir değer, normal vejetasyon içeriyorsa 0.5 alınır (Terrill, 1994). Çalışma alanımız normal vejetasyona sahip olduğundan L değeri 0.5 olarak kabul edildi. SAVI indeksine ait (5.4) formülünden arpa ve buğday alanları için SAVI değerleri hesaplandı. SAVI değerlerine ait histogramlar incelenerek verim modelinde kullanılacak olan SAVI aralıkları tespit edildi.

Histogramlar incelenerek arpa için SAVI aralıkları en düşük 0.86, en yüksek 1.30 olacak şekilde belirlendi. 0.86 SAVI değerine karşılık en düşük verim 200 kg,

1.30 SAVI değerine karşılık en yüksek verim 450 kg olarak belirlendi. Buğday için de bu aralık en düşük 0.99, en yüksek 1.20 olarak belirlendi. 0.99 SAVI değerine karşılık 135 kg buğday verimi, 1.20 SAVI değerine karşılık ise 340 kg buğday verimi karşılık gelecek şekilde belirlendi.

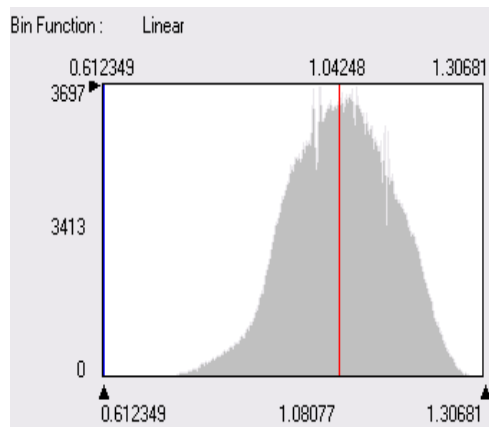
Buradan arpa ve buğday rekolteleri için edilen verim modelleri:

$$R_{Arpa} = 568.18 \times SAVI_{Arpa} - 288.64 \quad (5.9)$$

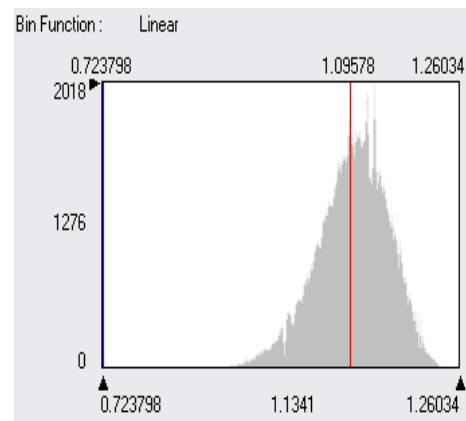
$$R_{Buğday} = 976.19 \times SAVI_{Buğday} - 831.43 \quad (5.10)$$

Tablo 5.12 SAVI ile elde edilen arpa ve buğday rekolteleri

Cinsi	Alan		Rekolte (Ton)		
	Piksel (30m×30m)	Hektar	Tahmin		İlçe Tarım
			Toplam	Hektar Başına	Hektar Başına
Arpa	330216	29719	98497	3.31	3.12
Buğday	105871	9522	24759	2.60	2.65



(a)



(b)

Şekil 5.22 Arpa ve buğday için SAVI histogramı

Yersel çalışmalardan elde edilen rekolte miktarları ile uydu görüntülerinden elde edilen ürün rekolte miktarları karşılaştırılarak tahmin doğruluğu test edilmelidir. Tablo 5.9, Tablo 5.10, Tablo 5.11 ve Tablo 5.12’den hektar başına rekolte miktarlarını hesaplarsak uzaktan algılama yöntemiyle elde edilen rekolte tahmini ile İlçe Tarım Müdürlüğü’nün rekolte miktarını karşılaştırabiliriz. Tablo 5.13’ de çalışma alanında uzaktan algılama ile elde edilen toplam arpa, buğday alanları ve rekoltesi ile Şereflikoçhisar’ın tamamı için İlçe Tarım Müdürlüğü tarafından belirlenen değerler görülmektedir.

Tablo 5.13 Arpa ve buğday alanlarının hesaplanan rekolte miktarları

Yöntem	Uzaktan Algılama						İlçe Tarım Müdürlüğü	
	(NDVI)		(OSAVI)		(SAVI)			
Ürün	Arpa	Buğday	Arpa	Buğday	Arpa	Buğday	Arpa	Buğday
Alan (Hektar)	29719	9522	29719	9522	29719	9522	55200	17700
Toplam Rekolte (Ton)	92551	25037	92458	24998	98497	24759	172575	46887
Birim Rekolte Ton/Hektar	3.11	2.63	3.11	2.62	3.31	2.60	3.12	2.65
Doğruluk	%99	%99	%99	%99	%94	%98		

Tablo 5.13’de görüldüğü üzere uzaktan algılama ile NDVI kullanarak %99, OSAVI kullanarak %99, SAVI kullanarak arpanın %94, buğdayın %98 doğrulukla rekolte tahmini yapılabilmektedir. Doğruluk yapılan çalışmanın türüne ve kullanılan verilerin niteliğine göre değişebilir.

Burada belirtilmesi gereken önemli bir husus, rekolte tahmininde yapılan kabuller ve olası problemlerdir. Bunlar :

- Arpa ve buğdayın verim modelindeki bitki indekslerinin sınır değerleri.
- Şereflikoçhisar İlçe sınırı içinde yer alan tarım arazilerinin homojen dağılımda olduğu kabulünün yapılması.
- Uydu görüntülerinin doğal yapısı olarak sıralanabilir.

Yapılan literatür araştırmasında, dünyanın çeşitli ülkelerinde birçok tarımsal ürün için yapılan uzaktan algılama yöntemiyle rekolte tahminlerinin %90'ın üstünde doğruluklarla yapılabildiği görülmüştür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz açısından hızlı, güvenilir ve tarafsız olarak tahıl ekili alanların ve rekoltenin hasattan önce tahmin edilmesi tarımsal politikaların belirlenmesi aşamasında karar vericiler için son derece önemlidir. Uzaktan algılama teknikleri sahip oldukları özellikler nedeniyle bu sorunun çözümlenmesinde klasik yöntemleri tamamlayıcı bir araç olarak ortaya çıkmaktadır.

Uzaktan algılama yöntemiyle rekolte tahmini çalışmalarında veri olarak kullanılan uydu görüntülerinin amaca uygun şekilde hava şartları göz önüne alınarak zamansal olarak da en uygun dönemde alınması gerekir. Sayısal uydu görüntüsünün görsel olarak yorumlanması sonucunda çalışma bölgesinde tahıl ekili ürün cinslerinin kolaylıkla saptanabileceği geçmişte yapılan çalışmalar ışığında görülmektedir.

Uydu görüntüsü ile tahıl ekili alanların belirlenmesinde en önemli faktör, bölgesel ürün takvimine bağlı olarak ürün cinslerinin tanımlanmasında en uygun zamanda uydu görüntüsü ile yersel ölçmelerin yapılmasıdır. Ekili alanlara ait eğitim alanları oluşturulurken seçilen alanlar büyüklüğü, konumu ve sınırlarının belirli olması uydu görüntülerinin yorumlanması ve işlenmesinde çok büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Şereflikoçhisar çevresindeki tarım arazilerinde arpa ve buğday ekili alanların alansal değerleriyle birlikte ürün rekolte miktarları da tespit edilmiştir. Elde edilen değerler Şereflikoçhisar İlçe Tarım Müdürlüğü'nün elde etmiş olduğu rekolte miktarları ile karşılaştırılmıştır. Klasik yöntemlere göre daha etkin bir metot olan uzaktan algılamanın ekili alan ve rekolte tahmininde kullanılmasının sağlayacağı avantajlar ortaya konmuştur. Uzaktan algılama yönteminin klasik yöntemlere göre en büyük avantajı ürün rekoltesinin hasat tarihinden önce belirlenebilmesidir. Klasik yöntemlerle hasattan 2-3 ay sonra ancak belirlenebilen rekolte miktarı oluşturulan modele göre uzaktan algılama yöntemiyle hasattan 1.5-2 ay önce belirlenebilmektedir. NDVI, OSAVI ve SAVI yöntemleri kullanılarak arpa ve buğday ekili alanların rekolte tahminleri hesaplanmıştır. İlçe Tarım Müdürlüğü verileriyle karşılaştırıldığında NDVI ile %99, OSAVI ile %99 ve SAVI ile arpa %94,

buğday %98 doğrulukla hesaplanmıştır. Ancak Şereflikoçhisar'ın tümünü içeren uydu görüntüsü olmadığından bu sonuçlar, Şereflikoçhisar'ın %54'ü üzerinde arpa ve buğday alanlarının homojen dağılıma sahip olduğu kabulüyle yapılmıştır.

Sonuç olarak ülke kaynaklarını optimum kullanımının sağlanabilmesi için uzaktan algılama yönteminin sağladığı yararlar göz önüne alınıp ülkemizdeki tarım politikasına bu yönlü bir rota çizilmelidir ve rekolte tahminleri temel tarımsal ürünler için yapılmalıdır. Teknolojinin imkanlarından yararlanmak, ülkemizin tarım politikaları üzerinde önemli ve değerli etkiler yapacaktır.

KAYNAKLAR

- 1- Baret, F., Guyot, G. and Major, D.J., 1989. TSAVI: a vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI and APAR estimation. In Proceedings of the 12th Canadian Symposium on Remote Sensing and IGARSS'89, Vancouver (Canada), pp. 1355-1358.
- 2- Cihlar J., Brown R.J. and Gindon B., 1986. Microwave Remote Sensing of Agricultural Crops in Canada, Journal of Remote Sensing, Vol.7, No.2, P:1986
- 3- İmamoğlu, M.Z., 2004. IRS LISS Verileri Kullanılarak Haliçte Su Kalitesinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- 4- İspir, E., 2000, Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Köyceğiz Bölgesindeki Sığla Ormanlarının Değişim Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- 5- Jiang, D., Yang, X., Clinton, N. and Wang, N., 2004, An Artificial Neural Network Model for Estimating Crop Yields Using Remotely Sensed Information. International Journal of Remote Sensing, Vol.25, No.9, 1723-1732.
- 6- Kavzoğlu, T., 2001, Uzaktan Algılama Ders Notları (Yayınlanmamış), GYTE, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Gebze-Kocaeli
- 7- Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., 1999, Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley and Sons Publishers, New York.
- 8- Mather, P.M., 1987. Computer Processing of Remotly Sensed Images. Wiley, Chichester.

- 9- Maktav, D. ve Sunar F., 1991. Uzaktan Algılama Kantitatif Yaklaşım, Hürriyet Ofset, İstanbul
- 10-Örmeci, C., Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri), İTÜ Matbası, İstanbul.
- 11-Örmeci, C., Müftüoğlu, O. ve Sunar, F., 1992 Landsat Thematic Mapper Verileri Kullanarak Hububat Ekim Alanlarının Sınıflandırılması. İTÜ, İstanbul.
- 12-Özkan, C., 2000, Uzaktan Algılama Verileriyle Orman Yangını Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 13-Rencz, A.N. and Ryerson, R.A., 1999, Manuel of Remote Sensing Digital Image Analysis, Springer-Verlag, New York.
- 14-Schowengerdt, R.A., 1983. Techniques For Image Proceasing and Classification in Remote Sensing. Academic Press, New York.
- 15-Sesören, A., 1998, Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar, Mart Matbacılık, İstanbul.
- 16-Tipamat, U., Nitin, K. T., 2003, A Satellite Based Monitoring of Changes in Mangroves in Krabi, Thailand. Asian Institute of Technology, Thailand.
- 17-Terrill W. Ray, Div. of Geological and Planetary Sciences, A FAQ on Vegetation in Remote Sensing, California Institute of Technology, 1994, California.

URL-1 - <http://spotimage.com>

URL-2 - <http://landsat7.usgs.gov>

URL-3 - <http://nik.com.tr>

URL-4 - <http://spaceimaging.com>

URL-5 - <http://spectra-resources.com/ikonos>

URL-6 - http://terra.nasa.gov/Brochure/Sect_4-2.html

URL-7 - <http://ivv.nasa.gov.tr/space/virtual.field.trips.html>

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Ankara' nın Şereflikoçhisar ilçesinde doğdu. İlk orta ve lise eğitimini Şereflikoçhisar da tamamladı. 2002 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliğinden mezun oldu. Halen özel sektörde çalışmaktadır.