

**YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKTEKİ UYDU
GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİK DOĞRULUKLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mih. Fazıl YAŞA

Anabilim Dalı: Jeodezi ve Fotogrametri Mih.

Program: Geomatik Mühendisliği

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Filiz Sunar ERBEK

ARALIK 2004

ÖNSÖZ

İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Geomatik Mühendisliği programında gerçekleştirilen bu yüksek lisans çalışmasında Büyükçekmece bölgesine ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin (QuickBird ve Ikonos) 2 boyutlu polinomeşitlikleri kullanılarak geometrik olarak kayıt edilmeleri ve geometrik kayıt sonrası bu görüntülerin geometrik doğruluk analizleri yapılmıştır.

Bu çalışma sırasında yoğun temposuna rağmen tez danışmanlığı üstlenen ve desteğini hiçbir konuda esirgemeyen sayın Prof. Dr. Filiz Sunar ERBEK'e sonsuz teşekkürleri sunarım

Yüksek çözünürlüklü QuickBird görüntüsü için Dijital Globe firmasından sayın Greg Knoblauch'a ve sayın Melanie Rowe'a çok teşekkür ederim

Arazi çalışması sırasındaki katkılarından dolayı sayın Bnb. Dr. Ali ULUBAY'a ve sayın Yrd. Doç. Dr. Coşkun Özkan'a, çalışma için gerekli olan 1/5000 ölçekli ortofoto haritalarının sağlanmasındaki katkılarından dolayı sayın Yük. Müh. Erol YAĞIZ'a, GPS ölçümlerindeki katkılarından ve yardımlarından dolayı Araş. Gör. Caner GÜNEY'e çok teşekkür ederim

Bu tez çalışmasında emekleri çok büyük sevgili arkadaşlarımla Y. Müh. Damla UÇA'ya ve Y. Müh. Gökhan ÖZDEN'e her türlü yardımları ve destekleri için sonsuz teşekkürleri sunarım

Ayrıca maddi, manevi her zaman desteklerini esirgemeyen sevgili annem Nesrin YAŞA'ya ve babam Kemal YAŞA'ya sonsuz teşekkür ederim

ARALIK 2004

FAZIL YAŞA

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. UZAKTAN ALGILAMANIN FİZİKSEL TEMELLERİ	3
2.1. Elektromanyetik Enerji	3
2.2. Elektromanyetik Spektrum	5
2.3. Elektromanyetik Enerjinin Atmosferle Etkileşimi	6
2.3.1. Atmosferik saçılma	6
2.3.2. Atmosferik yutulma	7
2.3.3. Atmosfer pencereleri	7
2.4. Gsi nlerin Spektral Karakteristikleri	8
2.4.1. Btki örtüsünün spektral karakteristikleri	9
2.4.2. Zeminlerin spektral karakteristikleri	10
2.4.3. Suyun spektral karakteristikleri	11
3. UZAKTAN ALGILAMA UYDU SİSTEMLERİ	12
3.1. Uydu Sistemleri	12
3.2. Düşük ve Orta Çözünürlüklü Uydu Verileri	13
3.2.1. NOAA uydusu	13
3.2.2. MODIS uydusu	14
3.2.3. Landsat uydu sistemi	15
3.2.4. SPOT uydu sistemi	17
3.2.5. Düşük çözünürlüklü uyduların kullanımları	18
3.3. Yüksek Çözünürlüklü Uydu Verileri	19
3.3.1. SPOT 5 uydu sistemi	19
3.3.2. Ikonos uydu sistemi	20
3.3.3. QuickBird uydu sistemi	24
3.3.4. Yüksek çözünürlüklü uydu verilerinin kullanımları	27
4. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ	28
4.2. Çözünürlük	29
4.2.1. Spektral çözünürlük	30
4.2.2. Uzaysal çözünürlük	30
4.2.3. Radyometrik çözünürlük	30
4.2.4. Zamanısal çözünürlük	30
4.3. Dijital Görüntü Zenginleştirme	31

4.3.1. Kontrast arttırma	31
4.3.2. Filtreleme	32
4.3.3. Gri görünümleri düştürme	32
4.4. Geometrik Düzeltme	33
4.4.1. Genel adımlar	33
4.4.2. Geometrik düzeltmenin dezavantajları	34
4.4.3. Geometrik düzeltme aşamaları	34
4.4.3.1. Yer kontrol noktalarının tespiti	34
4.4.3.2. Dönüştürme dereceleri	35
4.4.3.3. Dönüşüm matrisi	35
4.4.4. Lineer dönüşümler	35
4.4.5. Lineer olmayan dönüşümler	36
4.4.6. Yüksek derece polinom dönüşümü	37
4.4.7. Karesel ortalama hata	37
4.4.8. Yeniden örnekleme yöntemleri	38
4.4.8.1. En yakın komşu yöntemi	38
4.4.8.2. Biliyer interpolasyon yöntemi	39
4.4.8.3. Küçük katlama yöntemi	40
4.5. Görüntülerdeki Hata Kaynakları ve Düzeltmesi	41
4.5.1. Radyometrik hatalar ve düzeltmesi	42
4.5.2. Geometrik hata kaynakları	42
4.5.2.1. Sistematik hatalar	42
4.5.2.2. Sistematik olmayan (rastgele) hatalar	47
5. GPS ile Konum Belirleme	48
5.1. Giriş	48
5.2. GPS ile Konum Belirleme	50
5.3. GPS ile Konum Belirlemede Kullanıcı Seviyeleri	53
5.4. Mutlak Konum Belirleme	54
5.5. Rölatif Konum Belirleme	55
5.5.1. Statik ölçü yöntemi	56
5.5.2. Hızlı-Statik ölçü yöntemi	57
5.5.3. Dur-Git ölçü yöntemi	58
5.5.4. Kinematik ölçü yöntemi	59
5.5.5. Tekrarlı ölçü yöntemi	60
6. UYGULAMA	62
6.1. Çalışma Alanı	62
6.2. Çalışmada Kullanılan Veriler	63
6.3. Hızlı-Statik GPS ile Elde Edilen YKNları ile Geometrik Kayıt	64
6.4. El GPS ile Elde Edilen YKNları ile Geometrik Kayıt	67
6.5. Gtoto haritalardan Seçilen YKNları ile Geometrik Kayıt	69
6.6. Geometrik Doğruluk Analizi	71
7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	78
KAYNAKLAR	80
ÖZGEÇMİŞ	82

KI SALT MALAR

GPS	: Global Positioning System
GCP	: Ground Control Point
UTM	: Universal Transverse Mercator
GPS	: Global Positioning System
NAVSTAR	: Navigation System with Time and Ranging
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration
AVHRR	: Advanced Very High Resolution Radiometer
MODIS	: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
MSS	: Multi Spectral Scanner
ETM+	: Enhanced Thematic Mapper plus
TM	: Thematic Mapper
SPOT	: Satellite Probatoire L'observation de la Terre
CNES	: Centre National d'Etudes Spatiales
HRV	: High Resolution Visible
HRVIR	: High Resolution Visible Infrared
VM	: Vegetation Monitoring Instrument
HRG	: High Resolution Geometric
PAN	: Pankromatik
AGA	: Anlık Görüş Alanı
YKN	: Yer Kontrol Noktası
LANDSAT	: Land Satellite
RMS	: Root Mean Square
WAAS	: Wide Area Augmentation System
PDOP	: Position Dilution of Precision

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1	Uzaktan algılamada kullanılan spektral bölgeler..... 6
Tablo 3.1	NOAA 11 uydusu teknik özellikleri..... 13
Tablo 3.2	AVHRR algılayıcı sistemi nin özellikleri..... 14
Tablo 3.3	Terra MODIS ve Aqua MODIS uydularının teknik özellikleri..... 14
Tablo 3.4	Landsat uydularının kronolojik yapısı..... 16
Tablo 3.5	Landsat- MMS, Landsat-TM ve Landsat ETM+’ nin özellikleri 16
Tablo 3.6	Spot uydularının teknik özellikleri..... 18
Tablo 3.7	Spot 5 uydusunun teknik özellikleri..... 19
Tablo 3.8	Spot 5 uydusunun yüksek çözünürlüklü algılayıcısının teknik özellikleri..... 20
Tablo 3.9	Ikonos uydu platform özellikleri..... 21
Tablo 3.10	Ikonos uydu yörünge özellikleri..... 21
Tablo 3.11	Ikonos uydusu algılayıcı özellikleri..... 22
Tablo 3.12	QuickBird uydusunun özellikleri..... 24
Tablo 3.13	QuickBird uydusunun spektral, uzaysal ve radyometrik çözünürlükleri..... 25
Tablo 4.1	Farklı uzaktan algılama sistemleri için zamsal çözünürlük..... 31
Tablo 4.2	Farklı çözünürlükteki uydu görüntülerinin uzaysal çözünürlükleri ve uygulama alanları..... 31
Tablo 4.3	Dönüşüm derecelerine göre minimum YKN’ si sayısı..... 36
Tablo 5.1	Leica system 300 GPS ölçme aletinin teknik özellikleri..... 49
Tablo 5.2	Garmin eTrex summit el GPS’ inin teknik özellikleri..... 50
Tablo 5.3	Uydu sayısı ve ölçü süresi arasındaki ilişki..... 58
Tablo 5.4	Ölçü yöntemlerinde elde edilebilecek doğruluklar..... 61
Tablo 6.1	Kullanılan uydu görüntülerinin özellikleri..... 64
Tablo 6.2	Çalışmada kullanılan ortofoto haritaları..... 64
Tablo 6.3	Hızlı-statik GPS yöntemi ile Ölçülen YKN’ larının sağı, yukarı değerleri ve karesel ortalama hataları..... 65
Tablo 6.4	Hızlı-Statik GPS tekniği kullanılarak belirlenen YKN’ ları ile yapılan dönüşümler sonrası elde edilen doğruluklar..... 67
Tablo 6.5	El GPS ölçme tekniği kullanılarak belirlenen YKN’ ları ile yapılan dönüşüm sonrası elde edilen doğruluklar..... 69
Tablo 6.6	Ortoto haritalar kullanılarak belirlenen YKN’ ları ile yapılan dönüşümler sonrası elde edilen doğruluklar..... 70
Tablo 6.7	Yersel ölçmeler..... 73
Tablo 6.8	Üç farklı yöntem kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiş görüntülerden hesaplanan refüj uzunluğuna ait doğruluk analizi. 74
Tablo 6.9	Üç farklı yöntem kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiş görüntülerden hesaplanan Güzelce iskelesinin uzunluğuna ait

	doğruluk analizi.....	75
Tablo 6 10	Üç farklı yöntem kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiş QuickBird ve Ikonos görüntülerinden hesaplanan yüzme havuzu alanına ait doğruluk analizi.....	76
Tablo 6 11	Üç farklı yöntem kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiş QuickBird ve Ikonos görüntülerinden hesaplanan Tepekent sitesinde oluşturulan üçgen alanına ait doğruluk analizi.....	77

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2 1 : Elektromanyetik enerjinin dalga karakteri.....	4
Şekil 2 2 : Elektromanyetik spektrum.....	5
Şekil 2 3 : Atmosfer pencereleri.....	8
Şekil 2 4 : Gsi nlerin spektral yansıtı meğrileri.....	9
Şekil 3 1 : Uydu sistemleri.....	12
Şekil 3 2 : Ikonos uydusu	20
Şekil 3 3 : QuickBird uydusu.....	24
Şekil 4 1 : Görüntü elemanı (piksel).....	29
Şekil 4 2 : Polinomeğrisi ve yer kontrol noktaları	35
Şekil 4 3 : En yakın komşuluk yöntemi	38
Şekil 4 4 : Bli neer enterpolasyon yöntemi	39
Şekil 4 5 : Kübi k katlama yöntemi	40
Şekil 4 6 : Tara ma eğli ğ hatası	42
Şekil 4 7 : Landsat MSS i çin sabit ve de ği şebilen ayna hızı kayaslama ları.....	43
Şekil 4 8 : Tara ma açısını n, sabit anlık görüş alanı nda piksel büyükl ü ğü.....	44
Şekil 4 9 : A ğı layıcı platfor mundaki hız de ği şikli ği ni n görüntü üzeri ne etki si.....	45
Şekil 4 10 : Enlemin bir fonksiyonu olarak yer yüzü dönüşünün görüntü üzeri ne etki si.....	46
Şekil 5 1 : Kullanılan GPS ölçme aletleri. (a) Garmin eTrex summit el GPS' si, (b) Leica system 300 GPS ölçme aleti.....	49
Şekil 5 2 : GPS ile konum belirleme.....	51
Şekil 5 3 : Tek bir uydudan tek bir alıcı ya uzaklık.....	52
Şekil 5 4 : İki uydu, iki alıcı uzaklığı.....	52
Şekil 5 5 : Üç uydu, üç alıcı uzaklığı.....	53
Şekil 5 6 : Mutlak konum belirleme.....	54
Şekil 5 7 : Röl atif konum belirleme.....	55
Şekil 5 8 : Statik ölçü yöntemi.....	57
Şekil 5 9 : Hızlı statik ölçü yöntemi.....	57
Şekil 5 10 : Dır- Gt ölçü yöntemi.....	59
Şekil 5 11 : Kine matik ölçü yöntemi.....	59
Şekil 6 1 : Çalışma alanı nın haritası ve uydu görüntüleri. (a) QuickBird görüntüsü, (b) Ikonos görüntüsü.....	63
Şekil 6 2 : Hızlı-statik GPS ölçme tekni ği ile (a) QuickBird görüntüsü üzeri nde seçilen 18 YKN (b) Ikonos görüntüsü üzeri nde seçilen 18 YKN.....	65
Şekil 6 3 : H GPS ölçme tekni ği ile (a) QuickBird görüntüsü üzeri nde seçilen 18 YKN (b) Ikonos görüntüsü üzeri nden seçilen 18 YKN.....	67

Şekil 6 4	: Ort ofoto haritalar ile (a) QuickBird görüntüsü üzerinde seçilen 18 YKN (b) Ikonos görüntüsü üzerinde seçilen 18 YKN.....	69
Şekil 6 5	: QuickBird görüntüsü üzerinden belirlenen test ölçümleri, (a) Tepekent bölgesinde oluşturulan bir üçgen alanı, (b) yüzme havuzu, (c) Güzelce iskelesi, (d) refüj.....	71
Şekil 6 6	: Ikonos görüntüsü üzerinden seçilen test ölçümleri, (a) Tepekent sitesinde oluşturulan üçgen alanı, (b) yüzme havuzu, (c) Güzelce iskelesi, (d) refüj.....	72

YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKTEKİ UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİK DOĞRULUKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, Space Imaging ve Digital Globe firmalarının pankromatik moddaki 1 m ve 0.61 m çözünürlüklü Ikonos ve QuickBird uydularını uzaya fırlatmasından sonra gerçekliğe kavuşmuştur. Bu durum şehir alanlarının klasik yöntemlerle üretilen hava fotogrametri tabanlı büyük ve orta ölçekli haritalarının yapısının değişmesine neden olmaktadır. Aynı zamanda bu uydular, iki ve üç boyutlu geometrik bilgiye sahip ürünler sağlamaktadır.

Geçtiğimiz yıllarda şehir bölgelerine ait yüksek hassasiyetteki dijital harita üretmek bilimadamları için önemli bir çalışmadır. Son on yıldır da yüksek doğrulukları ve esnek çalışma programları sayesinde harita üretiminde hava fotogrametrisinin kullanıma ağırlık verilmiştir. Fakat bu yöntemin eksikliği de uçuşun yapılmadığı bölgelerin haritalarının yapılmasıdır. Günümüz teknolojisi ise, orta ve düşük ölçekli haritaların yapımı için özel uçuş programından yoksun ve devamlı algılayan yüksek çözünürlüklü uydular mevcuttur.

İki boyutlu dönüşüm modelleri arasında, polinomial, benzerlik, affin ve projektif dönüşüm modelleri gösterilmektedir. Bu tez çalışmasında çoğu uzaktan algılama programlarında mevcut olan iki boyutlu polinomial dönüşüm modeli uygulanmıştır.

Birinci bölümde, uzaktan algılama biliminin teknolojik gelişmesinden ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin şehir alanlarının gelişmesindeki öneminden bahsedilmektedir.

İkinci bölümde, elektromanyetik enerji ve elektromanyetik spektrumdan, elektromanyetik enerjinin atmosferle olan etkileşiminden ve bazı objelerin spektral karakteristiklerinden bahsedilmektedir.

Üçüncü bölümde, düşük, orta ve yüksek çözünürlüklü uydu sistemleri ve bunların algılayıcı karakteristikleri açıklanmaktadır.

Dördüncü bölümde, dijital görüntü işleme ve görüntü zenginleştirme tekniklerinden, ayrıca, geometrik kayıt ve görüntülerde oluşan hata kaynaklarından ve bunların iyileştirme tekniklerinden bahsedilmektedir.

Beşinci bölümde, global konum belirleme (GPS) sisteminin tanımı, GPS'in kullanıcı seviyeleri ve GPS ile konum belirleme ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Altıncı bölümtezin uygulama kısmıdır. Uygulama alanı, Büyükçekmece ilçesi içinde olan Kumburgaz beldesinin ve Türekoba köyünün bir kısmını içermektedir. Bu çalışmada uzaktan algılama verisi olarak pankromatik moddaki 2001 tarihli Ikonos ve 2003 tarihli QuickBird yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılmıştır. Ayrıca, 1996 tarihli sayısal ortofotolar ve geometrik kayıt işlemi için gerekli olan Leica System 300 GPS alıcısı ve Garmin eTrex Summit marka el GPS'i yer kontrol noktası toplanması sırasında kullanılmıştır. Bu uygulamada hızlı-statik GPS ölçmesi temel bilgi kaynağı olarak ele alınmıştır. Bu işlemler sırasında iki adet GPS alıcısı sabit noktalarda (biri İ. T. Ü İnşaat Fakültesi çatısındaki IGS-ISTA daimi istasyon noktası, diğeri çalışma bölgesinde belirlenen bir nirengi noktası) veri toplanırken, bir gezici GPS alıcı ile önceden belirlenen yer kontrol noktalarının veri toplanmaktadır. Noktaların X, Y ve Z koordinatları, 5 saniyelik aralıklarla bir noktada 5 dakika durularak ve her nokta için en az 60 epok toplanarak kaydedilmiştir. Ölçüm sırasında GPS alıcılarının en az 4 adet uydu gözlemlemesine dikkat edilmiştir. En çok ölçüm yapılan objeler, bölgedeki iskeleler, büyük binaların köşeleri ve parsel köşeleri alınmıştır. Daha sonra toplanan veriler bilgisayar ortamına aktarılarak, SKI-Pro GPS verilerini değerlendirme programında yer kontrol noktalarının UTM koordinatları elde edilmiştir. İkinci arazi çalışmasında ise, el GPS'i kullanılarak seçilen yer kontrol noktalarında en az 5 dakika ölçüm yapılarak noktaların UTM koordinatları arazi de otomatik olarak kaydedilmiştir. Üçüncü veri toplama metodu olarak 1/5000 ölçekli sayısal ortofotolardan aynı yer kontrol noktaları tespit edilmiş ve koordinatları kaydedilmiştir. Farklı ölçme teknikleri kullanılarak elde edilen yer kontrol noktalarının UTM koordinatları ED 50 (European 1950) datumunda elde edilmiştir.

Geometrik kayıt işleminden sonra, görüntülerin geometrik doğruluk analizleri noktasal ve uzunluk temelinde yapılmıştır. İki görüntüden elde edilen sayısal karşılaştırma sonuçları, yersel ölçülerle karşılaştırılmıştır. Uzunluk değerleri olarak Güzelce beldesi içindeki bir yolun ortasındaki refüj uzunluğu ve yine Güzelce li nandaki iskelenin uzunluğu alınmıştır. Alan değerleri olarak, Güzelce Jandarma dinlenme tesisleri içerisinde olan bir yüzme havuzunun alanı seçilmiştir.

Ayrıca Tepekent sitesinin sayısal proje haritasından, AutoCAD program ortamında oluşturulan bir üçgen alanı da alansal bir değer olarak karşılaştırma için alınmıştır.

Bu çalışmanın son bölümünde uygulama sonucu elde edilen sonuçların değerlendirilmesi yer almaktadır. Sonuçlara göre, iki uzunluk ölçmesinin en doğru sonuçları QuickBird görüntüsünün hızlı-statik GPS tekniği ile toplanan 18 yer kontrol noktasının 1. derece dönüşümü sonrasında bulunmuş ve el GPS ölçmesi kullanılarak toplanan 18 yer kontrol noktasının 2. derece dönüşümü sonrasında bulunduğu elde edilmiştir.

Alan karşılaştırmalarının sonucunda en doğru sonucu Ikonos görüntüsünün ortofotolar kullanılarak toplanan 18 yer kontrol noktasının 2. derece dönüşümü sonrasında ve hızlı-statik GPS ölçme tekniği kullanılarak toplanan 9 yer kontrol noktasının 1. derece dönüşümü sonrasında ve el GPS ölçme tekniği ile toplanan 9 yer kontrol noktasının 1. derece dönüşümü sonrasında verdiği görülmüştür.

THE GEOMETRIC ACCURACY COMPARISON OF HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES

SUMMARY

High resolution images have become a reality after Space Imaging and Digital Globe launched their Ikonos and QuickBird satellites with 1 m and 0.61 m resolution respectively in panchromatic mode. This may change the ordinary concepts of producing large and medium scale maps especially for urban areas, which is now based on aerial photographs. These satellites promise timely and highly automated generation of two and three dimensional spatial information products.

Precise digital maps for urban areas from satellite imagery are one of the main goals for researchers in the last years. For last decades, airborne photography is the primary technique employed in producing national map products due to its high accuracy and flexible schedule. However, it can not map areas where airplanes can not reach and its mapping frequency is constrained by the limits of flight planning. Now with the high-resolution satellites era, accuracy required by medium and small-scale maps are achievable with the possibility to frequently map area without the special flight planning and scheduling required using aerial photographs.

For 2D transformation models, many models can be considered, such as polynomials, similarity, affine and projective models. In this thesis, only polynomial transformation model was used due to its simplicity and availability within the most of the remote sensing software packages.

In the first chapter, the technological developments on the science of remote sensing and the importance of high resolution imagery for the urban development and management have been given.

In the second chapter, related information about the electromagnetic energy and electromagnetic spectrum, moreover; the effectiveness of electromagnetic energy with the atmosphere, and the spectral characteristics of the objects have been given.

In the third chapter, the remote sensing satellite systems, low medium and high resolution satellites and their sensor system characteristics have been explained.

In the fourth chapter, the digital image processing and image enhancement techniques, besides, the geometric registration, the sources of error in the images and the recovery techniques have been explained.

In the fifth chapter, the definition of the Global Positioning System (GPS), user levels and the position determination have been explained in detail.

In the sixth chapter is the application part of the thesis. The study area covers partly the Kumburgaz sub district and Türkoba village, in the Büyükçekmece district, İstanbul. In this study, high resolution images of Ikonos and QuickBird, dated 2001 and 2003 in panchromatic band were used as remotely sensed data. Besides, the digitized 1/5000 scaled orthophotos dated 1996, Leica System 300 GPS receiver and Garmin eTrex summit pocket GPS data were used to collect the ground control points (GCPs) required in the rectification process. Rapid static GPS survey was the base information source for this application. While two stable GPS receiver were collecting data on the known stations, which one of them was IGS-ISTA permanent station in the İstanbul Technical University and the other was a triangulation point determined in the study area; one rover GPS receiver was used to measure the coordinates of the GCPs selected. Measures of X, Y and Z coordinates were recorded at 5 sec intervals for about 5 minutes with at least four satellites availability for each point. Most of the observed points are wharves, buildings and parcels corners. Then, these collected GPS data were transferred to computer and their UTM coordinates were calculated about cm accuracy by using Ski-Pro GPS data processing software. The second field survey was conducted with pocket GPS and UTM coordinates of the selected GCP's were gathered and recorded automatically. As a third data collection method, the same GCPs were selected from the digitized 1/5000 scaled orthophotos. All the coordinates obtained from different techniques calculated in UTM projection system in ED50 (European Datum 1950).

After the rectification process, geometric accuracy analyses of images was tested with ground truth measurements as areal extents and lengths. Manually digitized areas and lengths measurements in two images were compared with the ones measured in the field. As lengths, a refuge in the middle of the road and the length of Güzelce wharf were selected; as an areal extent, a swimming pool in the Güzelce gendarmerie yard was selected.

Besides, a triangle established in the map of Tepekent residence site and its areal extent was also calculated by AutoCAD software.

The final evaluation of the application chapter has been given in the last part of the thesis. From the results obtained, the most correct result of two length measurements were determined in the QuickBird image which were rectified by 1st degree transformation using rapid-static GPS measurement technique with 18 GCPs and using hand GPS measurement technique with 18 GCPs in 2nd degree transformation. In the comparisons of two areal extents, the most correct results were found from the Ikonos image which were rectified using orthophotos with 18 GCPs and 2nd transformation degree and using rapid static GPS and hand GPS measurement technique with 9 GCPs.

1. GİRİŞ

Gelişmiş ülkelerdeki nüfusun %70'i şehir alanlarında yaşamaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ise şehir alanlarına göç artarak devam etmektedir ve günümüzde bu oran maksimum %85'e kadar yükselmiştir [1].

Şehirlerin büyümelerine ve geniş metropoliten bölgelerde insan nüfusunun yoğunlaşmasına bağlı olarak toplumun karşı karşıya geldiği sorunlar daha çarpıcı bir problem olarak algılanmaya başlanmıştır. Gerek artmakta olan kentsel yayılma sonucunda metropoliten şehirler, doğal bitkisel örtünün kaybolması, sulak alanların azalması, doğal yaşamın ve tarımsal alanların yok olması problemleriyle karşı karşıya kalmaktadır [2].

Şehirlerdeki bu hızlı değişimlere ve plansız gelişmelere karşı önlem alabilmek için şehir alanlarından sürekli veri toplamak gerekmektedir [1].

Hızlı şehirleşme sonucu ortaya çıkan sorunların çözümünde fotogrametri ve uzaktan algılama tekniklerinden de yararlanılmaktadır. Tarihsel geçmişleri oldukça yeni olan bu iki bilimsel, gelişme süreçleri içerisinde de zaman zaman birbirlerini içinde, zaman zaman da birbirlerinden bağımsız olarak nitelendirilmişlerdir [3].

Günümüzde kullanılan yaygın tekniklerden arazi ölçmesi veya hava fotogrametrisinin kullanımı hempara hemde zaman kaybına yol açmaktadır. Günümüzde geniş alanların arazi kullanımı hakkında hızlı ve detaylı bilgi almak için uzaktan algılama teknolojisiinden faydalanmak gerekmektedir. Eylül 1999'da Ikonos'un, Ekim 2001'de ise QuickBird uydularının başarıyla uzaya fırlatılması uzaktan algılama açısından yeni bir dönemin başlamasına neden olmuştur. Bu yüksek çözünürlüklü uydular (Ikonos 1 m QuickBird 0.6 m) 0.2-0.3 m çözünürlüğe sahip hava fotoğraflarının yerini hala alamamış olmasına rağmen görüntü uzaysal çözünürlüklerindeki bu gelişmeler uzaktan algılananın uygulama alanlarını daha da genişletmiştir.

Örneğin şehir planlama, hava fotoğraflarıyla entegrasyon, dijital arazi modeli oluşturma ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) için kartografik veri üretme işlemleri gibi. Şehir planlığı açısından pankromatik 1 m – 0.6 cm ile çok spektrumlu 4 m ve 2.8 mikrometresal çözünürlüklü bu görüntüler uzaktan algılamanın gelişmesini daha da kanıqlanmaktadır [4].

Bu yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri içerdikleri bazı distorsiyonlardan ötürü herhangi bir CBS içinde doğrudan bir harita olarak kullanılamamaktadırlar. Bu distorsiyonlar, radyometrik distorsiyonlar, algılayıcı iç geometrisi, bazı algılayıcı ve optik yetersizlikler, görüş geometrisi ve arazi rölyefinden kaynaklanmaktadır. Bunlara ek olarak kullanılan projeksiyon tipine bağlı distorsiyonlar da oluşabilmektedir. Uygulamalarda data entegrasyonu sırasında görüntülerin radyometrik ve geometrik olarak düzeltilmiş olmaları gerekmektedir. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin geometrik düzeltmeleri, orbitografi, fotogrametri, jeodezi ve kartografya ile ilişkili karmaşık matematiksel fonksiyonlara dayanılarak yapılmaktadır [5].

Yüksek çözünürlüklü görüntülerin geometrik düzeltmeleri hem 2-boyutlu/3-boyutlu parametrik olmayan modellerle hem de 3-boyutlu parametrik modellerle yapılmaktadır. Her ne kadar 2-boyutlu parametrik olmayan modelde arazi rölyefinden kaynaklanan distorsiyonlar hesaba katılmasa da 3-boyutlu modelden daha az sayıda yer kontrol noktası ve daha basit matematiksel eşitliklerle geometrik düzeltme gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada, QuickBird ve Ikonos yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri iki boyutlu polinom eşitlikleri kullanılarak geometrik kayıt edilmiş ve bu görüntülerin geometrik doğruluk analizleri yapılmıştır. Görüntülerin geometrik dönüşümü için gerekli olan yer kontrol noktalarının toplanmasında hızlı-statik GPS ölçme tekniği, el GPS ölçme tekniği ve 1/5000 ölçekli ortofoto haritalar kullanılmıştır.

Geometrik doğruluk analizi için çalışma alanında hem uzunluk ölçümleri hem de alan ölçümleri yapılmıştır.

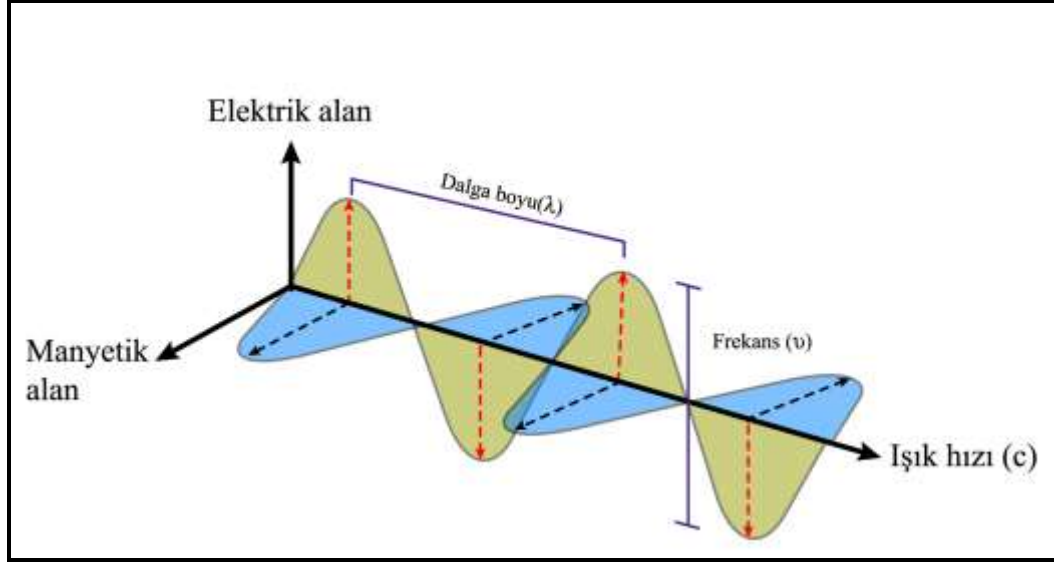
2 UZAKTAN ALGILAMANIN FİZİKSEL TEMELLERİ

2.1 Elektromanyetik Enerji

Uzaktan algılama, arada fiziksel bir temas olmaksızın cisimler hakkında bilgi toplanması bilimi olarak tanımlanmaktadır. Uzaktan algılamanın teknik temeli ise, yer yüzündeki cisimlerden yansıyan/yayılan elektromanyetik ışının, yer yüzeyinde, havada veya uzayda konumlandırılmış platformlara yerleştirilen çeşitli algılayıcı sistemler tarafından algılanarak yer yüzü kaynakları hakkında fotoğrafik ve/veya dijital formda görüntü verilerinin elde edilmesi [6].

Elektromanyetik enerji c ışık hızı ile harmonik dalgalar şeklinde hareket eden bütün enerji şekillerini kapsar. Harmonik dalgaların eşit ve periyodik bir şekilde oluklarını deyişmektedir. Görünen ışık elektromanyetik enerji şekillerinden sadece bir tanesidir. Radyo dalgaları, ısı, mor ötesi ve Xışınları diğer şekilleridir [7].

Elektromanyetik enerjinin yapısı 20. yy başlarına kadar uzun bir süre tartışılmış ve özellikle Planck ve Einstein'ın çalışmalarıyla sabit bir noktaya oturtulmuştur. Bu çalışmalar göstermiştir ki elektromanyetik enerji hem dalga hem de parçacık karakterlidir. Uzaktan algılamada enerjinin bu dualitesi bir paradoks değil aksine tam bir uygunluk gösterir. Zira enerjinin bu her iki karakterine de ihtiyaç duyulmaktadır. Elektromanyetik enerjinin dalga karakterleriyle elektromanyetik spektrum oluşturulur. Enerjinin parçacık karakterleriyle de elektromanyetik enerjinin yer yüzü materyalleri ve atmosferle olan etkileşimi açıklanır ve ortaya konur. Şekil 2.1'de birbirine dik olan M manyetik alan ve E elektrik alan düzlemleri gösterilmektedir [8].



Şekil 2 1: Elektromanyetik enerjinin dalga karakteri

Dalga boyu (λ), frekans (ν) ve genlik (A) enerjinin dalga karakterini ifade etmek için kullanılan parametrelerdir. Dalga boyu, birbirini takip eden dalga tepeleri arasındaki mesafedir. Frekans, belirli bir noktadan bir zamanda geçen dalga boyu sayısıdır. Genlik, dalganın ortalama konumundan olan maksimum açıdır. Periyot ise dalga formunun diğer bir ölçüm parametresi olarak belirli bir noktadan tam bir dalga boyunun geçmesi için gereken zamandır. Periyot ile frekans arasında;

$$T=1/f \quad (2.1)$$

ilişkisi vardır. Dalga formunda enerji miktarı, genliğin karesiyle doğru orantılıdır. Elektromanyetik enerjinin vakum ortamında hızı sabit olup ve 3×10^8 m/s'dir. Bu, c ile gösterilir ve;

$$c = \lambda \cdot \nu \quad (2.2)$$

eşitliği vardır. Dalga formunun taşıdığı enerji veya genliğinin karesi tek bir foton için;

$$E = h \cdot \nu \quad \nu = c/\lambda \quad \text{ve} \quad E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad (2.3)$$

dir. Burada h , Planck sabitidir. Elektromanyetik enerjinin cisimlerle olan etkileşimini parçacık formu olarak kuantum teorisi ile açıklanır ve yukarıdaki enerji denklemiyle formüle edilir. Burada da görüldüğü gibi dalga boyu ile frekans birbirlerinin yerlerine kullanılabilir ve ters orantılıdır. Dolayısıyla enerji de frekansla doğru orantılı olarak değişir. Böylece artan dalga boyuyla enerji de bir azalma gözlenir [8].

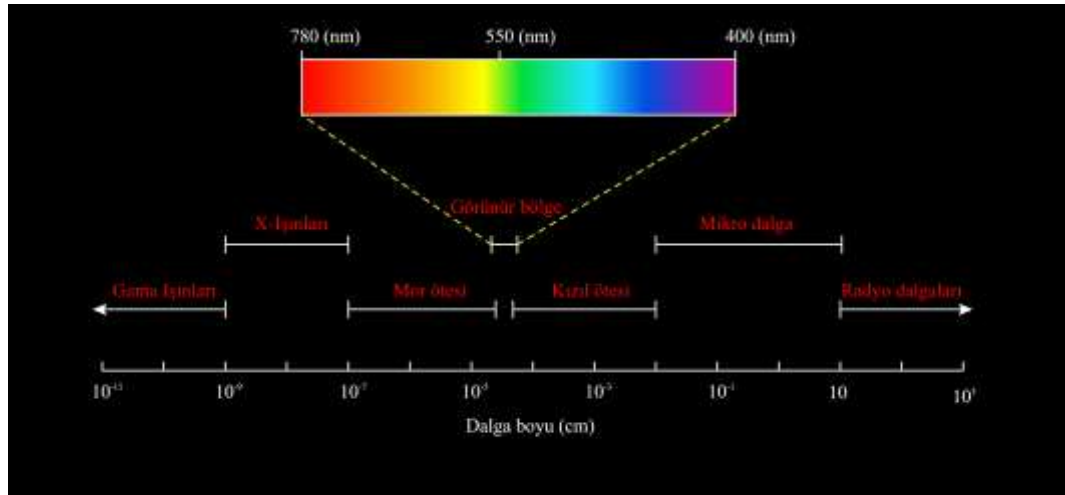
Elektromanyetik ışın maşağıdaki fiziksel olayların etkisinde kalır,

- Işın mgeiçirilir,
- Işın msoğurulur,
- Işın msaçılır,
- Işın myansıtılır.

Cismi ve enerji arasındaki bu ilişkiler uzaktan algılamanın temelini oluşturur [7].

2.2 Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik enerji spektrumu 10^{-10} μm dalga boylarından (koz mik ışınlar) 10^{10} μm dalga boylarına kadar (radyo dalgaları) kapsayacak şekilde göz önüne alınan sürekli bir enerji ortamıdır. Uzaktan algılamada özellikle 0.3-15 μm arasındaki optik dalga boyları ile 1 mm-1 m arasındaki mikrodalga bölgeleriyle ilgilenilmektedir. Şekil 2.2’de elektromanyetik spektrum gösterilmektedir.



Şekil 2.2: Elektromanyetik spektrum

Optik bölgede elektromanyetik enerji prezisyonlu toleranslarda üretilebilen aynalar ve mercekler gibi katı materyallerden yansıtılabilir ve kırılabilir. Optik bölgenin 0.38-3 μm arasındaki bölge yansıtıcı bölgedir. Bu dalga boylarında algılanan enerji öncelikle güneşten kaynaklanan ve yer yüzündeki cisimlerden yansıyan ışındır. Yansıtıcı bölge görünür (0.38-0.72) μm ve yansıtıcı (0.72-3) μm kırmızı ötesi bölgelere ayrılır. Yansıtıcı kırmızı ötesi bölge de yakın kırmızı ötesi (0.72-1.3) μm ve orta kırmızı ötesi (1.3-3) μm bölgelere ayrılır [9]. Tablo 2.1’de uzaktan algılamada kullanılan spektral bölgeler verilmiştir.

Tablo 2.1 Uzaktan algılamada kullanılan spektral bölgeler.

Spektral bölge	Dalga boyu aralığı (μm)	Işık kaynağı	İlgilenilen yüzey özelliği
Görünür (V)	0.4-0.7	Solar	Yansıtım
Yakın kızılötesi (NR)	0.7-1.1	Solar	Yansıtım
Kırsadalga kızılötesi (SWR)	1.1-1.35 1.4-1.8 2-2.5	Solar	Yansıtım
Ortadalgakızılötesi (MWR)	3-4 4.5-5	Solar, termal	Yansıtım Sıcaklık
Isıl kızılötesi (TIR)	8-9.5 10-14	Isıl	Sıcaklık
Mikro dalga, RADAR	1 mm-1 m	Isıl (pasif) Yapay (aktif)	Sıcaklık (pasif) Pürüzlülük (aktif) Nem miktarı (aktif)

2.3 Elektromanyetik Enerjinin Atmosferle Etkileşimi

Güneşten yayılan tüm radyasyon dünyaya ulaşmadan önce yoğun bir atmosferden geçmek zorundadır. Güneş enerjisi atmosferden geçerken bazı değişikliklere uğrar, yani zayıflar. Yer yüzüne ulaştığında bu enerjinin bir kısmı burada soğurulur, büyük bir kısmı da yansıyıp atmosferden geçerek algılayıcılara ulaşır. Fakat atmosferden bu geçişte yine atmosfer tarafından bir kez daha değişikliğe uğratılır [10].

Diğer bir deyişle algılayıcıların kaydettiği enerji iki kez değişikliğe uğramakta ve her defasında biraz daha azalmaktadır. Buna karşın yer yüzünün yaydığı enerji, algılayıcılara ulaşmadan önce yalnız bir kez, o da yukarı doğru çıkarken atmosferden geçişte değişikliğe uğramaktadır. Sonuçta doğal olarak güneşten gelen radyasyondan daha az değişikliğe uğratılmaktadır. Buna karşılık, yer yüzünden yayılan enerji, güneş enerjisine göre çok daha azdır ve bu enerjinin çok ya da az olması, enerjiyi yayan yer yüzünün fiziksel yapısıyla yakından ilgilidir [10].

2.3.1 Atmosferik Saçılma

Atmosfer, katı, sıvı, gaz ve aerosol, atom ve moleküller içerir. Küçük su damlacıklarının oluşturduğu sis ve bulutlar, bacalardan doğrudan havaya karışan küçük parçacıkların oluşturduğu duman ve atmosferin içerdiği buz parçacıkları birer

aerosol örneğidir. Işık halindeki güneş enerjisi dünyaya ışık olarak ulaşmadan önce atmosferden geçerken atmosferin içerdiği atom molekül ve aerosollar tarafından yansıtılmasıyla her yere doğru saçılır. Bu saçılmanın değeri atmosferde bulunan atom molekül ve küçük parçacıkların (aerosol) miktarına ve boyutlarına bağlıdır. Atmosferin içerdiği unsurların boyutlarının, görünen ışığın dalga boyuna göre, büyük (Seçici olmayan saçılma), küçük (Rayleigh) ve eşit (Mie saçılması) olduğu durumlarda değişik saçılmalar oluşmaktadır [10].

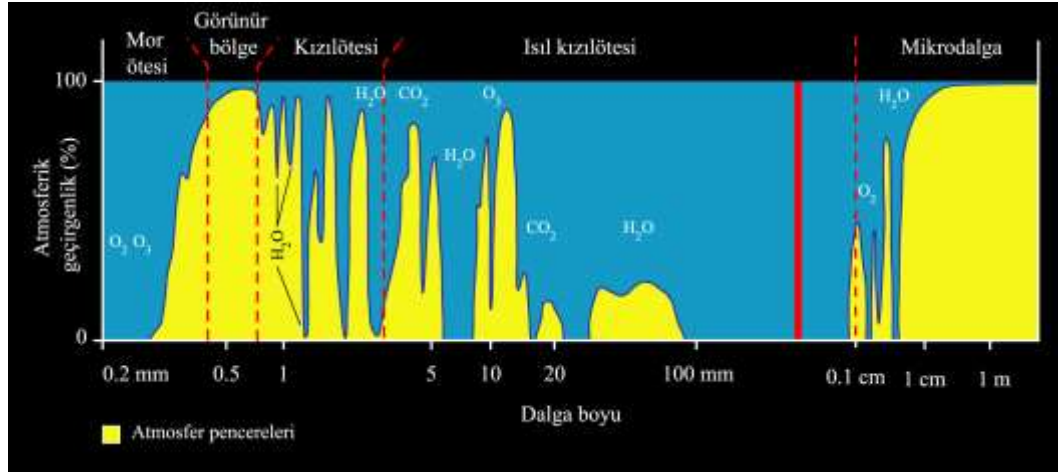
2.3.2. Atmosferik Yutulma

Atmosferin içinde büyük ölçüde su buharı, oksijen, karbondioksit ve metan gazları bulunur. Bu gazların tümü dönme ve titreşimler yoluyla elektromanyetik radyasyon ile etkileşerek bazı dalga boylarında enerjinin yutulmasına neden olurlar. Bu yutulma bantlarının genişliği, kısa dalga boylarında dar olmasına karşın kızılötesi, ultraviole ve mikrodalga bölgelerinde genişler. Görünür spektrumda ise yutulma çok zayıftır. Elektromanyetik spektrumun % 50'si algılamada kullanılmaz; çünkü yutulma bantlarında oluşan enerjinin hiçbirisi bu bantlardan geçerek atmosfere ulaşamaz [10].

Elektromanyetik spektrum, atmosferik yutulma tarafından belirlenen bantlarda bir nevi pencerelere ayrılmıştır. Bu atmosferik pencerelerin önceden bilinmesi, araştırma ve algılama planları için son derece önemlidir [10].

2.3.3. Atmosfer Pencereleri

Atmosfer pencereleri, elektromanyetik spektrumun radyasyonun geçmesine izin verdiği kısımlarıdır. Güneşten gelen radyasyon bu bölgelerden geçerek yer yüzüne ulaşır. Pencerelerin bulunduğu dalga boylarında radyasyon atmosferi geçmez ve yer yüzüne ulaşmaz. Belli başlı atmosferik pencereler; ultraviole (mor ötesi), görünen bölge, ısıl bölge, mikrodalga bölgelerinde bulunmaktadır. Şekil 2.3'te belli başlı atmosfer pencereleri verilmiştir [10].



Şekil 2.3: Atmosfer pencere grafik.

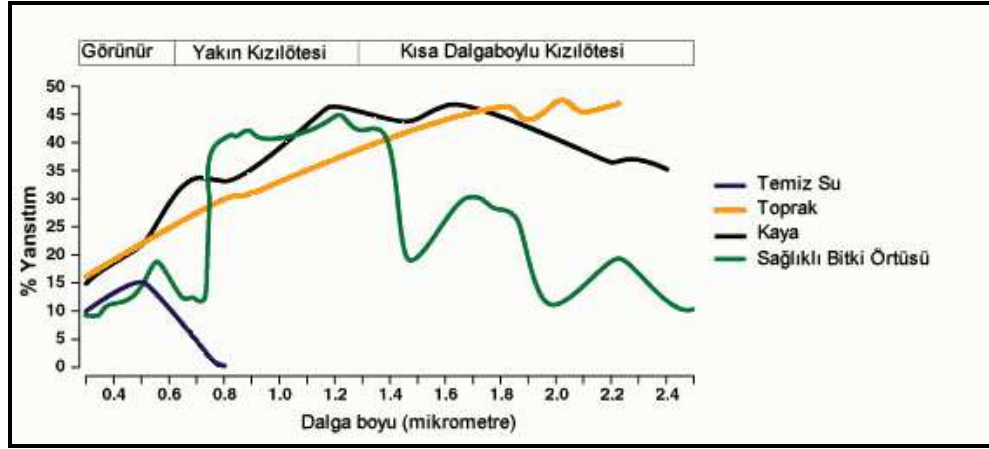
Uzaktan algılamada bant seçimi birinci derecede atmosferik pencerelere, ikinci derecede ise yapılacak uygulamaya türüne bağlıdır. Atmosfer, $400\text{ }\mu\text{m}$ den küçük olanlarla, $1\text{ }\mu\text{m}$ ni n üzerindeki radyasyonun çoğunu soğurur. Görünen dalga boylarının tümü bir pencere oluştururken kızılötesi dalga boyları yalnız belirli bölgelerinde pencereler içerir. Bu nedenle görünen, kızılötesi ve ısı dalga boyları uzaktan algılamaya içini deal bölgelerdir. $20\text{ }\mu\text{m}$ ile 10 m dalga boyları arasında fazla miktarda soğurulma oluşur. Böyle yüksek frekanslarda yansıyan ya da yayılan enerji miktarı çok az olsa da, bu dalga boylarında kendi enerjisini kullanarak algılamaya yapabilen mikrodalga algılayıcılarının varlığı, atmosfere bağlı olmaksızın gece ve gündüz bu dalga boylarında algılamaya yapılabilmesine olanak tanımaktadır [10].

2.4 Cisimlerin Spektrel Karakteristikleri

Cisimlerin yansıtma, yutulma ve geçirme özellikleri gerek fiziksel ve kimyasal özelliklere gerekse gelen ışının dalga boyuna bağlıdır. Görünür bölgede bu spektral değişimler “renk” olgusunun ortaya çıkmasına neden olur. Göz çeşitli cisimleri ayırt etmek için yansıyan enerjinin şiddetindeki değişikliklerden yararlanır. Her cisim üzerine gelen ışın farklı oranlarda yansıtır, yutar ya da geçirir. Spektral özelliklerinin değişiklik göstermesi yer yüzündeki cisimlerin tanımlanabilmelerinin en önemli nedeni dir [9].

Uzaktan algılama sistemleri esas olarak yansıtılan enerjinin esas olduğu dalga boyu bölgesinde çalıştığı için, cisimlerin yansıtma özellikleri çok önemlidir. Her cisim yansıtma bakımından farklı bir davranış gösterir [9].

İncelenen cisimlere ait spektral özelliklerini iyi bilmesi, uzaktan algılama verilerinden doğru bir şekilde yararlanılabilmesi açısından çok önemlidir. Şekil 2.4’de su, toprak, kaya ve bitki örtüsünün yansıtma eğrileri verilmiştir [9].



Şekil 2.4: Cisimlerin spektral yansıtma eğrileri.

2.4.1. Bitki Örtüsünün Spektral Karakteristikleri

Bitki yapraklarına gelen ışınımın bitki hücrelerinin karakteristiklerine göre yansıtılır, yutulur ve geçirilir. Yeşil bitki örtüsünün spektral yansıtma bitki cinsine bağlı olmaksızın yaprakların spektral yansıtması olarak 3 bölgede incelenir [11].

Görünür bölgede ($0.4-0.7 \mu m$) yaprakların pigmentasyonu dominant faktördür. Burada yansıtma, klorofil, karotene, ksantofil ve antosiyanin gibi yaprak pigmentleri tarafından kontrol edilir. Görünür spektrumun mavi ve kırmızı bölgelerinde yansıtma çok düşüktür. Çünkü yapraktaki klorofil yaklaşık olarak 0.45 ile $0.65 \mu m$ arasında merkezlenmiş bu dalga boyu bantlarında gelen enerjinin çoğunu yutmaktadır. İki klorofil yutma bandı arasındaki dalga boylarında bağlı bir yutma kaybı, yaklaşık $0.54 \mu m$ de bir yansıtma tepesi noktası oluşmasına neden olur ki bu yeşil dalga boyunun bulunduğu bölgedir [11].

Sağlıklı yeşil bitki örtüsü yakın kızılötesi bölgesinde ($0.7-1.3 \mu m$), görünür dalga boyları ile karşılaştığında çok yüksek yansıtma çok yüksek geçirgenlik ve çok düşük yutulma ile karakterize edilmektedir. Yakın kızılötesi bölgedeki yansıtma kontrol

altında tutan en önemli etken iç yapıdır. Yaprak yapısı bitki türleri için çok farklılık gösterdiği için, buna bağlı yansıtmaadaki farklılıklardan yararlanılarak türleri ayırt etmek mümkün olmaktadır. Ayrıca hücre yapısındaki herhangi bir bozulma veya değişiklik yansıtma özelliğini de değiştirdiğinden bitki hastalıklarını saptamak da kolaylaşmaktadır [11].

Orta kızılötesi bölgede ($1.3 - 2.7 \mu\text{m}$) ise bitkilerin su muhtevası spektral yansımaya etki eder. $1.4 \mu\text{m}$, $1.9 \mu\text{m}$ ve $2.7 \mu\text{m}$ yakınında oluşan güçlü su yutma bantları, yeşil bitki örtüsünün spektral duyarlılığında baskındır. Yansıtma eğrisi bu bölgelerde çukurluklar gösterir. Orta kızılötesi dalga boylarında yansıtma tepesi noktaları, su yutma bantları arasında, yaklaşık $1.6 \mu\text{m}$ ve $2.2 \mu\text{m}$ kalınlığı ile orantılıdır. Yaprakların nem muhtevası azaldıkça orta kızılötesi bölgesindeki yansıtma artar. Diğer taraftan yapraklar nem kaybettikçe, hücre yapılarında oluşan aşırı değişimler yakın kızılötesi yansıtma da etkiler [11].

2.4.2 Zeminlerin Spektral Özellikleri

Zeminlerin spektral karakteristikleri bitkilerinki kadar karmaşık değildir. Spektral eğrilerinin genel özelliği yansımamın artan dalga uzunluğu ile artmasıdır. Zeminler için sadece yansıtma ve yutma söz konusudur. Yansıtma özellikleri bakımından zeminin üst tabakalarının bileşimi önemlidir [9].

Zeminlerin yansıtma özellikleri şu faktörlere bağlıdır :

- Zeminin su muhtevası
- Zeminin oluşturan minerallerin cins ve miktarları
- Doku ve yüzey pürüzlülüğü
- Organik madde muhtevası

Genellikle bir zeminde su muhtevası arttıkça yansıtma özelliği azalır. Kuru bir zemin ıslak bir zemine göre daha fazla yansıtır ve bu nedenle de siyah-beyaz görüntüde daha açık renk tonunda gözükür [9].

Zemini oluşturan minerallerin cins ve miktarı da yutulma bantlarının oluşmasına neden olarak yansıtma özelliğini etkiler. Fazla miktarda organik madde içeren zeminlerin yansıtma özelliği azalır ve daha koyu renklere görünürler [9].

Diğer taraftan, kumlu ve kaba zeminlerde yansıtma özelliği çok fazladır. Ancak ince dokulu zeminlerin yansıtma özelliği azdır [9].

2.4.3 Suyun Spektrel Karakteristikleri

Suyun spektral yansıtması, bitki örtüsü ve zeminde olduğu gibi dalga uzunluğuna bağlı olarak değişiklikler gösterir. Görünür bölgede suyun yansıtması, su yüzeyinin durumu, suda bulunan askıdaki maddeler ve suyun içinde yer aldığı ortamın tabanı ile yakından ilgilidir. Suyun yutulması ve geçirgenliği ise su içinde bulunan organik ve organik olmayan maddelerin miktar ve büyüklüğüne bağlıdır. Suyun bulanık olması geçirgenliğin azalmasına, buna karşılık yansıtmanın artmasına neden olur. Bulanık su, temiz suya göre daha büyük dalga uzunluklarında yansıtır [9].

Eğer suyun üst seviyelerinde askıda bulunan sedimentler var ise, orada daha fazla yansıtma olacaktır ve suyun rengi daha açık tonlarda gözükcektir [9].

Suyun içinde bulunan klorofil miktarı da yansıtma özelliğini etkiler. Klorofil yoğunluğundaki artma, suyun mavi dalga uzunluklarındaki yansıtmanın azalmasına ve yeşil dalga uzunluklarındaki yansıtmanın artmasına neden olur. Böylece sudaki yosun varlığı ve yoğunluğu saptanabilir. Ayrıca görünür bölgedeki yansıtma verilerindeki değişimden yararlanılarak yağ, petrol, endüstri ve kanalizasyon atıkları gibi nedenlerle oluşan su kirlenmeleri belirlenebilir [9].

Suyun ışınımı yutma özelliği kızlötisi bölgede maksimum çıkar ve neredeyse gelen bütün ışınımı yutular. Yansıyan kızlötisi bölgede yansıtma çok az olduğundan suyu, zemin ve bitki örtüsünden koyu siyah rengi ile kolayca ayırt etmek ve sınırlanmak mümkün olabilmektedir [9].

3. UZAKTAN ALGILAMA UYDU SİSTEMLERİ

3.1. Uydu Sistemleri

Yer yüzünü gözleyen algılayıcı sistemleri taşıyan uyduların gelişimiyle, yer yüzeyi hakkında çok sayıda fotoğraflık ve diğer formlarda verilerin elde edilmesi sağlanmıştır. Bu veriler, yer yüzündeki çeşitli kaynakların araştırılması, çevre kirliliğinin izlenmesi ve azalan doğal kaynak stoklarını artırmak ve kentlerin düzenli büyümelemlerinin planlanması gibi çeşitli uygulamalarda kullanılabilir (Şekil 3.1), [12].



Şekil 3.1: Uydu sistemleri.

Uzaktan algılama çok hızlı gelişen bir teknolojidir. Özellikle bilgisayar destekli görüntü işleme teknikleri uzaktan algılamadaki birçok uygulamaya öncülük etmektedir. Artık bazı uydular otomobil kadar küçük bir objenin görüntüsünü sağlayacak çözünürlüğe sahip algılayıcı sistemleri taşımakta ve sürekli gelişen teknoloji, yakın gelecekte çözünürlüğün çok daha iyi olacağı izlenimini vermektedir [11].

Uydu görüntüleri iki kısma ayrılır :

- Pankromatik görüntü
- Çok spektrumlu görüntü

Pankromatik görüntü, elektromanyetik spektrumun tek bir bölgesindeki yansımanın kaydedildiği dijital görüntüdür. Bu tek bant genellikle görünür bölge ile yakın kızılötesi bölge arasında olmaktadır. Pankromatik veri, siyah-beyaz görüntü olarak elde edilmektedir [11].

Çok spektrumlu görüntü, birçok farklı banttaki yansımayı ölçen ve kaydeden algılayıcılar ile elde edilir. Örneğin bir grup algılayıcı yakın kızılötesinden yansıyan enerjiyi ölçerken, başka bir grup algılayıcı da görünür bölgeden yansıyan enerjiyi ölçmektedir. Böylelikle bu çoklu yansıma değerlerinin farklı kombinasyonu ile renkli görüntüler elde edilmektedir [11].

3.2 Düşük ve Orta Çözünürlüklü Uydu Verileri

3.2.1. NOAA Uydusu

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) kutupsal yörüngeli çevresel amaçlı uyduları (POES) ilk olarak 1978 yılında TIROS-N ile başlamıştır. Şu anda NOAA-9, 10, 12, 14, 17 uyduları kullanılmaktadır. AVHRR, elektromanyetik spektrumun görünür, yakın kızılötesi ve ısı kızılötesi bölgelerini içeren 4 veya 5 kanallı tarayıcı sistemdir [13]. NOAA 11 ve NOAA 14 uydularının teknik özellikleri Tablo 3.1’de, AVHRR algılayıcı sisteminin özellikleri ise Tablo 3.2’de gösterilmektedir.

Tablo 3.1: NOAA 11 uydusu teknik özellikleri.

Uydu adı	NOAA 11	NOAA 14
Fırlatılma tarihi	24 Eylül 1988	30 Aralık 1994
Tasarım ömrü	En az 2 yıl	En az 2 yıl
Toplam kütle	1479 kg	1030 kg
Yörünge özellikleri	Kutupsal Güneş eş-zamanlı	Kutupsal Güneş eş-zamanlı
Yörünge yüksekliği	En uzak: 870 km En yakın: 833 km	En uzak: 870 km En yakın: 833 km
Yörünge eğimi	98.9 derece	99.1 derece
Yörünge periyodu	102 dakika	102 dakika
Tekrarlama periyodu	1 gün	1 gün
Veri iletim hızı	665 Kbit/sn	665 Kbit/sn
Algılayıcıları	Geliştirilmiş çok yüksek çözünürlüklü radyometre (AVHRR)	Geliştirilmiş çok yüksek çözünürlüklü radyometre (AVHRR)

Tablo 3.2: AVHRR algılayıcı sisteminin özellikleri.

Spektral bölge	Bant no ve Bant genişliği (µm)	Uzaysal çözünürlük	Radyo metri k çözünürlük
Görünür Bölge	1 (0.58-0.68)	1.1 km	10 bit
Yakın Kızıl ötesi	2 (0.72-1.1)	1.1 km	10 bit
Orta Kızıl ötesi	3 (3.55-3.93)	1.1 km	10 bit
Uzak Kızıl ötesi	4 (10.3-11.3) 5 (11.5-12.5)	1.1 km	10 bit

3.2.2 MODIS Uydusu

MODIS (Moderate resolution imaging spectroradiometer), üzerinde Terra (EOS AM) ve Aqua (EOS AM) uydularını içeren bir uzay aracıdır. Terra uydusu sabahları kuzeyden güneye doğru geçerken, Aqua uydusu öğleden sonraları güneyden kuzeye doğru bir geçişe sahiptir. Terra MODIS ve Aqua MODIS uyduları dünya yüzeyini her 1-2 günde bir tarayarak, 36 spektral bantta veya dalga boylarında bilgi toplamaktadırlar. Bu bilgiler dünyanın dinamiğini ve karada okyanuslarda ve atmosferde oluşan bazı proseslerin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadırlar. MODIS, çevrenin korunmasıyla ilgili güvenilir kararların verilmesinde ve global değişimlerin doğru tahmin edilmesinde karar verici kurumlara büyük fayda sağlamaktadır [14]. Tablo 3.3'te Terra MODIS ve Aqua MODIS uydularının teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.3: Terra MODIS ve Aqua MODIS uydularının teknik özellikleri.

Yörünge yüksekliği	705 km
Uydu operatörü	NASA
Yörünge özelliği	Güneş eşzamanlı, yakın-kutupsal
Tarama şeridi boyutları	2300 km(Terra), 2330 km(Aqua)
Tarama oranı	20.3 rpm
Yörünge periyodu	96.5 dakika (Terra), 98.8 (Aqua)
Boyutları	1.0 x 1.6 x 1.0 m
Ağırlığı	228.7 kg
Gücü	162.5 W(tek bir yörünge için ortalama)
Uzaysal çözünürlük	250 m(bant 1-2) 500 m(bant 3-7) 1000 m(bant 8-36)
Radyo metri k çözünürlük	12 bit
Tasarım ömrü	6 yıl
Bilgi aktarım hızı	En yüksek 10.6 Mbps Yörünge ortalama 6.1 Mbps
Uydu geçiş zamanı	Yerel saatte 10:30 a.m(Terra), 01.30-06:30 veya 14.30-18:30 (Aqua)
Zamansal çözünürlük	16 gün

3.2.3 Landsat Uydu Sistemi

Landsat uydu sistemi, dünya etrafında yaklaşık kutupsal bir yörüngede dönen Landsat uyduları ile bu uydulardaki algılayıcılar tarafından elde edilen verilerin alındığı ve değerlendirildiği yer istasyonlarından oluşan sistemdir. NASA (U.S. National Aeronautics and Space Administration) tarafından değişik zamanlarda uzaya fırlatılan 7 uydudan oluşan sistemin temel amacı, yer yüzündeki kaynakların araştırılmasıdır [15].

Landsat program önceleri Amerikan Savunma Bakanlığı ve NASA sponsorluğunda, amacı dünya yörüngesinde dönen bir uydu sayesinde kesin olan kullanıma uygun bilgi sağlamak olan bir deneysel araştırma projesiydi. Bu bilgilerin gelecek kara ve okyanus gelişimine yönelik kullanılabilecek olmaları istenmekteydi. Landsat-1'den gelen verilerin çok değişik alanda, değişik kullanıcılar için de çok değerli olduğunun anlaşılmasından sonra program genele uygun hale getirilmiştir [15].

Landsat uyduları yeryüzünden ortalama 900 km uzaklığa sahiptir ve güneşle eş zamanlı hareket ederler. Dünya batıdan doğuya doğru döndüğü için her bölgenin görüntüsü aynı bölgesel saatte elde edilmektedir. Uydu dünya etrafında 1 günde 14.5 tur yapar. Uydudaki algılayıcılar 185 km genişliğindeki bir şeridi taradıklarından belirli bir gündeki yörüngeler arasında algılanmış büyük boşluklar kalırsa da, izleyen gündeki yörüngeler bir önceki ne göre batıya doğru az bir miktarda öteleme yaparak 16 günün sonunda yer kürenin 82° kuzey ve güney enlemleri arasında kalan kısmı tam olarak algılar [11].

Landsat sistemi, birçok uzaktan algılama uygulaması için yeterli uzaysal ve spektral çözünürlükteki ilke tekrarlı yeryüzü görüntü veri bankasının oluşturulmasını sağlamıştır. Uzaktan algılamanın bir bilimsel olarak kabul edilmesinde ve ilerlemesinde payı çok büyüktür. Landsat uydu sistemine ait kronolojik bilgiler Tablo 3.4'de, algılayıcı sistemlerine ait bilgiler ise Tablo 3.5'te ayrıntılı olarak verilmiştir [11].

Tablo 3.4: Landsat uydularının kronolojik yapısı.

Uydu	Fırlatılma tarihi	Algılama sistemi	Bugünkü durumu
Landsat 1	7-23-72	MSS	Yörünge dışı (6/1/78)
Landsat 2	1-22-75	MSS	Yörünge dışı (5/2/82)
Landsat 3	3-5-78	MSS	Yörünge dışı (31/3/83)
Landsat 4	7-16-82	MSS, TM	Yörünge dışı (15/6/01)
Landsat 5	3-1-84	MSS, TM	Yörüngede
Landsat 6	10-5-93	MSS, ETM+	Fırlatılma sırasında kaybedildi.
Landsat 7	4-15-99	ETM+	Yörüngede

Tablo 3.5 Landsat- MSS, Landsat- TM ve Landsat ETM+'nin özellikleri.

Bant #	LANDSAT- MSS		LANDSAT- TM		LANDSAT- ETM+	
	Dalgaboyu (λ)	Uzaysal çözünürlük (m)	Dalgaboyu (λ)	Uzaysal çözünürlük (m)	Dalgaboyu (λ)	Uzaysal çözünürlük (m)
1	Yeşil (0.5-0.6)	79	Mavi (0.45-0.53)	30	Mavi (0.45-0.515)	30
2	Kırmızı (0.6-0.7)	79	Yeşil (0.52-0.60)	30	Yeşil (0.525-0.605)	30
3	Yakın Kızlâtesi (0.7-0.8)	79	Kırmızı (0.63-0.69)	30	Kırmızı (0.63-0.69)	30
4	Yakın Kızlâtesi (0.8-0.9)	79	Yakın Kızlâtesi (0.76-0.90)	30	Yakın Kızlâtesi (0.75-0.90)	30
5			Orta Kızlâtesi (1.55-1.75)	30	Orta Kızlâtesi (1.55-1.75)	30
6			Isıl Kızlâtesi (10.40-12.50)	120	Isıl Kızlâtesi (10.40-12.50)	60
7			Orta Kızlâtesi (2.08-2.35)	30	Orta Kızlâtesi (2.09-2.35)	30
PAN					Pankromatik (0.52-0.90)	15

3.2.4 SPOT Uydu Sistemi

SPOT (Satellite Probatoire pour L' observation de la Terre) uydu dünya gözlem sistemi, yeryüzündeki doğal kaynakların saptanması amacıyla CNES (Centre National d' Etudes Spatiales) tarafından Fransa'da dizayn edilmiş, Belçika ve İsviçre'nin de katkılarıyla geliştirilmiştir. Sistem bir seri uzay aracının yanı sıra uydunun kontrolü ve programlanması, görüntü üretimi ve dağıtması için yer tesislerini içermektedir [16].

SPOT uyduları, 1986'dan beri topoğrafik haritalama için kullanışlı stereoskopik görüntüler üretmekte ve 100 m kadar küçük objeleri gösterebilen görüntüler sağlamaktadır. Yeryüzünden yaklaşık 822 km yükseklikte, kutuplardan geçen bir yörüngeden algılamak yapan uyduda, optik-elektronik HRV (High Resolution Visible) sistem tarayıcısı bulunmaktadır [16].

HRV tarayıcılarının her biri üç kanallı (0.5-0.59 μm 0.61-0.68 μm 0.79-0.89 μm) çok spektrumlu veya pankromatik (0.51-0.73 μm) algılamak yapabilmektedirler. Çok spektrumlu çalışma düzeninde sistemin çözünürlüğü 20 m olup, pankromatik düzende ise 10 m olmaktadır. Algılamak tarayıcının düşey konumunda 50 km genişliğinde iken düşeyden $\pm 27^\circ$ sapılması durumunda 80 km'lik genişlikte bir şerit algılanabilmektedir. İki algılayıcının algılamak eksenlerinin bu şekilde eğilendirilebilmesi, görüntülerin stereoskopik olarak algılanmasını mümkün kılmaktadır [7].

SPOT uydularının önemli özellikleri, yüksek çözünürlük, stereo görüntüleme ve farklı uygulamalar (kartografya, ziraat, çevre, toprak kullanımı vb.) için veri toplanmasına olanak sağlamalarıdır [17]. SPOT uydularının teknik özellikleri Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6: Spot uydularının teknik özellikleri.

Uydu	SPOT-1	SPOT-2	SPOT-3	SPOT-4
Fırlatılma tarihi	22 Şubat 1986	21 Ocak 1990	26 Ekim 1993	24 Mart 1998
Algılama sistemi	2 HRV *	2 HRV	2 HRV	2 HRV R **, VM ***
Yörüngesi	Kutupsal, güneşle eş-zamanlı	Kutupsal, güneşle eş-zamanlı	Kutupsal, güneşle eş-zamanlı	Kutupsal, güneşle eş-zamanlı
Zamansal çözünürlük	26 gün	26 gün	26 gün	26 gün
Spektral çözünürlük (Çok bantlı algılama)	HRV 0.5-0.59 μm 0.61-0.68 μm 0.79-0.89 μm	HRV 0.5-0.59 μm 0.61-0.68 μm 0.79-0.89 μm	HRV 0.5-0.59 μm 0.61-0.68 μm 0.79-0.89 μm	HRV R 0.61-0.68 μm 0.79-0.89 μm 1.58-0.75 μm VM 0.43-0.47 μm 0.50-3.59 μm 0.61-0.68 μm 0.79-0.89 μm 1.58-1.75 μm
Spektral çözünürlük (Pankromatik)	0.51-0.73 μm	0.51-0.73 μm	0.51-0.73 μm	0.61-0.68 μm
Uzaysal çözünürlük (Çok bantlı algılama)	20 m	20 m	20 m	20 m
Uzaysal çözünürlük (Pankromatik)	10 m	10 m	10 m	10 m
Tarama genişliği	60 km	60 km	60 km	60 km
Bugünkü durumu	Yörünge dışı (30/3/92)	Yörüngede	Yörünge dışı (14/11/96)	Yörüngede

*HRV (High Resolution Visible) : Yüksek çözünürlüklü görünür

**HRV R (High Resolution Visible Infrared) : Yüksek çözünürlüklü görünür kızıl ışıması

***VM (Vegetation Monitoring Instrument) : Bitki örtüsü gözleme algılayıcısı

3.2.5. Düşük ve Orta Çözünürlüklü Uyduların Kullanım Alanları

Bölüm 3.2’de açıklanan uydu sistemleri aşağıdaki uygulama alanlarında etkili ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

- Arazi kullanımı ve haritalaması
- Tarım ve Ormanlık
- Jeoloji
- Hidroloji
- Kıyı Kaynakları
- Çevre

Çarak sıralandırılabilir [11].

3.3. Yüksek Çözünürlüklü Uydu Verileri

3.3.1. SPOT 5 Uydu Sistemi

Spot 5 uydusu, CNES tarafından dizayn edilmiş ve Belçika ile İsveç tarafından birlikte geliştirilmiş yer yüzü gözlem uydusudur. Geniş görüş alanına sahip iken bile yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilebilmektedir. Çok spektrumlu modda uzaysal çözünürlük, ilk üç bantta (yeşil, kırmızı, yakın kızılötesi) 10 m, kısa kızılötesi bantta ise 20 m’dir. Pankromatik modda ise çözünürlük 5 m veya 2.5 m’dir. Tablo 3.12’de Spot 5 uydusunun genel özellikleri, Tablo 3.7’de Spot 5 uydusuna ait yüksek çözünürlüklü alglayıcısının özellikleri verilmiştir [18].

Tablo 3.7: Spot 5 uydusunun teknik özellikleri.

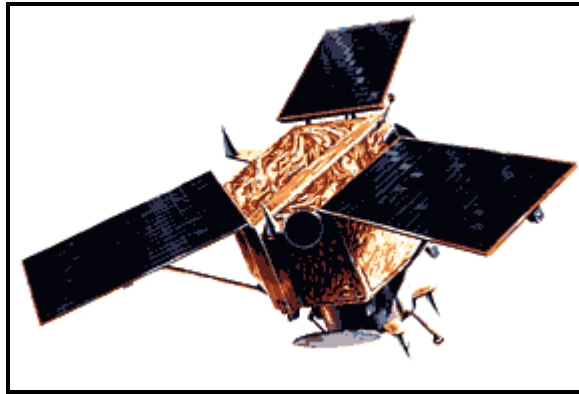
Uydu	Spot 5
Fırlatılma tarihi	4 Mayıs 2002
Fırlatılma aracı	Ariane 4
Yörünge	Güneş eşzamanlı
Yükseklik	822 km
Yörünge eğliğı	98.7 derece
Yörünge periyodu	101.4 dakika
Toplamağırlık	3000 kg

Tablo 3.8: Spot 5 uydusunun yüksek çözünürlüklü algılayıcısının teknik özellikleri.

Algılayıcı	2 HRG
Spektral bantlar ve çözünürlükleri	2 Pankromatik bant, 5 m ve 25 m 3 Çok Spektrumlu bant, 10 m 1 Kısa Kızılötesi bant, 20 m
Spektral aralık	P : 0.48 – 0.71 μm B1 (yeşil) : 0.50 – 0.59 μm B2 (kırmızı) : 0.61 – 0.68 μm B3 (yakın kızılötesi) : 0.78 – 0.89 μm B4 (kısa kızılötesi) : 1.58 – 1.75 μm
Tarama genişliği	60 km
Radyo metrik çözünürlük	8 bit

3.3.2 Ikonos Uydu Sistemi

Ikonos uydusu, 24 Eylül 1999’da uzaya fırlatılarak hizmete girmiştir. Yüksek çözünürlüğü, geometrik doğruluğu, harita bazlı olması ve çok bantlı oluşu gibi özellikleri ile uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri çalışmalarında bir devrim anlamına gelen bu görüntüler yeryüzünün herhangi bir noktasından 1 ila 3 günde bir alınabilmektedir [19]. Şekil 3.2’de Ikonos uydusu gösterilmektedir.



Şekil 3.2: Ikonos uydusu.

I KONOS uydusu 680 km yükseklikte 26,000 km/saat hızla ilerleyerek dünyayı 98 dakikada bir, güneşle eş zamanlı bir yörüngede dönmekte ve dünyanın çevresini günde 14 defa dolamaktadır. I KONOS uydusu izdüşümü boyunca 700 km eninde bir şerit

içinde 82 cm çözünürlükte görüntü alabilmektedir. Alınan asgari görüntü alanı 100 km alanında olup bir geçişte 10,000 km² ye kadar görüntü toplanabilmektedir [19]

Ikonos uydusunun topladığı 82 cm çözünürlüklü pankromatik görüntüler birbirinden en az 82 cm uzaklıktaki ve en az 82 cm boyutlarındaki objelerin ayırt edilmelerini sağlamaktadır. Görüntü doğruluğu ve yorumlanabilirliği bakımından haritalama ve analiz işlemleri için 82 cm pankromatik görüntüler ideal niteliktedir. Ikonos eş zamanlı olarak 4 metre çözünürlüklü çok bantlı görüntüler de toplamaktadır. 4 metre çok bantlı görüntülerin spektral içeriği çeşitli analiz ve uygulamalar için üstün nitelikli veri sağlamaktadır [19].

Uydu görüntülerinin yer kontrol noktalarıyla birlikte kullanımı, kesin yer tayini ve haritalama çalışmaları için kusursuz bir veri oluşturmaktadır. IKONOS uydusunun yüksek çözünürlüklü görüntüleri ile üretilmiş haritalar, değişik arazi özelliklerini göstermekte olup geleneksel vektör haritalardan çok daha fazla detay sunmaktadır. Ikonos alıcısı, ilgilenilen coğrafi koordinatlar doğrultusunda görüntü alma i rkanını sağlayan hareketli bir uzay aracı na sahip olup, uydunun platform yörünge ve alıcısı özellikleri Tablo 9, 10, ve 11’de verilmektedir [19].

Tablo 3.9: Ikonos uydu platform özellikleri.

Fırlatılma tarihi	24 Eylül 1999
Fırlatılma aracı	Atena II
Üretici firma	Lockheed Martin
Fırlatma merkezi	Vandenberg Hava Kuvvetleri Sahası, kaliforniya
Görüş açısı	Her yönde yüksek manevra kabiliyeti
Ağırlık	725 kg

Tablo 3.10: Ikonos uydu yörünge özellikleri.

Yerden yükseklik	423 mil/ 681kilometre
Eğilim	98.1 derece
Hız	Saniyede 4 mil / 7 kilometre
Alçalma zamanı	10:30 sabah
Yörünge zamanı	98 dakika
Yörünge tipi	Kutba yakını güneşle eş zamanlı

Tablo 3.11: Ikonos uydusu algılayıcı özellikleri.

Algılayıcılar	Pankromatik Çok Spektrumlu
Uzaysal Çözünürlük	Her görüntünün çözünürlüğü (izdüşümünden <26 derece uzaklıkta nominal) 1 metre pankromatik (tüm renklere duyarlı) ve (izdüşümünden <26 derece uzaklıkta nominal) 4 metre renklidir (birden fazla tayflı). Yer yüzü işleme programı tutarlı piksel yer yüzü örnek mesafesi (GSD) ile birlikte sorunsuz görüntü ürünleri ortaya çıkarmak için görüntüleri hızlı bir şekilde işlemektedir.
Spektral çözünürlük	Pankromatik 0.45 - 0.90 μ , Çok spektrumlu: (Landsat 4&5 TM Şeritleri #1-4 ile aynı) Bant 1: Mavi 0.45-0.52 μ m Bant 2: Yeşil 0.52-0.60 μ m Bant 3: Kırmızı 0.63-0.69 μ m Bant 4: Kızlötesi 0.76-0.90 μ m
Nominal görüntü şerit genişliği	11 km
Zamansal çözünürlük	1 metre çözünürlükte 2.9 gün; 1.5 metre çözünürlükte 1.5 gün. Bu değerler 40 derece enlemindeki hedef alanlar için geçerlidir. Uydunun yeniden aynı konuma gelmesi için geçen süre yüksek enlemlerde daha sık olurken ekvatoral yakın enlemlerde daha seyrek olmaktadır.
Görüş açısı	Hareketli uzay aracı - doğrudan izleme ve yan izleme
Radyometrik çözünürlük	11 - bit veya 8 - bit

Ikonos görüntüleri Geo, Ortorektifiye ve Stereo ürünler olmak üzere üç temel grup altında sağlanmaktadır.

Geo ürün, daha önceden belirlenmiş bir elipsoid ve harita projeksiyonuna göre geometrik olarak düzeltilmiş ve rektifiye edilmiştir. Rektifikasyon işlemi görüntüdeki geometrik hataları düzeltir ve belirlenen harita projeksiyonuna göre yeniden örneklenmektedir. Ikonos Geo ürünlerini istenilen elipsoid ve projeksiyon çeşidine göre tene yetenek de mümkündür. Bu ürün topoğrafyadan kaynaklanan ötelemeler hariç ± 25 metre (RMS : Root Mean Square) standart yatay doğruluğa sahiptir ve 82 cm pankromatik, 4 metre çok bantlı ve 82 cm çok bantlı-pankromatik seçenekleri ile sunulmaktadır. 82 cm çok bantlı-pankromatik görüntüler, 82 cm pankromatik verinin detay alansal içeriği ile çok bantlı 4 metre görüntü verilerinin renk içeriğini birleştirmektedir. Ikonos Geo, görüntü geometri modeli (kamera bilgileri) ile birlikte sunulduğundan, fotogrametrik uygulamalar ve ortorektifikasyon işlemi sayısal yükseklik modeli ile yapılabilir [19].

stereo ürün, içerik ve atmosferik bakımdan olumsuz etkilerin minimize edildiği, aynı yörünge geçişi sırasında toplanmaktadır. Stereo görüntüler epipolar projeksiyon sisteminde 82 cm çözünürlüğe örneklennmektedirler. Görüntü ile birlikte elde edilen görüntü geometri modeli (kamera bilgileri) veya oransal polinomial katsayıların görüntü birim elemanları ile yer yüzü arasındaki pozisyonel ilişkiyi tanımlamaktadır. Stereo görüntüler özellikle 3 boyutlu obje analizi için ideal olup, sayısal fotogrametri sistemler yardımıyla 3 boyutlu görüntülerden her türlü 3 boyutlu analizler ve sayısal yükseklik modelleri kolaylıkla oluşturulmaktadır [19].

Ikonos stereo ürünleri ± 12 m yatay (rms) ve 13 m dikey (rms) hassasiyete sahip Standart Stereo ve ± 1 m yatay (rms) ve ± 1.8 m dikey (rms) hassasiyete sahip Precision Stereo (yer kontrol noktası ile) olmak üzere iki farklı metrik doğrulukta sunulmaktadır [19].

Ortorektifiye ürünler, belirli bir elipsoid ve harita projeksiyonuna göre rektifiye edilmiş verileri kapsar. Ortorektifikasyon işlemi görüntü alanının sayısal yükseklik modelleri ve yer kontrol noktaları kullanılarak görüntüde algılama platformunun geometrisinden ve topoğrafyadan oluşan geometrik hataları düzeltir ve görüntüyü kullanıcı tanımlı harita projeksiyonuna göre yeniden örnekler. Bu ürün grubu dört farklı metrik doğruluk seviyesinde ve 82 cm pankromatik, 4 m çok bantlı ve 82 cm çok bantlı-pankromatik seçeneklerinde elde edilebilmektedir [19].

En yüksek koordinat doğruluğuna sahip olan Ikonos Precision Plus ve Ikonos Precision görüntü ürünleri yer kontrol noktaları ve sayısal yükseklik modeli kullanılarak elde edilmektedir. Diğer ortorektifiye ürünler için yer kontrol noktaları gerekmemektedir [19].

3.3.3 QuickBird Uydu Sistemi

Dijital Globe tarafından üretilmiş dünyanın en yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip uydusu QuickBird, 18 Ekim 2001 yılında Amerika'nın Kaliforniya eyaletinden uzaya fırlatılarak yörüngesine oturtulmuştur. QuickBird uydusu, çok spektrumlu ve pankromatik olarak görüntü toplayabilme özelliğine sahiptir, ayrıca keskin-pankromatik (Pan-Sharpned) görüntüler doğal renkli olarak veya kızılötesi bant kullanılarak elde edilebilmektedir [20]. Şekil 3.3'te QuickBird uydusu verilmiştir.



Şekil 3 3: QuickBird uydusu

QuickBird uydusu, yüksek çözünürlüklü ticari uydular arasında en geniş tarama genişliğine ve kendi üzerinde en büyük veri depolama yeteneğine sahip tek uydudur [20]. Tablo 3 12 ve 3 13de QuickBird uydusunun teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 3 12 : QuickBird uydusunun özellikleri.

Uydu adı	QUICKBIRD 2
İşletmecisi	Digital Globe
Fırlatılma tarihi	18 Ekim 2001
Tasarım ömrü	5 yıldan fazla
Toplam kütle	1314 kg
Uydunun boyutları	Uzunluk: 3.04 m
Yörünge özellikleri	Güneş Eş-Zamanlı
Yörünge yüksekliği	450 km
Yörünge eğimi	97.2 Derece
Yörünge periyodu	93.5 dakika
Tekrarlama periyodu	1-3.5 gün
Veri iletim hızı	320 Mbit/sn
Algılayıcılar	Çok spektrumlu Tarayıcı (MSS) Pankromatik Sensör (PAN)

Tablo 3 13: QuickBird uydusunun spektral, uzaysal ve radyometrik çözünürlükleri.

Spektral bölge	Bant no ve spektral çözünürlük (µm)	Uzaysal çözünürlük	Radyometrik çözünürlük
Görünür (Mavi)	1 (0.45-0.52)	2.44-2.88 m	11 bit
Görünür (Yeşil)	2 (0.52-0.60)	2.44-2.88 m	11 bit
Görünür (Kırmızı)	3 (0.63-0.69)	2.44-2.88 m	11 bit
Yakın kızılötesi	4 (0.76-0.90)	2.44-2.88 m	11 bit
Pankromatik	5 (0.52-0.90)	0.61-0.72 cm	11 bit

QuickBird görüntü ürünleri üç farklı ürün çeşidinde üretilmektedir, bunlar; temel görüntü, standart görüntü ve ortorektifiye ürünlerdir.

Temel görüntü, en az işlem görmüş görüntü olup kullanıcılara daha fazla görüntü işleme imkanı sunmaktadır. Temel görüntü, efemeris ve kamera bilgileri ile birlikte kullanıcıya ulaştırıldığı için, kullanıcının ortorektifikasyon bilgileri fotogrametrik işleme imkanı vermektedir. Temel görüntüler, radyometrik olarak düzeltilmişlerdir fakat herhangi bir kartografik projeksiyona göre geometrik olarak düzeltilmemişlerdir [20].

Temel görüntülerde pankromatik görüntü çözünürlüğü, nadir noktasında 61 cm olup, nadirden 25° uzakta görüntü çözünürlüğü 72 cm'ye ulaşmaktadır. Çok spektrumlu temel görüntülerde çözünürlük, nadir noktasında 2.44 m iken nadirden 25° uzakta 2.88 m'ye ulaşır. Temel görüntüler keskin-pankromatik (pan-sharpened) görüntü oluşturmak için uygun değildirler. Temel görüntüler, geometrik olarak yeterli olmayıp, görüntü destek bilgileri ile düzeltilildiğinde geometrik doğruluk 14 m rms'ye ulaşır [20].

Temel görüntüler, bir veya daha fazla çerçeve şeklinde kullanıcılara gönderilir. Her bir pankromatik çerçeve 27.424 satır ve 27.552 sütundan oluşmaktadır. Çok spektrumlu çerçeve ise 6856 satır ve 6888 sütundan oluşmaktadır. Nadirden alınan minimum temel görüntü çerçevesi 16.5 km x 16.5 km yani 272 km²'lik bir alanı kapsamaktadır [20].

Standart görüntüler, daha kesin doğruluğa ulaşmak isteyen kullanıcılara yöneliktir ve küçük kapsama alanına sahiptir. Standart görüntüler, radyometrik olarak ve geometrik olarak düzeltilmişlerdir ve kartografik bir projeksiyona göre bir harita düzlemine oturtulmuşlardır [20].

Standart pankromatik görüntüler, 60-70 cm çok spektrumlu standart görüntüler, 2.44-2.88 m ve keskin-pankromatik (4 bant veya 3 bant, doğal görüntüler veya kızılötesi yansıma görüntüler) 60-70 cm uzaysal çözünürlüğe sahiptirler [20].

Geometrik düzeltmeler, uydu aracı yörünge pozisyonu ve davranış belirsizliğini, dünyanın dönüşünden, yer küreselliğinden meydana gelen problemleri ve panoramik distorsiyonu ortadan kaldırmaktadır. Bütün standart görüntülerin konumsal doğruluğu 14 m rms'dir. Konum bilgisi, yer kontrol noktası kullanılmaksızın uydu efemeris bilgilerinden ve hassas uydu davranış bilgilerinden elde edilmektedir. Minimum standart görüntü alanı 25 km², maksimum standart görüntü alanı 10.000 km² dir [20].

Ortorektifiye görüntü, görüntüdeki topoğrafik distorsiyonları gidererek daha yüksek konumsal doğruluk sağlamaktadır. Ortorektifiye görüntüler, CBS uygulamaları ve görüntü tabanlı haritaların yapımı ve revizyonu için çok elverişlidir. Bu tip görüntüler

ayrıca, değışi manalizi ve diğ er yüksek geometrik doğruluk gerektiren uygulamalar için de kullanılabilir n ektedir [20].

Ortorektifiye görüntüler, radyometrik olarak düzeltilmiş ve bir kartografik projeksiyona göre harita düzlemine oturtulmuşlardır. Çok spektrumlu görüntüler, 2.44-2.88 m pankromatik ve keskin-pankromatik görüntüler 60-70 cm çözünürlüğe sahiptirler. Maksimum nadirden uzaklaşma açısı 15°, minimum kapsama alanı 150 km², maksimum kapsama alanı 2.000 km² dir [20].

Ortorektifiye edilecek görüntü için destek bilgilerinin sağlanması Digital Globe şirketi sorumluluğ u altında olduğ undan için, bazı görüntülerin ortorektifikasyonunun yapılıp kullanıcılara sunulması zordur. Ortorektifiye görüntülerin doğrulukları 7.7 m rns' dir [20].

Yukarıda bahsedilen 3 görüntü ürünü yanısıra keskin-pankromatik görüntü de üretilmektedir. 60-70 cm uzaysal çözünürlüğe sahip keskin-pankromatik görüntüler, 2.44/2.88 m çözünürlükteki çok spektrumlu bantların görsel bilgileri ile pankromatik bantın geometrik bilgisinin birleştirildiğ i özel görüntülerdir. Üretilme,

- 4 bantlı kombinasyon (mavi, yeş il, kırmızı ve kızılötesi)
- doğal renkli kombinasyon (mavi, yeş il, kırmızı)
- renkli kızılötesi kombinasyon (yeş il, kırmızı, kızılötesi) şeklindedir [20].

3.3.4 Yüksek Çözünürlüklü Uydu Verilerinin Kullanım Alanları

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, hava fotoğraflarından klasik yollarla üretilen ortofotolarla karş ılık alternatif kartografik ürünler üretmektedir. Bölüm 3.3'te açıklanan yüksek çözünürlüklü uydu sistemleri aşağıdaki uygulamalarında etkili ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

- Topografik haritaların güncelleştirilmesi,
- Şehir planlaması,
- Tarım
- Risk değerlendirilmesi,
- Arkeoloji,
- Ormancılık

Genel olarak yüksek çözünürlüklü uyduların diğer uydu verilerine göre avantajlı yönleri ise;

- Yüksek geometrik çözünürlük,
- Radyometrik duyarlılık,
- Çok spektrumu algılama,
- Yüksek doğruluk,
- Tekrarlı geçiş imkanı,
- Görüntü boyutlarının büyüklüğüdür [20].

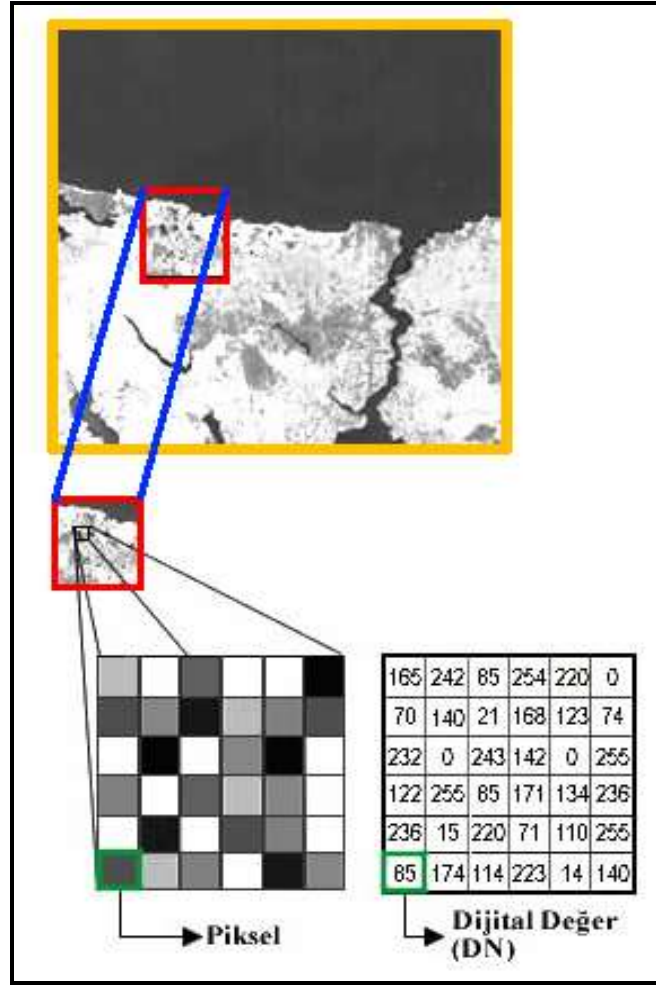
4 DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ

4.1 Dijital Görüntü

Genel anlamda bir cismin dijital gösterimi, iki boyutlu bir işaret kayıdır. Televizyon ekranı veya fotoğraf gibi gözle görülen bir biçimde olabileceği gibi, bilgisayar belleğinde tutulan dijital değerler veya manyetik bantta yazılı bir kayıt biçiminde de olabilir. Bir fotoğraf üzerindeki parlaklık hem konum hem de seviye olarak sürekli değişkenlik gösterir. Bu değişkenlik, bilgisayar ortamında ayrık sayılar biçiminde temsil edilir. Bu nedenle bir resmin bilgisayarda görüntülenebilmesi onun belirli sayıda parlaklık ve konum değerleri ile ifade edilmesiyle mümkündür. Resmin sürekli değişkenlerini, ayrık değişkenlere dönüştürme işlemi dijitalleştirme olarak tanımlanır [21].

Dijital bir görüntü bilgisayar açısından iki vektör dizisi, yani her elemanı vektör olan bir matristir. Matris elemanlarının değerleri, her (x, y) noktasındaki fiziksel değişkenlerin değerlerini gösterir, işlenmiş orjinal bir görüntüde her matris elemanı, karşı geldiği coğrafi noktanın veya alanın ışıma değerlerinden oluşan bir vektördür. Siyah beyaz bir resmi çin elemanlar, skaler değerlerdir. Bu skaler değerler, belirli bir görüntüdeki x ve y noktalarında, belirli bir spektral bantta ve belirli bir zamanda ölçülen spektral yansıma değerlerinin geometrik konumlarına bağlı olarak kayıdır [21].

Görüntü verileri sadece sayılardan oluşup her bir sayı bir veri dosya değerini içerir. Bu veri dosya değerlerine ‘‘piksel’’ adı verilir. Görüntüdeki en küçük eleman piksele karşılık gelir ve genellikle kare biçimindedir. Piksele atanan veri dosya değeri, belirli konumdaki yer yüzü bölgesinden yansıtılan veya yayılan elektromanyetik enerjisinin kayıdır. Pikselin bir spektral banttaki değeri tek bir sayı ile ifade edilir. Bu nedenle dijital bir resmi yeterince büyütüldüğünde sadece netlik kaybı olur [21]. Şekil 4.1’de bir uydu görüntüsünün en küçük elemanları (piksel) gösterilmektedir.



Şekil 4 1 : Görüntü elemanı (piksel).

4 2 Çözünürlük

Çözünürlük genel olarak, ekranda görünen piksel sayısını veya görüntüdeki bir pikselin yer yüzündeki karşılığını ifade etmek için kullanılır. Bu tanımlama uzaktan algılanmış bir görüntü için yetersizdir. Uzaktan algılama uygulamalarında 4 farklı çözünürlük tipi incelenmektedir [12].

1. Spektral çözünürlük
2. Uzaysal çözünürlük
3. Radyometrik çözünürlük
4. Zamanısal çözünürlük

4 2 1. Spekt ral Çözünürlük

Spekt ral çözünürlük, alg ılayıcı nın kaydedebileceği elektromanyetik spektrumun belirli dal ga aral ı ğ ı nı ifade eder. Ö ne ğ i n Landsat-TMin 1 nci band ı görünür böl gedeki 0.45-0.52 μ m arasındaki enerji yi kaydeder [12].

4 2 2. Uzaysal Çözünürlük

Uzaysal çözünürlük, her bir pikselin temsil etti ğ i arazi deki alan ı veya alg ılayıcı nın kaydedebileceği en küçük obje ni n ölçüsünü ifade eder. Uzaysal çözünürlük, anlık görüş alan ı (AGA) olarak da ifade edilir. Fakat her zaman AGA, bir pikselin gösterdiği yer yüzündeki alan ı ifade etmez. Verilen bir zaman noktas ı nda tek bir detektör ün gördüğü alan ı n ölçüsüdür. Tara ma geçiş leri arasındaki bindir neden dolayı pikselin temsil etti ğ i gerçek alan AGA'dan küçük olabilir. 1 metre gibi yüksek bir uzaysal çözünürlük, görüntü alan ı nın küçülmesi ve dijital dosya boyutlarının büyümesi anlamına gelir. Üzerinde çalış ılacak dijital görüntü seçilirken uzaysal çözünürlüğün sadece teş his edilecek objelerin ay ırt edilmesini sağlayacak değ erde ol masına dikkat edilmelidir [12].

4 2 3. Radyo metrik Çözünürlük

Radyo metrik çözünürlük, her bir banttaki toplam olabilecek veri değ erini ifade eder. Bu da kaydedilen enerjinin bölünebileceği bit sayısıyla gösterilir. Ö ne ğ i n 8 bit'lik bir veri de her bir piksel 0'dan 255'e kadar değ iş en veri değ eri alabilir. Bu çözünürlük 7 bitlik veri için 0'dan 127'ye kadardır. Toplam parlaklık sayısı 0.45 μ m ile 0.52 μ m arasındaki enerji için 8 bitlik veri de 256 ve 7 bitlik veri de 128 dir [12].

4 2 4. Zaman sal Çözünürlük

Yaklaş ık kut up yörüngeli uzaktan alg ılama uydu sistemleri için çok önemli bir diğer özellik dünya üzerinde aynı alan ı n periyodik olarak tekrar tekrar alg ılanmasıdır. Çoğu uydu sistemleri (Landsat, SPOT, NOAA AVHRR, vb.) güneş le eş zamanlı bir yörüngeye sahiptirler. Bunun anlam ı, herhangi bir bölgenin aynı lokal güneş zaman ı nda alg ılanmasıdır. Alg ılama periyodu, sadece sabit bir gözlem doğrultusuna (nadir gibi) sahip olan alg ılayıcı lar için belirli uydu yörünge özelliklerine ba ğ lıdır. Yörüngede birden fazla sistem varsa zaman sal çözünürlük artırılabilir [8]. Tablo 4.1'de farklı uzaktan alg ılama sistemleri için zaman sal çözünürlükler verilmiştir.

Tablo 4.1: Farklı uzaktan algılama sistemleri için zamansal çözünürlük

Sistem	Algılama aralığı	Ekvator geçiş zamanı
Landsat 1, 2, 3	18 gün	09:30-10:00
Landsat 4, 5	16 gün	09:45
AVHRR	7 saat	07:30 ve 14:30
SPOT	26 gün (sadece nadir) 4-5 gün (nadir dışı)	10:30
IRS-1 A, B, C	22 gün	10:30
MODIS	2 gün	10:30-13:30

Tablo 4.2: Farklı çözünürlükteki uydu görüntülerinin uzaysal çözünürlükleri ve uygulama alanları.

0.61-1 Mtre	10 Mtre	20-30 Mtre	80 Mtre	1 Kilonetre
Öbüs durakları, kaldırımlar, ot yollar, otomobiller, ağaçlar, bankalar vb. 1 m ² den büyük alan sahip objelerin tespisi ve haritalanması	Binaların, bahçelerin, yolların, özel alanların, atletizm sahalarının ve sokakların konumlandırılması, haritalanması, küçük alanlarda bitki örtüsü sınıflandırılması ve yapıları	Hava alanlarının, şehir merkezlerinin, büyük fabrikalarının, spor komplekslerinin, tarlaların, geniş ormanlık alanlarının konumlandırılması, arazi örtüsü sınıflandırılmasının yapıları	Bölgesel jeolojik yapının haritalanması, bölgesel bitki örtüsü haritalanması	Global bitki örtüsü haritalanması, çölleşme, kuraklık gibi global olayların izlenmesi

4.3 Dijital Görüntü Zenginleştirme

Dijital görüntünün görsel olarak zenginleştirilip daha iyi yorumlanabilmesi amacıyla çeşitli görüntü zenginleştirme yöntemleri kullanılmaktadır. Kontrast artırımı, filtrelene ve oran görüntüleri bu yöntemlerin başında gelmektedir.

4.3.1 Kontrast Artırımı

Amacı, belirli renk tonu alanlarını daha belirgin hale getirerek ayırt edilebilirliğini kolaylaştıran kontrast artırımı üç farklı yöntem uygulanmaktadır;

- Lineer kontrast artırımı,
- Uniform (homojen) yayma,
- Gauss dağılımı.

Lineer kontrast artırma yönteminde, resimde ortaya çıkan en düşük ile en yüksek parlaklık değerleri daha geniş bir bölgeye (0-255 değerleri arasında) lineer olarak yayılır. Bunun için önce görüntüdeki alt ve üst sınır değerleri belirlenir ve alt sınır sıfıra (siyah), üst sınır ise 255 parlaklık değerine (beyaz) eşit alınarak, ara değerler bu değerler arasında yayılmaktadır. Bu yöntemin tek dezavantajı, belirli parlaklık değerinin altında ve üstünde kalan değerlerin göz önüne alınmamasından kaynaklanan detay kaybı olmasıdır [7].

Uniform (homojen) yayma yöntemi ise lineer olmayan bir yöntemdir ve bu yöntemde orjinal görüntüde parlaklık değerlerinin en fazla yığılım gösterdiği bölge, daha az parlaklık değerinin yer aldığı bölgeye göre daha geniş bir bölgeye yayılmaktadır. Böylece daha az oranda ortaya çıkan açık ve koyu renk tonları bastırılıp yalnızca bu kısımlarda detay kaybı meydana gelmektedir [7].

Gauss dağılım yönteminde ise, orjinal görüntünün histogram, 0 ile 255 parlaklık değerleri arasında normal dağılım eğrisine çakıştırılmaktadır. Lineer olmayan bu yöntem ile açık ve koyu renk tonu bölgelerinde diğer iki yöntem göre daha iyi bir kontrast dağılım elde edilmesine rağmen, orta gri renk tonunun yer aldığı orta bölgelerde kontrastın daha az kalması dezavantajı olmaktadır [7].

Kontrast artırımında kullanılacak yöntemin seçiminde dikkat edilmesi gereken iki nokta, görüntünün histogram ve incelenecek özelliklerin amacına uygun olmasıdır [7].

4.3.2 Filtreleme

Orjinal veride var olan ve sınıflandırma işleminde farklı sonuçlar doğuran çok sayıda bilgi, gürültü olarak adlandırılmaktadır. Dijital görüntü işleminde görüntü kalitesini bozan bu gürültülerin bir filtre ile süzülmesi gerekmektedir. Filtreleme, bir tür hesap işlemi olup, alçak geçiren filtre ya da yüksek geçiren filtre ile yapılmaktadır [7].

Alçak geçiren filtre ile filtrelemede, orjinal görüntüdeki her resim elemanı için, $n \times m$ resim elemanı komşuluğunda ortalama değer hesaplanmakta ve bu ortalama değer o resim elemanı için alınarak bu ortalama değerlerle görüntü yeniden oluşturulmaktadır [7].

Yüksek geçiren filtre ile filtrelemede ise, algılayıcı sistemin çözebilirlik sınırında veya altında kalan küçük cisimler ayırt edilebilir hale getirilmektedir. Diğer yöntemin aksine, görüntü bastırılıp düzleştirilmektedir ve aşırı derecede kontrast artırılmaktadır [7].

4.3.3. Oran Görüntüleri Oluşturma

Oranlama, bir görüntünün belirli bir kanalındaki piksel değerlerinin bunlara karşılık gelen ikinci bir spektrumdaki piksel değerlerine bölünmesi işlemidir. Uzaktan algılamada çok kullanılan bir teknik olup, sonuçta elde edilen yapay görüntüler çok spektrumlu görüntülerdeki belirli kanalların birbirine oranıdır [11].

4.4. Geometrik Düzeltme

4.4.1. Genel Adımlar

Uzaktan algılamada kullanılan uydu görüntüleri harita amaçlı kullanılmazlar. Uydu ya da uçaklardan elde edilen görüntülerde yer yüzünün eğriliği nedeniyle geometrik bozulmalar vardır [22].

Bir harita projeksiyonu sistemi bir kürenin ya da küresel şeklin yüzeyini temsil etmek için tasarlanan bir sistemdir. Bir küre bir düzleme dönüştürülmesi istendiğinde küre yüzeyinin şekli bozulur. Fakat bazı özelliklerin korunması ön şart olarak konulur ve harita projeksiyon sistemi oluşturulur. Bunlar; açı, alan ve uzunluk koruyan projeksiyonlardır [22].

Bir görüntü üzerinde herhangi bir yerin belirlenmesi için birçok koordinat sistemi vardır. Bu sistemler kareler ağı şeklinde olup, X ve Y gibi sayı çiftleri ile ifade edilirler. Enlem ve boylam harita projeksiyonuyla bağlantısı olmayan bir koordinat sistemi ve bir noktanın yerini küresel olarak ifade ederler. Geometrik düzeltmede kullanılmazlar [22].

Geometrik düzeltme, görüntü verilerinin bir düzlem üzerinde projeksiyonu ve bunun bir projeksiyon sistemine dönüştürülmesi işlemidir. Bunun yanında görüntü kuzeye yönlendirilir [22].

Düzeltme, görüntü verilerinin belli bir projeksiyon sisteminde ifade edilmesi gereken durumlarda gereklidir. Bu durumlar :

- 1- Değişim sapta ve ısı haritalama gibi farklı görüntülerdeki piksellerin karşılaştırılmasının zorunlu olduğu durumlarda,
- 2- CBS veri tabanının, CBS modellenmesi için geliştirilmesinde,
- 3- Sınıflandırmadan önce harita koordinatlarına göre çalışma alanlarının seçilmesinde,

- 4- Öçe k l e n d i r i l m i Ŗ h a v a f o t o ğ r a f l a r ı n ı n o l u Ŗ t u r u l m a s ı n d a ,
- 5- V e k t ö r v e r i s i y l e b i r r a s t e r v e r i n i n  a k ı Ŗ t ı r ı l m a s ı n d a ,
- 6- F a r k l ı ö l  e k l e r d e k i g ö r ü n t ü l e r i k a r Ŗ ı l a Ŗ t ı r ı n a d a ,
- 7- G ö r ü n t ü l e r d e n m o z a i k o l u Ŗ t u r u l m a s ı n d a ,
- 8- N o k t a l a r ı n k e s i n k o n u m l a r ı n ı t a n ı m l a n m a s ı n d a [22].

4 4 2 G e o m e t r i k D ü z e l t m e n i n D e z a v a n t a j l a r ı

Ge o m e t r i k d ü z e l t m e s ı r a s ı n d a d ü z e l t i l e n p i k s e l l e r i n v e r i d o s y a s ı d e ğ e r l e r i n i n y e n i b i r g r u p p i k s e l s ı r a v e s ü t u n l a r ı n a d ö n ü Ŗ t ü r ü l m e s i i  i n y e n i d e n ö r n e k l e n d i r i l m e s i g e r e k m e k t e d i r . B u d e ğ e r l e r i n h e s a p l a n m a s ı s ı r a s ı n d a v e r i l e r i n o r i j i n a l s p e k t r a l y a n s ı n a d e ğ e r l e r i b e l i r l i b i r ö l  ü d e , d ü z e l t m e e s n a s ı n d a k a y b e d i l m e k t e d i r . G e o m e t r i k d ü z e l t i l m e s i y a p ı l m a m ı Ŗ b i r g ö r ü n t ü , d ü z e l t i l m i Ŗ b i r g ö r ü n t ü d e n s p e k t r a l o l a r a k d a h a g ü v e n l i d i r [22].

4 4 3 G e o m e t r i k D ü z e l t m e A Ŗ a m a l a r ı

Ge o m e t r i k d ü z e l t m e i Ŗ l e m i n d e i z l e n e c e k a d ı m l a r ;

- 1- Y e r k o n t r o l n o k t a l a r ı n ı n (Y K N) b e l i r l e n m e s i ,
- 2- D ö n ü Ŗ ü m m a t r i s i n i n o l u Ŗ t u r u l m a s ı v e h a t a n ı n e l d e e d i l m e s i , v e
- 3- Y e n i k o o r d i n a t l a r l a b i r  ı k t ı g ö r ü n t ü d o s y a s ı n ı n o l u Ŗ t u r u l m a s ı d ır .

Y e r k o n t r o l n o k t a l a r ı ,  ı k t ı g ö r ü n t ü s ü i  i n h a r i t a k o o r d i n a t l a r ı b i l i n e n , o r j i n a l g ö r ü n t ü d e k i s p e s i f i k p i k s e l l e r d i r .

- G ö r ü n t ü k o o r d i n a t l a r ı : G e n e l l i k l e d ü z e l t i l e c e k g ö r ü n t ü n ü n v e r i d o s y a k o o r d i n a t l a r ı d ır .
- R e f e r a n s k o o r d i n a t l a r : U y d u g ö r ü n t ü s ü n e k a r Ŗ ı l ı k g e l e n a l a n ı n h a r i t a v e y a r e f e r a n s g ö r ü n t ü s ü n ü n k o o r d i n a t l a r ı d ır [22].

4 4 3 . 1 Y e r K o n t r o l N o k t a l a r ı n ı n T e s b i t i

G ü v e n i l i r y e r k o n t r o l n o k t a l a r ı , d ü z e l t m e n i n d o ğ r u o l a r a k y a p ı l a b i l m e s i i  i n g e r e k l i o l m a k t a d ır . Y e r k o n t r o l n o k t a l a r ı n d a n , d ü z e l t i l m i Ŗ k o o r d i n a t l a r e l d e e d i l i r . Y e r k o n t r o l n o k t a l a r ı g e o m e t r i k d ü z e l t m e n i n g ü v e n i r l i ğ i i  i n g ö r ü n t ü g e n e l i n e y a y ı l m a l ı d ır . B ü y ü k

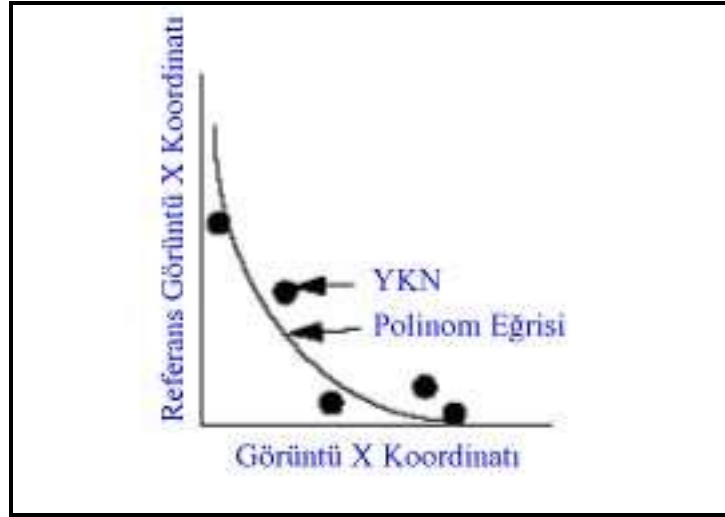
ölçekli görüntülerde yer kontrol noktaları, iki yolun kesişimini, hava alanını, kamu alanlarını, kuleleri veya binaları içerirken, küçük ölçekli görüntülerde ise şehir alanları, jeolojik öğeler yer kontrol noktası olarak seçilebilirler [22].

4.4.3.2 Dönüştürme Dereceleri

Polinomeşitlikleri, uydu görüntü koordinatlarını harita koordinatlarına dönüştürmek için kullanılırlar. Görüntünün distorsiyonuna, kullanılan yer kontrol noktalarının sayısına ve bunların bir değerine göre yerlerine bağlı olarak kompleks polinomeşitlikleri gerekli dönüşümü ifade etmek için kullanılır [22].

4.4.3.3 Dönüşüm Matrisi

Bu matris yer kontrol noktaları yardımıyla hesaplanır. Matris, koordinat dönüşümü yapmak için kullanılan polinomeşitliklerindeki katsayıları içerir. Boyutları, dönüşüm derecesine bağlıdır. Polinomeşitlikleri hatasız sonuç verecek şekilde oluşturulur. Şekil 4.2’de YKN’larına ve polinomeğrisi ne ilişkin grafik gösterilmektedir [22].



Şekil 4.2: Polinomeğrisi ve yer kontrol noktaları.

4.4.4 Lineer Dönüşümler

1. dereceden bir dönüştürme lineer dönüştürmedir. Birinci dereceden dönüştürme matrisi her (x, y) çifti için 3'er tane olmak üzere 6 katsayıdan oluşur.

$$x_0 = b_1 + b_2 x + b_3 y \quad (4.1)$$

$$y_0 = a_1 + a_2 x + a_3 y \quad (4.2)$$

burada,

x_i ve y_i görüntü koordinatları, x_0 ve y_0 referans koordinatlarıdır [22] .

4.4.5 Lineer Olmayan Dönüşümler

2. dereceden veya daha yüksek dereceden dönüşümler lineer olmayan dönüşümlerdir. Bu dönüşümler doğrusal olmayan sapmaları (distorsiyon) geometrik olarak düzeltebilirler. Dönüştürme matrisinin büyüklüğü dönüştürme derecesiyle birlikte artmaktadır. 3. derece dönüşümler distorsiyonu yüksek hava fotoğraflarının ve eğilmiş, bükülmüş haritaların geometrik düzeltmesinde, 4. derece dönüşümler ise çok yüksek hatalı hava fotoğraflarının geometrik düzeltmesinde kullanılmaktadır [22].

Dönüşümde kullanılacak katsayıların sayısının hesabı

$$(t+1) * (t+2) \quad (4.3)$$

eşitliğiyle verilir.

t dönüşüm derecesi olmak üzere, minimum yer kontrol noktası sayısı,

$$\frac{((t+1)(t+2))}{2} \quad (4.4)$$

eşitliği ile bulunur. Dönüşüm sırasında mümkün olduğunca minimum YKN'sından daha fazla nokta kullanılmalı ve görüntü genelinde homojen dağılmış olmalıdırlar [22] . 1. den 10. dereceye kadar dönüşümü için gerekli olan minimum YKN'sı sayısı Tablo 4.3'te listelenmiştir.

Tablo 4.3 : Dönüşüm derecelerine göre minimum YKN'sı sayısı.

Dönüşüm derecesi	Minimum YKN'sı sayısı
1	3
2	6
3	10
4	15
5	21
6	28
7	36
8	45
9	55
10	66

4.4.6. Yüksek Derece Polinom Dönüşümü

t. dereceden polinomeşitlikleri aşağıda verilen formda oluştururlar:

$$X_0 = A+Bx+Cy+Dx^2+Exy+Fy^2+....+Qx^i y^j+....+wy \quad (4.5)$$

Burada:

A, B, C, D, E, F, .., Q, .., w katsayılarıdır,

t, polinomun derecesi,

i ve j ise üstlerdir.

Polinomlu ifadelerde, X^i kere Y^j lerin bütün kombinasyonlarında $i+j \leq t$ eşitliği geçerlidir.

Y_0 eşitliği için aynı format farklı katsayılarla oluşturulur. 3. derece bir dönüşümü için polinomeşitlikleri aşağıdaki gibi oluşturulur :

$$X_0 = 5+4x-6y+10x^2-5xy+1y^2+3x^3+7x^2y-11xy^2+4y^3 \quad (4.6)$$

$$Y_0 = 13+12x+4y+1x^2-21xy+11y^2-1x^3+2x^2y+5xy^2+12y^3 \quad (4.7)$$

Yukarıdaki eşitlikten de görüleceği gibi 3. derece bir dönüşüm için 20 katsayı gerekmektedir.

En iyi rektifikasyon sonucu için her zaman minimum YKN'sından fazla nokta kullanılması ve bunlar görüntü genelinde iyi dağılmış olmalıdır [22].

4.4.7. Karesel Ortalama Hata

Bir dönüşüm matrisi hesaplandığında, dönüşüm matrisi nintersi yer kontrol noktalarının harita koordinatlarını, görüntü koordinatlarına dönüştürmek için kullanılır. Karesel ortalama hata ise aynı yer kontrol noktalarının orijinal görüntüdeki koordinatları ile aynı noktaların dönüştürülmüş koordinatları arasındaki uzunluktur.

$$K O H = ((x_r - x_i)^2 - (y_r - y_i)^2)^{1/2} \quad (4.8)$$

Burada,

X_r, Y_r : seçilen YKN^s'inin çıktı görüntüde hesaplanan koordinatı,

X_i, Y_i : seçilen YKN^s'inin orijinal görüntüdeki koordinatını göstermektedir.

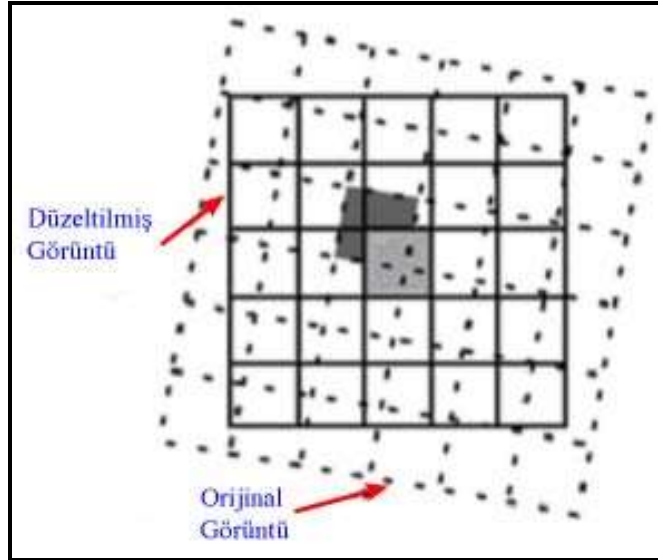
Daha yüksek dereceli bir dönüştürme işlemi yapmak yerine belirli bir miktar hatayı göz ardı etmek daha ekonomiktir. Gözardı kapsamındaki karesel ortalama hata miktarı her görüntü koordinatlarının yanında gösterilir [22].

4.4.8. Yeni den Örnekleme Yöntemleri

Geometrik düzeltme işleminden bir sonraki aşama çıktı görüntüsünün oluşturulmasıdır. Uydu görüntüsünün raster grid sistemi, referans görüntüsünün raster grid sistemi ile karşılaştığından piksellerin çıktı görüntüsündeki yeni değerlerinin hesaplanması için yeniden örnekleme işlemi yapılır. Üç farklı yöntem uygulanmaktadır. Bu yöntemler, en yakın komşuluk, bilineer entropolasyon, kübik katlama yöntemidir [22].

4.4.8.1. En Yakın Komşuluk Yöntemi

Geometrik olarak düzeltilmiş görüntünün piksel değerleri, orijinal görüntüdeki en yakın pikselin parlaklık değerinin atanmasıyla elde edilir (Şekil 4.3), [22].



Şekil 4.3: En yakın komşuluk yöntemi.

Yöntemin Avantajları :

- Yeniden örnekleme işleminin en yakın komşuluk metodunda orijinal veri değerleri ortalama alınsızın aktarılır.

- En yakın komşu yöntemi üç yöntem içinde, hesaplama ve hızlık açısından en kolay olan yöntemdir.

- Sınıflandırma öncesi kullanımı için uygundur.

Yöntemin Dezavantajları :

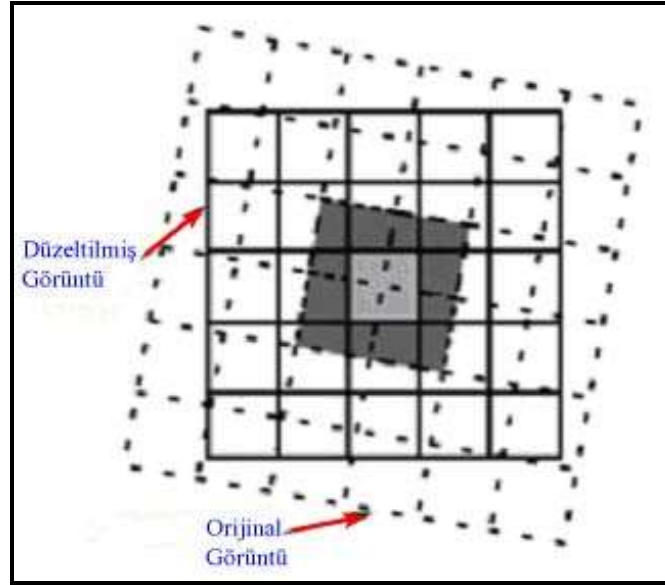
- Daha küçük bir grid boyutunda kullanılacağı zaman köşegensel doğrular ve eğriler etrafında genelde merdiven görüntüsü oluşur.

- Verilerde bilgi kaybı meydana gelebilir veya diğer veriler tekrar edilebilir.

- Doğrusal tematik veriler kullanıldığında (yol ve nehirler gibi) görüntüde bazı kırılmalar ve eksiklikler görülebilmektedir [22].

4.4.8.2 Bilineer Enterpolyasyon Yöntemi

Bilineer enterpolyasyon yönteminde en yakın dört pikselin ağırlıklı ortalaması çıktı görüntüsünün piksel değeri olarak alınmaktadır. Bu yöntemle daha düz bir görüntü elde edilmektedir. Geometrik açıdan daha doğru bir yöntem olmasına karşın, orijinal piksel değerleri değişmektedir (Şekil 4.4), [22].



Şekil 4.4: Bilineer enterpolyasyon yöntemi.

Yöntemin Avantajları :

- Birinci yöntemdeki merdiven etkisi burada görülmez ve sonuç görüntü daha düzdür.

- Önceki yönteme göre uzaysal olarak daha doğru ve güvenilirdir,
- Bu yöntem daha çok grid boyutunda değişim olacağı zaman kullanılır.

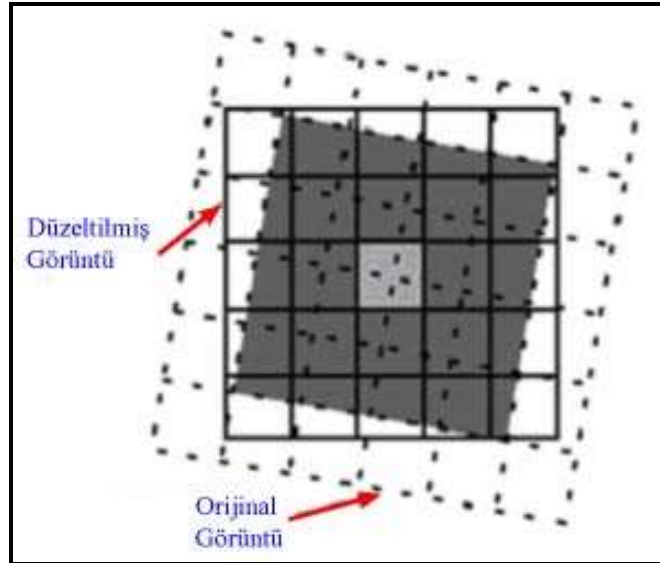
Yöntemin Dezavantajları :

- Piksellerin ortalama değerleri alındığı için bilineer entropolasyon alçak geçirgen filtre etkisi yapar.
- Sınırlarda düzleşme ve veri kaybı meydana gelir.
- Orijinal piksel değerleri değişir [22].

4.4.8.3 Kübi k Katlama Yöntemi

Kübi k katlama yöntemi aşağıdaki maddeler hari cinde bilineer entropolasyon yöntemi ne benze mektedir,

- 4 x 4'lük bir dizide 16 piksellik bir küme nin, çıktı veri dosyasının belirlenmesi ve ortalama sı nın alınması.
- Bir lineer fonksiyon yerine bir kübi k fonksiyonun yaklaşım, 16 girdi değerine uygulanması şeklinde belirtilebilir (Şekil 4.5), [22].



Şekil 4.5: Kübi k katlama yöntemi.

(i,j) pikseli nin etrafındaki pikseller, 4 x 4'lük girdi pikseller yardımıyla oluşturulurlar. (X, Y) noktasına yakın olan pikseller daha prezisyonlu olarak elde edilirler.

Yöntemin Avantajları :

- Kübik katlama en doğru yöntemdir. Çoğu zaman çıktı piksellerinin ortalaması ve standart sapması diğer yöntemlere göre daha yakın olarak girdi piksellerin ortalaması ve standart sapmalarına ulaşır.

- Bu yöntemin bir sonucu olarak görüntü yumuşar ve gürültü etkisi azaltılmış olur

Yöntemin Dezavantajları :

Kübik katlama yönteminde, veri değerleri değişebilir. En kapsamlı hesaplama yöntemine sahip olduğu için en yavaş örnekleme yöntemidir [22].

4.5 Görüntülerdeki Hata Kaynakları ve Düzeltmesi

Mükemmel olara tanımlanabilecek bir algılayıcı sistem henüz geliştirilememiştir. Diğer taraftan arazi yapısının karmaşıklığı; uzaysal, spektral, zamansal ve radyometrik çözünürlük gibi sınırlamalara sahip basit algılayıcı sistemlerle algılamada sınırlamalar getirmektedir. Sonuç olarak, veri algılamadaki bazı hatalar, görsel veya bilgisayar destekli görüntü analizi nin doğruluğu üzerine etkili olmaktadır. Bu nedenle, bu hataların bir kısmının analiz öncesi ortadan kaldırılabilmesi için algılayıcı verilerinin genellikle bir ön işlemden geçirilmesi gerekmektedir [3].

Görüntü yenileme, görüntü işleme sırasında karşılaşılan distorsiyon, düşüklük (degradation) ve gürültünün (noise) düzeltilmesiyle ilgili bir kavramdır. Yenileme işlemi sonrası, orjinal görüntünün enerji karakteristiğine uygun, geometrik ve radyometrik olarak her ikisi için de olabildiğince yakın düzeltilmiş görüntü elde edilir [3].

Görüntü verilerini düzeltmek için öncelikle iç ve dış hatalar belirlenmelidir. İç hatalar, algılayıcıdan kaynaklanan hatalardır. Genellikle sistematik (kestirilebilir) ve durağan (sabit) karakterdedir ve uçuş veya fırlatma öncesi ya da uçuş anındaki kalibrasyon ölçmeleri ile belirlenebilir. Dış hatalar ise, platform perturbasyonları ve değişken yapıları görüntü karakteristiklerinin düzenlenmesinden dolayı ortaya çıkar. Bu gibi sistematik olmayan hatalar, yer yüzü üzerindeki noktalarla (örneğin, yer kontrol noktaları)

algılayıcı sistem ölçümleri ilişkilendirilerek belirlenebilir. Radyometrik ve geometrik hatalar, algılayıcı görüntülerinde karşılaşılan en genel hatatürleridir [3].

4.5.1. Radyometrik Hatalar ve Düzeltmesi

Çok spektrumlu tarayıcı sistemlerin (MSS) kullanıcılara güvenilir algılayıcı verileri sağlayabilmesi için kalibre edilmeleri ve bu verilere düzeltme getirilmesi gerekir. Buradaki en önemli nokta: her bir detektör çıktısı ve girdi görüntü işleme arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve her detektör için verilerin düzeltmesi [3].

Görüntüdeki piksellerin parlaklık değeri ölçümlerini etkileyen mekanizmalar başlıca iki çeşit radyometrik bozulmaya neden olmaktadır. Birincisi; herhangi bir banttaki görüntü üzerinde parlaklığın göreceli dağılımının yer yüzündeki karşılığından farklı olabilmesidir. İkincisi; tek bir pikselin göreceli parlaklığı yer yüzünde karşılık geldiği spektral yansıma karakteri ile kıyaslandığında banttan banda distorsiyon içerebilmesidir. Her iki çeşit bozulmaya; (a) aletsel etkiler ve (b) kaynağından algılayıcıya kadar alınan yolda ışının geçtiği atmosferin varlığı neden olabilmektedir [3].

Radyometrik düzeltmeler; tarayıcı veya görüntünün geometrisine bağlı olmaksızın verilerdeki sistematik hataları ortadan kaldırmak amacıyla ile veriler üzerinde yapılan dönüşüm işlemleridir. Sistematik hatalar, sabit karakterli ve modellenen türdeki hatalardır [3].

4.5.2. Geometrik Hata Kaynakları

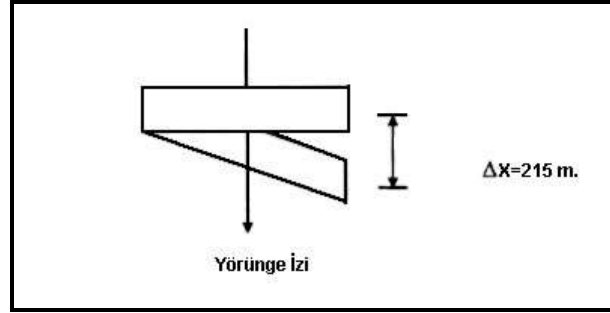
Algılayıcı verileri genellikle sistematik ve sistematik olmayan geometrik hataların her ikisini de içerir. Söz konusu hatalar; algılayıcının kendi iç geometrisinden kaynaklanan hata bilgileri ve platform eferis verilerini kullanılmasıyla düzeltilebilen hatalar ile, yeterli sayıda yer kontrol noktası olmaksızın kabul edilebilir duyarlılıkta düzeltilemeyen hatalar şeklinde de ikiye ayrılabilir. Bu durumda; platform eferis verilerine dayalı birinci tür hataların düzeltmesinde uydu yörünge geometrisi esas alınırken, ikinci tür hataların düzeltmesinde ise yer kontrol noktaları kullanılır [3].

4.5.2.1. Sistematik Hatalar

Algılayıcı görüntülerinde karşılaşılan başlıca sistematik hatalar aşağıda sıralanmıştır.

a) *Tarama Eğikliği:*

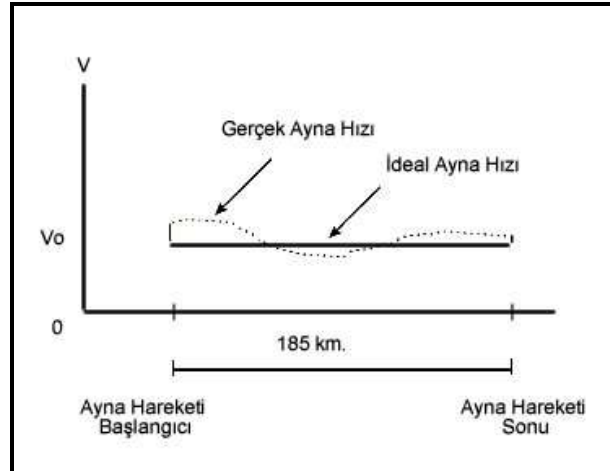
Landsat uydusu üzerinde yer alan MSS algılayıcısı gibi tarama doğrultusuna dik doğrultuda algılama yapan sistemlerde ortaya çıkan bir hatadır. Her salınım 33 milisaniye süren MSS tarayıcı aynasının, bu salınım sırasındaki uydu ile hareketinden kaynaklanır. Bu durumda, yeryüzünde taranan alan, yörünge izine tam dik değil, bir miktar eğik olur ve sonuçta tarama doğrultusuna dik doğrultuda algılamada geometrik bozulma oluşur. Uydunun 6.47 km/s eşdeğerdeki yer hızında, nadir noktasında 215 m'lik bir ötelemeye neden olmaktadır (Şekil 4.6), [3].



Şekil 4.6: Tarama eğikliği hatası.

b) Tarama hızındaki değişimler:

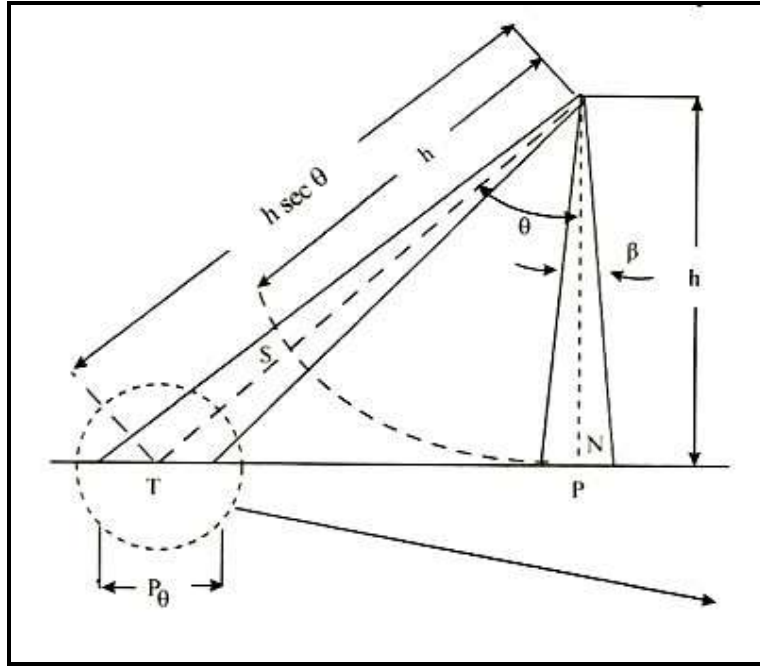
Landsat MSS, NOAA AVHRR ve uçaklardaki satır tarayıcı sistemlerde yer alan tarayıcı aynanın salınım hızındaki değişimlerden doğan hatalardır. Aynanın hızı, tarama başlangıcında hızlanarak, sonunda ise yavaşlayarak gerçekleştiğinden, sabit karakterli değildir. Pıksel konumunda en fazla 395 m'lik bir ötelemeye neden olan bu hata, tarama doğrultusu boyunca olan geometrik bozulmadır. Şekil 4.7 Landsat uydusu için ayna hızındaki değişim grafiğini göstermektedir [3].



Şekil 4.7: Landsat MSS için sabit ve değişebilen ayna hızı kıyaslamaları.

c) *Panoramik Bozulma:*

Uydu veya uçak platformlarında yer alan tarayıcıların açısall “Anlık Görüş Alanı (AGA)” değeri sabittir. Sonuçta, yer yüzündeki etkili piksel alanı, taramanın uç noktalarında nadir noktasına (taranan satırın merkez pikseli) kıyasla daha büyük olur (Şekil 4.8).

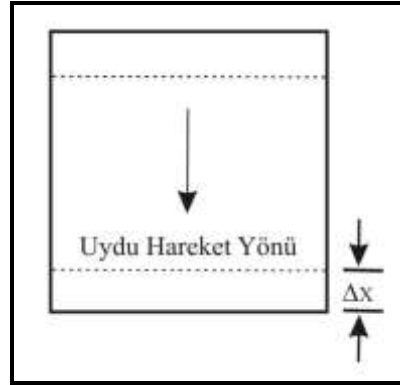


Şekil 4.8: Tarama açısının sabit anlık görüş alanında piksel büyüklüğü.

Burada β , anlık görüş alanı açısını; p , nadir noktasındaki piksel büyüklüğünü; θ ise, tarama açısı değerini göstermektedir. Küçük θ tarama açısı değerleri için bu etki göz ardı edilebilir. Örneğin Landsat 1, 2 ve 3'teki MSS'in en büyük θ değeri 11.56° olup, nadir noktasından 92.5 km uzaklıktaki en uç pikselin konumunun bu durumda yaklaşık 370 m farklı yerde olacağı anlamına gelmektedir. Ancak NOAA AVHRR veya uçak tarayıcıları gibi büyük anlık görüş alanı açısına sahip sistemlerde bu etki çok daha önemli olabilir. Örneğin görüş alanı açısı 80° olan bir uçak tarayıcısının uç noktalarda taradığı yeryüzü alanı, nadir noktasına kıyasla yatay olarak %70 daha büyüktür [3].

d) Platform Hızı:

Uydu ya da uçağın yer yüzüne göre hız değişikliği, sabit sayıdaki ardışık ayna salınmaları ile gerçekleştirilen tarama satırlarının sıklığını değiştireceğinden, boyuna tarama yönünde ölçek bozulmasına neden olur. Uydulardaki hız değişikliği, merkezkaç kuvvetinden ve yerin tam küresel olmayan yapısından kaynaklanmakta olup, etkisi göz ardı edilebilecek düzeydedir. Uçaklarda ise durum daha karmaşıktır ve düzeltmeler için mutlaka yer gerçeğini gösteren haritalar gerekir. Şekil 4.9’de algılayıcı platformdaki hız değişikliğinin görüntü üzerine etkisi gösterilmektedir [3].

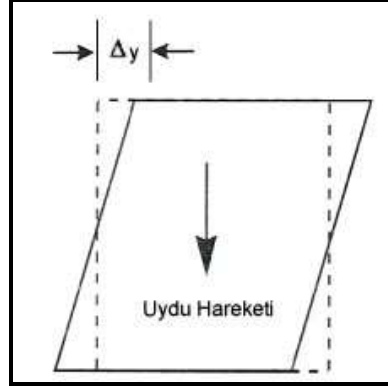


Şekil 4.9: Algılayıcı platformdaki hız değişikliğinin görüntü üzerine etkisi.

e) Yer yüzü Dönüşü:

Gerek tarama doğrultusuna dik doğrultuda çalışan Landsat MSS ve TM gerekse tarama doğrultusu boyunca çalışan SPOT HRV türü satır tarayıcılarla bir tam görüntü elde etme işlemi sırasında, yer yüzü de batıdan doğuya doğru kendi eksenini etrafındaki dönüşüne devam eder. Örneğin, Landsat 4 veya 5 uydusunun yörünge üzerindeki hareketi göz önüne alındığında 185 km x 185 km’lik alana sahip bir tam görüntünün elde edilmesi 27.4 saniyedir. Bu esnada yer yüzü, enlemine bağlı olarak doğuya doğru hareketine devam etmektedir. Yer’in ekvatordaki hızı 463.83 m/s olup bu hız yukarı enlemlerde daha düşüktür. Sonuçta, bir tam görüntü elde edilene kadar yer yüzü kendi etrafında 12.709 km (463.83 m/s x 27.4 s) hareket etmiş olur. Bu ekvator için geçerlidir. Diğer bölgeler için enlem ve eğim açısına bağlı düzeltmeler getirilerek hesaplama yapılabilir.

Bir tam görüntünün yaklaşık % 6'lık bir bölümünü kapsayan ve boyuna tarama bozulmasına neden olan bu ötelemenin şematik gösterimi Şekil 4 10'da verilmiştir [3]



Şekil 4 10: Enlemenin bir fonksiyonu olarak yer yüzü dönüşünün görüntü üzerindeki etkisi.

f) Yer Küreselliği:

Alçak irtifada algılamaya yapan uçuşa monte edilen tarayıcı sistemlerin görüntüledikleri yer yüzü alanları, küçük olmaları nedeniyle yer yüzü küreselliğinden etkilenmemektedir. Landsat ve SPOT gibi uydularda yer alan algılayıcı sistemler de dar görüş açısına sahip olmalarından dolayı aynı şekilde bu etki dışında kalmaktadır. Ancak, 833 km yükseklikten ve 2700 km genişliğindeki bir alanı tarayan NOAA uydusu için bu etki anlamlıdır. Özellikle nadir dışı alanların gözlemlendiği durumlarda, söz konusu etki daha büyük anlamtaşımaktadır [3].

Yukarıda belirtilen sistematik hataların çoğu, özellikle Landsat görüntüleri için uydu görüntü işleme merkezi tarafından giderilmede, kullanıcıya genelde sadece sistematik olmayan hataları içeren görüntüler iletilmektedir. Söz konusu sistematik hataların giderilmesinde de, her biri için ayrı ayrı düzeltme işlemi uygulanması yerine, tüm düzeltme matrislerinin basit çarpımlarıyla oluşturulabilecek bir sonuç dönüşüm matrisi (C) kullanılmaktadır. Bu matrisin kullanılmasıyla, görüntü verilerini içerdiği bütün hatalar aşağıdaki şekilde giderilmektedir [3].

$$x' = C x \quad (4.9)$$

Burada;

C = Sonuç düzeltme matrisi,

x' = Düzeltmiş görüntü,

$x = \text{Orijinal (ham) görüntü}$

4.5.2.2 Sistematik Olmayan (Rastgele) Hatalar

Uydu platformunun yükseklik ve durumdeğişimlerinden kaynaklanması nedeni ile sabit nitelik taşıyan ve sonuçta önceden kestirilemeyen hatalardır [3].

a) Yükseklik Değişimleri:

Algılayıcı platformunun yüksekliğinde olabilecek değişimler, görüntü ölçeğinin değişmesine neden olur. Yörüngenin, sadece ± 0.9 km'lik ve göz ardı edilebilen bir dış merkezlik ile belirlenmiş olan, yüksek doğrulukta dairesele yakın bir geometriye sahip olduğu varsayılmaktadır. Bu yörünge, 1/295 oranında basıklığa sahip yer elipsoidini çevrelediğinden, yükseklikteki periyodik değişim tarama satırlarının her birinde ölçülmektedir [3].

b) Hataform Değişimleri:

Normal olarak, algılayıcının bakış eksenini yer yüzüne, tarama eksenini ise uçuş yönüne diktir. Platform hareketlerinden dolayı algılayıcının bakış ve hareket eksenleri bu nominal durumun dışına çıkınca, geometrik bozukluklar doğar. Bu bozuklukların düzeltilmesi için platformun açısal durumunun sürekli kaydedilmesi gerekir [3].

Uydu platformu, yörüngesi üzerinde ilerlerken, üç eksen etrafında yaptığı küçük açısal hareketler, o esnada elde edilen görüntü üzerinde söz konusu bozulmaların oluşmasına neden olur. Bu bozulmalar, görüntü dönüklüğü, boyuna çapraz tarama ötelemeleri şeklinde ortaya çıkar. Uyduda yer alan Durum Kontrol Alt sistemi (Attitude Control Subsystem) vasıtasıyla, söz konusu açısal değişimleri içeren konum bilgileri (efemeris verileri), belirli bir sıklıkta uydu yer istasyonuna iletilir. Daha sonra bu verileri esas alan yazılımlar kullanılarak, yer kontrol noktalarının da yardımıyla gerekli düzeltmeler gerçekleştirilir [3].

5. GPS İLE KONUM BELİRLEME

5.1. Giriş

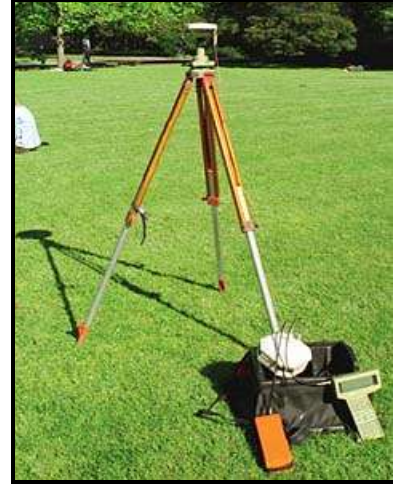
Transit sistemin gelişmiş bir biçiminden NAVSTAR/ GPS (Navigation Satellite Timing and Ranging/ Global Positioning System) ABD savunma dairesi tarafından geliştirilmiş olan ve elinde GPS alıcısı olan herhangi bir kullanıcının uydu sinyalleri yardımıyla:

- herhangi bir yerde ve zamanda,
- her türlü hava koşulunda,
- global bir koordinat sisteminde,
- yüksek duyarlılıkla,
- ekonomik olarak,
- anında ve sürekli konum hız ve zaman belirlemesine olanak veren bir radyo navigasyon sistemidir [23].

Global Konum Belirleme (GPS) günümüzde artık yalnızca kara, deniz ve hava araçlarının navigasyonu ve askeri amaçlı değil günlük yaşamımızın hemen her aşamasında kullanılan bir sistem haline gelmiştir. Jeodezik amaçlı mühendislik ölçmeleri, yer kontrol noktaları ile fotogrametri ve uzaktan algılama uygulamaları, Coğrafi Bilgi Sistemlerine (CBS) dayalı kullanımlar bugün GPS'in kullanıldığı alanlardan sadece birkaçıdır. Bu tez çalışmasının uygulama aşamasında, arazi çalışması sırasında yer kontrol noktaları Leica System 300 GPS ölçme aleti ile rölatif konum belirleme yöntemlerinden hızlı-statik GPS ölçme tekniği izlenerek ve Garmin eTrex summit el GPS'i kullanılarak tanımlanmıştır (Şekil 5.1). Leica System 300 GPS ölçme aletine ait teknik özellikler Tablo 5.1'de, El GPS'ine ait teknik özellikler Tablo 5.2'de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.1: Kullanılan GPS ölçme aletleri. (a) Garmin eTrex summit el GPS'i, (b) Leica system 300 GPS ölçme aleti.

Tablo 5.1: Leica system 300 GPS ölçme aletinin teknik özellikleri [24].

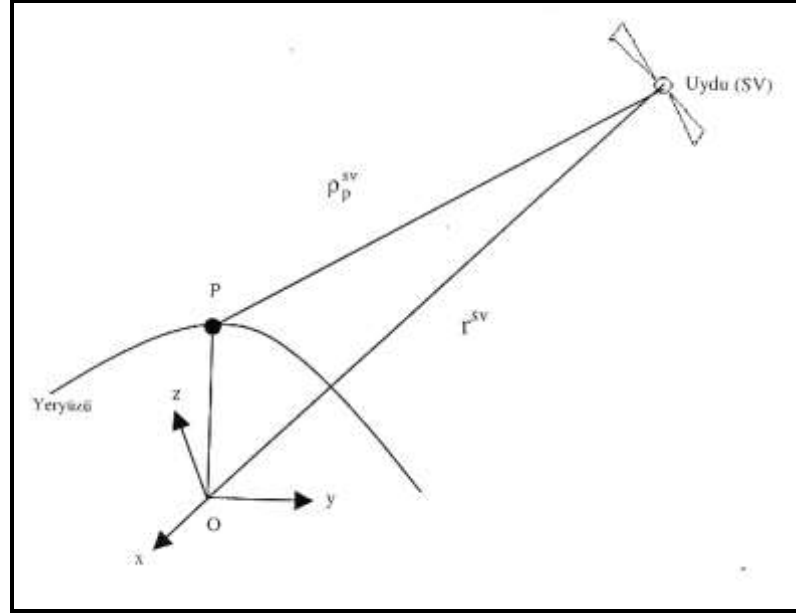
Algılayıcılar	SR399 ve SR9500
Yönetici aleti	CR344
Yazılım programı	RT- SKI
Radio- mode m	Her hangi uygun mode m (RS232, 4800)
Gerekli uydu sayısı	Belirsizlik çözümü için 5 uydu Belirsizlik çözümünden sonra 4 uydu
Doğruluk	Statik yönteminde, 5 mm + 1 ppm Hızlı-statik yönteminde, 5 mm-10 mm + 2 ppm Dur-git yönteminde, 10 mm + 2 ppm Kinetik yönteminde, 10 mm + 2 ppm
Maksimum menzil	10 km
Kayıt özelliği	0.5 MB, 2 MB, 4 MB PCMCIA hafıza kartları, 1 MB aletin hafızası
Güç kaynağı	Algılayıcı ve yönetici 12 V
Kayıdedilen ve görüntülenen koordinatlar	WGS- 84
Harita projeksiyonları	Transverse mercator, UTM, Lambert, diğer standart elipsoidler

Tablo 5.2: Garmin eTrex summit el GPS'inin teknik özellikleri [25].

Fiziksel özellikleri	
Boyutları	11.2 x 5.5 x 3.0 cm
Ağırlık	Pil ile birlikte 150 g
Ekran	Yüksek kontrastlı LCD
Kaynak	2 AA pil
Kasa	Su geçirmez
Navigasyon özellikleri	
Nokta işaretleme adedi	1000 adet isim ve grafik sembol
Kanallar	Otomatik kanal kaydetme
Harita datuları	100'den fazla datum
Koordinat formatları	Enlem boylam UTM UPS, Maidenhead, MGRS ve diğer gridler
Performans özellikleri	
Alıcı	WAAS uyumlu alıcılar, 12 paralel kanal alıcısı, konum belirleme ve güncelleme için 12 uydunun kullanımı
Konum belirleme zamanı	Ilık havada 15 sn, soğuk havada 45 sn, otomatik konum belirleme zamanı her 5 dakikada bir.
Güncelleme oranı	Devamlı olarak 1 sn. de bir
GPS doğruluğu	15 m'den az
DGPS doğruluğu	3-5 m arası
DGPS (WAAS) doğruluğu	3 m'den az

5.2 GPS ile Konum Belirleme

GPS ile konum belirleme uydu-alıcı uzaklıklarının hesabına dayanan bir uzayda geriden kestirme problemi'nin çözümüdür. Diğer bir deyişle, GPS alıcısında yapılan temel işlem tüm yönlerden gelen sinyallerin (azimut ve yükseklik bilgilerini içeren) kaydedilmesi ve bunlardan yararlanılarak uydu-alıcı uzaklıklarının hesaplanmasıdır (Şekil 5.2), [23].



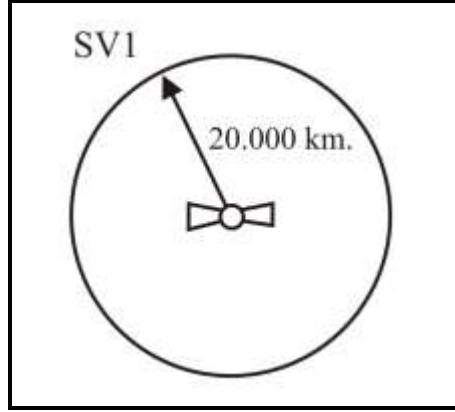
Şekil 5.2: GPS ile konum belirleme.

Şekil 5.2’den de görüleceği gibi hesaplanmak istenen, uydu (SV) ile alıcı (P) arasındaki ρ_p^{sv} uzaklığıdır. Burada SV, uydu konum vektörü olup uydu sinyallerinde yayınlanmaktadır (yayın efemerisi, IGS efemerisi). r^{sv} , alıcı konum vektörü olup hesaplanmaktadır. Uydu-alıcı uzaklığı (pseudorange) sinyalin uydudan alıcıya ulaşana kadar arada geçen zamanın ışık hızı ile çarpılması sonucu bulunmaktadır [23].

$$\rho_p^{sv} = c \Delta t \quad (5.1)$$

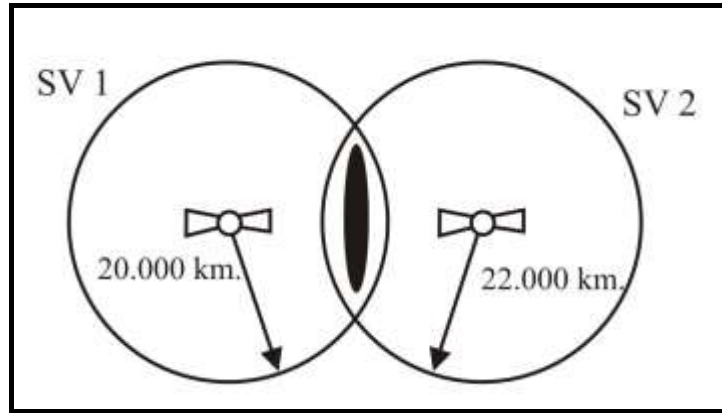
Daha sonra en az 4 uyduya eş zamanlı olarak yapılan gözlemlerle ve [5.1] eşitliği kullanılarak r^{sv} konum vektörü hesaplanmaktadır [23].

GPS ile konum belirlemede temel prensip geometrik olarak Şekil 5.3’de gösterilmektedir. Uydu-alıcı uzaklığının yaklaşık 20000 km kabul edilmesi durumunda, uydudan 20000 km uzaklıktaki nokta ile merkezi uydu ve yarıçapı 20000 km olan uzayda hayali bir küre tanımlanmış olmakta ancak kürenin neresinde bulunduğu kesin bir bilgi bulunmamaktadır. Eldeki tek bilgi uyduya 20000 km’den daha yakın ya da daha uzak olduğunu [23].



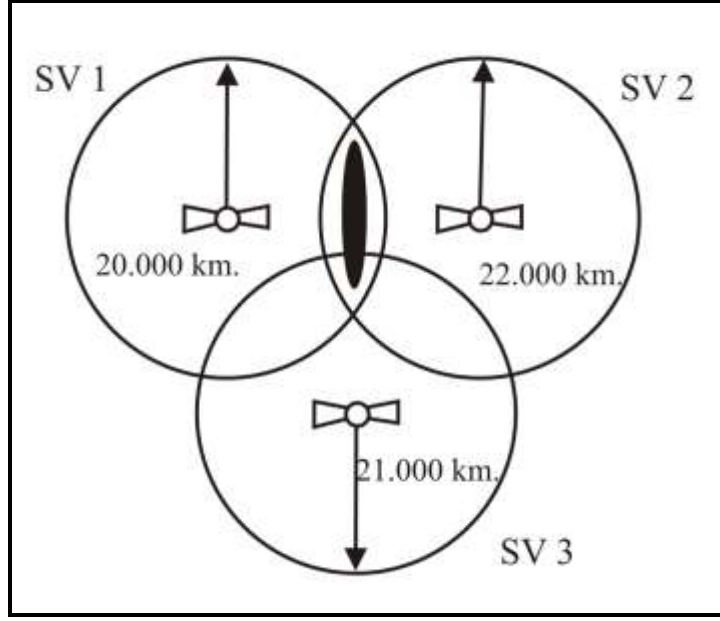
Şekil 5.3: Tek bir uydudan tek bir alıcıya uzaklık

Konum belirlemedeki bu belirsizliği indirgemek için ikinci bir uyduya da uzaklık ölçüsü yapılmalıdır. İkinci uyduya da 22000 km uzaklıkta olduğu düşünülürse, birinci uydudan 20000 km ve ikinci uydudan 22000 km uzaklıkta bulunan nokta iki kürenin arakesiti olan daire üzerinde olacaktır (Şekil 5.4), [23].



Şekil 5.4: İki uydu, iki alıcı uzaklığı.

Şekil 5.4'teki ortak arakesitin neresinde olduğunu dair kesin bir bilgi olmadığından üçüncü bir uyduya daha gözlem yapılmalıdır. Bu uydunun uzaklığının da 21000 km olduğu kabulü ile bu üç uyduya ait kürelerin kesişim noktası uzayda iki noktaya tanımlanmaktadır (Şekil 5.5), [23].



Şekil 5.5: Üç uydu, üç alıcı uzaklığı.

Bu iki nokta 21000 km uzaklıktaki uyduya (SV3) ait kürenin, SV1 (20000 km) ve SV2 (22000 km) uydularına ait kürelerinin kesiştiği noktalaradır [23].

Bulunan nokta bu iki noktadan birisi olmasına karşılık hangisinin doğru olduğu tam olarak bilinmemektedir. Bu problemin çözümü için birçok varsayıma yapılabileceği gibi en uygun ve kesin çözüm dördüncü bir uyduya gözlem yapmaktır. GPS ölçülerinde temel olarak zaman ölçüldüğü için (gerçekte verilen örnekteki uzaklıklar yerine zaman kullanılmaktadır) dördüncü uydu, alıcı saati hatasının giderilmesi için kullanılmaktadır [23].

5.3 GPS ile Konum Belirlemede Kullanıcı Seviyeleri

GPS ile konum belirleme ve navigasyon hizmetleri iki farklı kullanıcı seviyesinde sunulmaktadır. Bunlar Standart Konum Belirleme Hizmeti (SPS, Standart Positioning Service) ve Duyarlı Konum Belirleme Hizmeti (PPS, Precise Positioning Service) dir. PPS, yüksek doğruluklu konum hız ve zaman belirleme hizmeti olup yalnızca yetkili kullanıcılara açıktır. PPS ile sağlanan konum doğruluğu 16 metreden daha iyi, UTC zaman transferi doğruluğu 100 nanosaniye ve hız doğruluğu 0.1 metre/saniye dir. PPS kullanıcıları genellikle askeri amaçlı kullanıcılar olup, yetkili kullanıcı olma izni ABD savunma dairesi tarafından verilmektedir. PPS'e erişim AS (Anti Spoofing) kripto

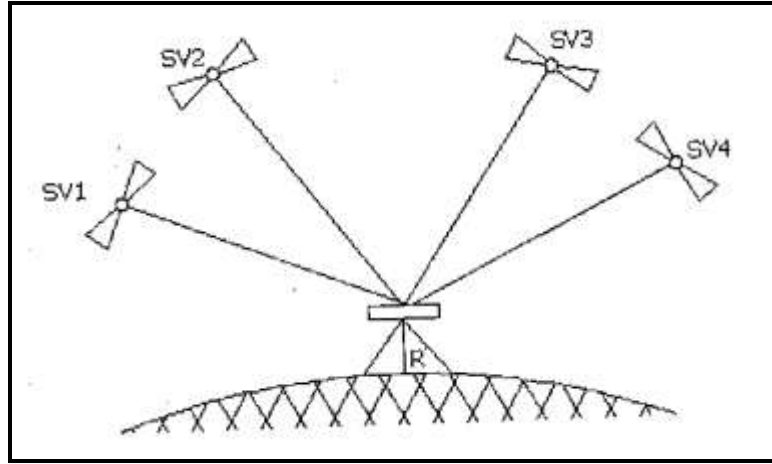
özelliği ile kontrol edilmede olup rastlantısal olarak daha önceden i kaz edilmede n eden olası elektronik aldatmayı (PPS sinyalinin düşman tarafından taklit edilmesi) engellemek amacıyla uygulanmaktadır [23].

SPS ise, tüm kullanıcılara açık olup doğruluğu PPS'den daha düşüktür. SPS ile elde edilen 3 boyuttaki konum doğruluğu yaklaşık 156 metre, zaman doğruluğu 170 nanosaniyedir. SA etkisinin 1 Mayıs 2000 tarihinden itibaren uygulamadan kaldırılmasıyla SPS doğruluğunun daha da iyileşmesi umulmaktadır [23].

5.4 Mutlak Konum Belirleme

GPS ile konum belirlemede mutlak konum belirleme (Absolute / Point Positioning) ve rlatif konum belirleme yöntemleri kullanılmaktadır (Relative Positioning).

Mutlak konum belirlemede tek bir alıcı ile normal olarak dört ya da daha fazla uydudan kod gözlemleri yapılarak üzerinde alıcı kurulu olan noktanın koordinatları belirlenmektedir (Şekil 5.6), [23].

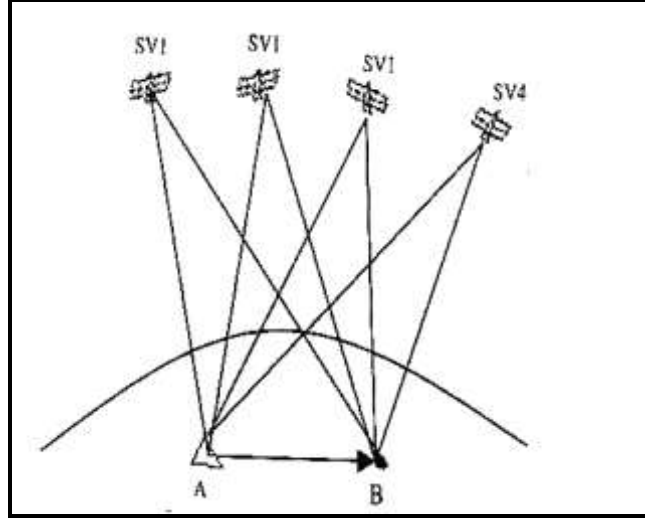


Şekil 5.6: Mutlak konum belirleme.

Yöntem sinyalin uydu çıkışından alıcıya varışına kadar geçen zaman ve ışık hızı çarpılarak hesaplanan uydu-alıcı uzaklıkları ve uyduların bilinen koordinatları ile uzayda geri den kestirmedi esasına dayanmaktadır. Alıcı koordinatları, kullanılan kod bilgisi ne (P kod, C/A kod) ve uydu geometrisine bağlı olarak anında ve mutlak anlamda belirlenebilmektedir. Bu yöntem alıcının sabit olması durumunda statik, hareketli olması durumunda ise kinematik konum belirleme olarak tanımlanır [23].

5.5 Röl atif Konu m Belirle n e

Röl atif konu m belirle m e de koor di natları bilinen bir noktaya göre di ğer nokt a ya da nokt alar ın koor di natları n ın belirle n e si söz konusudur. Baş ka bir deyiş le, röl atif konu m belirle n e ile iki nokt a arasındaki baz vekt örü belirle n e kt e dir (Ş e kil 5.7).



Ş e kil 5.7: Röl atif konu m belirle n e .

Ş e kil 5.6' da A nokt ası, koor di natları bilinen bir referans (sabit) nokt ası nı, B nokt ası ise koor di natları hesap lanacak olan di ğer nokt ayı ifade et me kt e dir. M ate matiksel olarak B nokt ası n ın koor di natları,

$$X_B = X_A + b_{AB} \quad (5.2)$$

$$b_{AB} = \begin{bmatrix} \Delta X_{AB} \\ \Delta Y_{AB} \\ \Delta Z_{AB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_B - X_A \\ Y_B - Y_A \\ Z_B - Z_A \end{bmatrix} \quad (5.3)$$

eş itlikleri ile el de edil me kt e dir [23].

Röl atif konu m belirle n e iç i ni ki ayrı nokt a da kurul mış ol an i ki al ıcı ile aynı uydul ara eş za m anlı kod ya da faz göz le m leri söz konusudur. Röl atif konu m belirle n e ile el de edil en doğ ru luk mut lak konu m belirle n e den çok daha iyi olup, al ıcı ti pi (P kod lu, P kodsuz), ölç ü süresi göz le nen uydu geo m etrisi, uydu say ısı ve kullanılan efe n e ris bil gisi ne (yay ın

ya da duyarlı) bağı olarak elde edilen doğruluk 0.001 ile 100 ppm arasında değişmektedir [23].

Kod gözlemleri ile anında konum belirleme amacı için yeterli doğruluk sağlanmakta ve pratik olarak büyük önem taşımaktadır. Ancak, mühendislik hizmetleri için çok daha duyarlı sonuçlara gereksinim vardır. Bu amaç için faz gözlemleri kullanılmaktadır. Faz gözlemleri kullanılarak yapılan rölatif konum belirlemede genel olarak beş farklı yöntem mevcut olup bunlar ;

- 1- Statik ölçü yöntemi,
- 2- Hızlı-statik ölçü yöntemi,
- 3- Dır- Gt (stop and go) ölçü yöntemi,
- 4- Kinematik ölçü yöntemi,
- 5- Tekrarlı ölçü yöntemi dir [23].

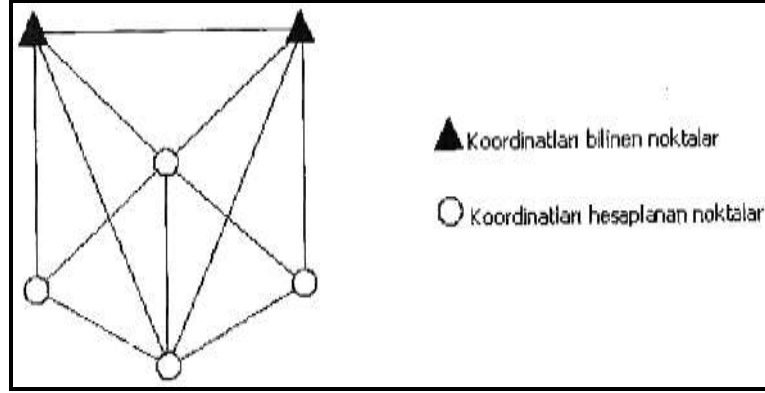
5.5.1 Statik Ölçü Yöntemi

Statik ölçü yöntemi klasik GPS ölçü tekniği olup,

- Çok yüksek doğruluk istendiğinde (yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi),
- Uzun bazlar söz konusu olduğunda (plaka hareketlerinin belirlenmesi),
- Mevcut uydu geometrisi başka bir ölçüm tekniğine olanak vermediğinde ve
- Sistematik etkilerin dikkate alınması durumunda (örn. iyonosfer, troposfer)

en iyi yöntemdir.

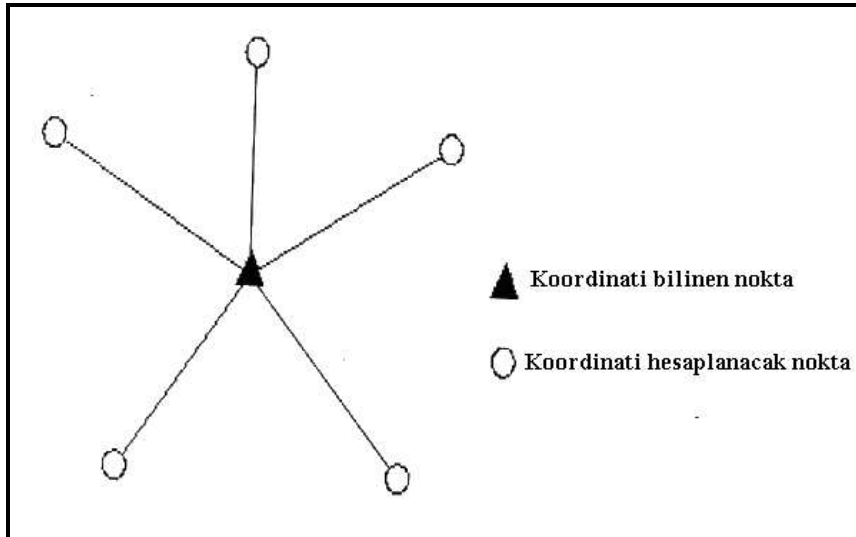
Bu ölçü yönteminde iki ya da daha fazla sayıda alıcı ile en az bir saat (yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda 24 saat) eş zamanlı ölçü yapılmaktadır (Şekil 5.8), [23].



Şekil 5.8: Statik ölçü yöntemi.

5.5.2 Hızlı Statik Ölçü Yöntemi

Bu yöntemde bir çeşit statik ölçü yöntemi olup çok daha kısa süreli ölçülerle duyarlı sonuçların alınması nedeniyle ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır. Genel olarak, alıcılardan birisi referans noktası üzerinde sabit bırakılarak sürekli gözlem yaparken diğer alıcı ya da alıcılar diğer tüm noktalara çok kısa süreler için kurularak eş zamanlı gözlemler yapılır (Şekil 5.9), [23].



Şekil 5.9: Hızlı statik ölçü yöntemi.

Hızlı statik yöntemin uygulanmasında, konumu belirlenecek olan yeni noktalar arasında alıcı taşınırken açık olması gerekmektedir. Bu da pratik açıdan büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu yöntemde ölçü süresi noktalar arası uzaklığa ve uydu geometrisine

bağılı olup, uydu sayısı arttıkça aynı uzunlukta bazda ölçü süresi azaltılabilir (Tablo 5.3), [23].

Tablo 5.3: Uydu sayısı ve ölçü süresi arasındaki ilişki.

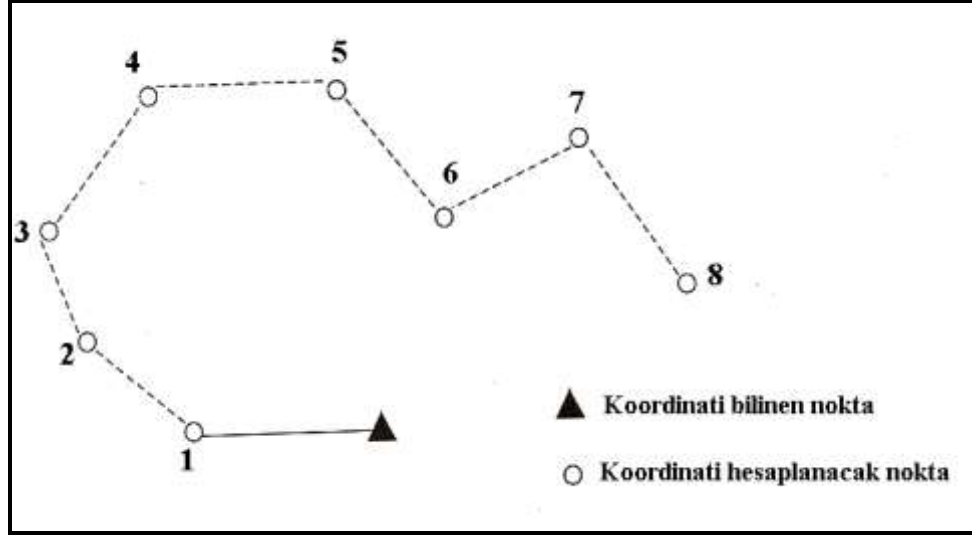
Uydu Sayısı	Ölçü Süresi (dak.)
4	>20
5	10-20
6 ve daha fazla	5-10

Hızlı statik ölçü yöntemi, özellikle kısa sürede çok sayıda noktanın doğru ve ekonomik olarak ölçülmesi gerektiği durumlarda en iyi yöntemdir.

5.5.3 Dur- Gt (Stop and Go) Ölçü Yöntemi

Bu yöntemde bir alıcı, konumu bilinen bir nokta üzerinde sabit ve sürekli olarak izlenmektedir. İkinci alıcı ise önce herhangi bir noktaya kurulur (Şekil 5.10). Birinci noktada aynen hızlı statik yöntem kullanılıyor muş gibi birkaç dakikalık ölçü yapılır. Bunun nedeni bu noktada faz başlangıç belirsizliklerinin çözülmesi zorunluluğudur. Birkaç dakikalık ölçü ile başarılı bir faz belirsizliği çözümü için yeterli veri toplandıktan sonra söz konusu ikinci alıcı uydulara olan izleneyi devam ettirerek diğer noktalar birkaç epokluk (10-20 sn'lik) ölçülerle gezilir. Alıcının bir noktadan diğerine giderken izleneyi devam ettirmesinin nedeni, ilk noktadaki belirsizlik değerlerinin diğer noktalara da aynı şekilde taşınması zorunluluğudur. Eğer bu arada izlemede kesilme olursa ya da uydu sayısı 4'ün altına düşerse bu durumda sonraki noktalarda birkaç epokluk ölçü yapmak yeterli olmayacaktır. Dolayısıyla böyle bir durumda ya geri dönülerek aynı işlemler tekrarlanacak ya da bir sonraki noktadaki kalış süresi uzayacaktır [23].

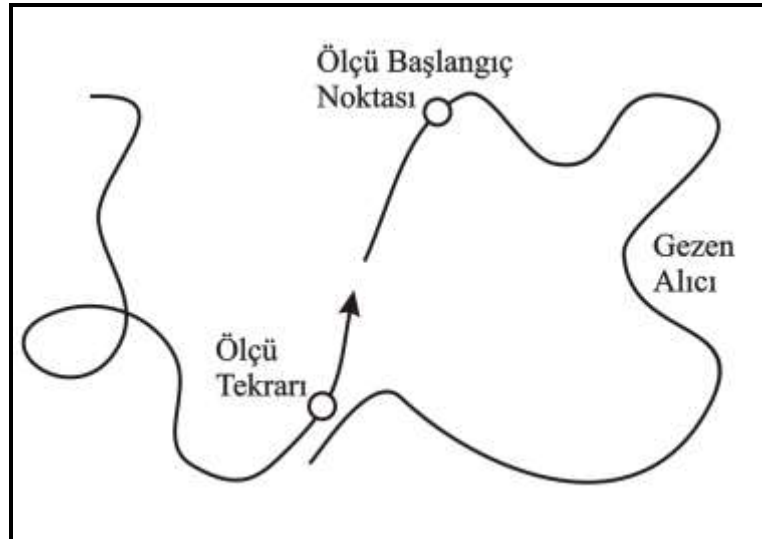
Bu yöntem özellikle ölçü noktaları birbirine çok yakınsa iyi sonuçlar vermektedir [23].



Şekil 5.10: Dur- Gt ölçü yöntemi

5.5.4 Kinematik Ölçü Yöntemi

Dur- Gt ölçü yönteminin daha genel bir şeklidir. Bu yöntemde amaç tek tek noktaların ölçülmesi olmayıp hareket eden bir antenin güzergahının belirlenmesidir (Şekil 5.11). Diğer bir ifadeyle Dur- Gt yönteminde önceden belirlenen noktalarda konum belirlenme söz konusu iken, kinematik yöntemde bir güzergah tespit edilmekte ve bu güzergah üzerinde belirli zaman aralıkları ile nokta konumları belirlenmektedir [23].



Şekil 5.11: Kinematik ölçü yöntemi.

Burada faz belirsizliği bilinmeyenlerinin çözülmesi yine esastır. Dolayısıyla ikinci alıcı gezdirilmeye başlanmadan önce faz belirsizliği bilinmeyenlerinin çözümü için yine alıcılardan biri konumu bilinen bir noktaya, ikinci alıcı ise herhangi bir noktaya kurulur ve başarılı bir faz belirsizliği çözümü için gerekli veri toplanana kadar ölçüye statik durumda devam edilir. Daha sonra diğer noktalarda önceden belirlenen ölçü aralıkları ile (örn. 1-2 saniye aralıklarla) ölçüye devam edilerek hareket halindeki antenin konumu belirlenmiştir olur. İkinci alıcı hareket halinde iken en az dört uydunun sürekli izlenmesi gerekmektedir. Uydu sayısı dördün altına düştüğü an faz belirsizliği bilinmeyenleri yeniden belirlenmelidir. Bu işlemise Dur-Gt yönteminde olduğu gibi yapılmalıdır [23].

Bu yöntem hızlı ve ekonomik bir ölçü tekniği olup özellikle hareket halinde ve hidrografik amaçlı ölçülerde uygundur [23].

Buraya kadar açıklanan yöntemlere bakılınca görülmektedir ki klasik olarak statik ölçü yöntemi ile saatleri bulan uzun ölçüm süreleri gereklidir. Diğer taraftan günümüzde zaman çok önemli bir faktör haline gelmiş olup güncel mühendislik uygulamalarında en az ölçü süresi ile maksimum doğruluk elde etme düşüncesi ön plana çıkmıştır. Bugüne kadar yapılan çalışmalar uygun uydu geometrisi ve en az 4 uydu ile yalnızca birkaç dakikalık ölçünün faz başlangıç belirsizliklerini çözmeye ve sonuç olarak 20 km ye kadar olan uzaklıklar için beklenen jeodezik duyarlılıkları elde etmeye yeterli olduğunu göstermektedir. Söz konusu yöntemler kullanılırken uydu sayısı 4'ten az olduğu durumda faz belirsizliği çözümü olanaklı olmayacağından değerlendirme sonucu elde edilecek doğruluk da oldukça düşecektir [23].

Sonuç olarak bu yöntemlerle ideal şartlarda elde edilebilecek doğruluklar Tablo 5.5'de verilmiştir [23].

5.5.5 Tekrarlı Ölçü Yöntemi

Bu yöntem statik ile kinematik arasında bir yöntemdir ve kinematik yönteme göre daha az, statik yönteme göre ise daha fazla sayıda nokta üretebilir. Bu yöntem bir ya da iki saatlik bir ölçü süresinin başlangıç ve sonunda, değişen uydu geometrisinden yararlanmak için, bir noktanın birkaç dakika süre ile iki defa ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Bir noktadan diğerine gidilirken alıcıların uydu izlemeye devam etmesi zorunluluğu yoktur. Ölçü zamanı olarak uydu geometrisinin hesaplanan yatay ve düşey

koordinatlara olan etkisini en küçük (uyduların en iyi geometrik dağılımında) olduğu periyotlar seçilmektedir. Tekrarlı ölçü yönteminde en iyi sonuçlar değişen uydu geometrisine bağlı olarak kısa baz uzunluklarında (<10 km) alınmaktadır. Bu yöntemde her bir nokta en az 10' ar dakikalık sürelerle iki defa ölçülür ve bu iki ölçü sırasında en az 1 saat fark olmalıdır. İki ölçü en fazla dört saat içerisinde tekrar edilmektedir. Ölçüler değerlendirilirken bu iki bağımsız ölçü kümesi sanki her noktada tek bir gözlem varmış gibi ele alınmakta ve her iki ölçüde mevcut tüm uydular kullanılmaktadır. Böylece örneğin her bir ölçüde 4'er uydu varsa sonuç olarak bir ya da iki saat içerisinde 8 uydudan gözlem yapılmış olmaktadır. Bu yöntem özellikle zayıf uydu geometrisi olduğu durumlarda ya da tek frekanslı alıcılar varsa uygun bir ölçü tekniğidir [23].

Tablo 5.4: Ölçü yöntemlerinde elde edilebilecek doğruluklar.

Ölçü Yöntemi	Elde Edilebilecek Baz Ölçüm Doğruluğu
Statik	5 mm + 1 ppm
Hızlı-Statik	5-10 mm + 1 ppm
Dur-Gt	1-2 cm + 1 ppm
Tekrarlı Ölçü	5-10 mm + 1 ppm
Kinematik	1-2 cm + 1 ppm

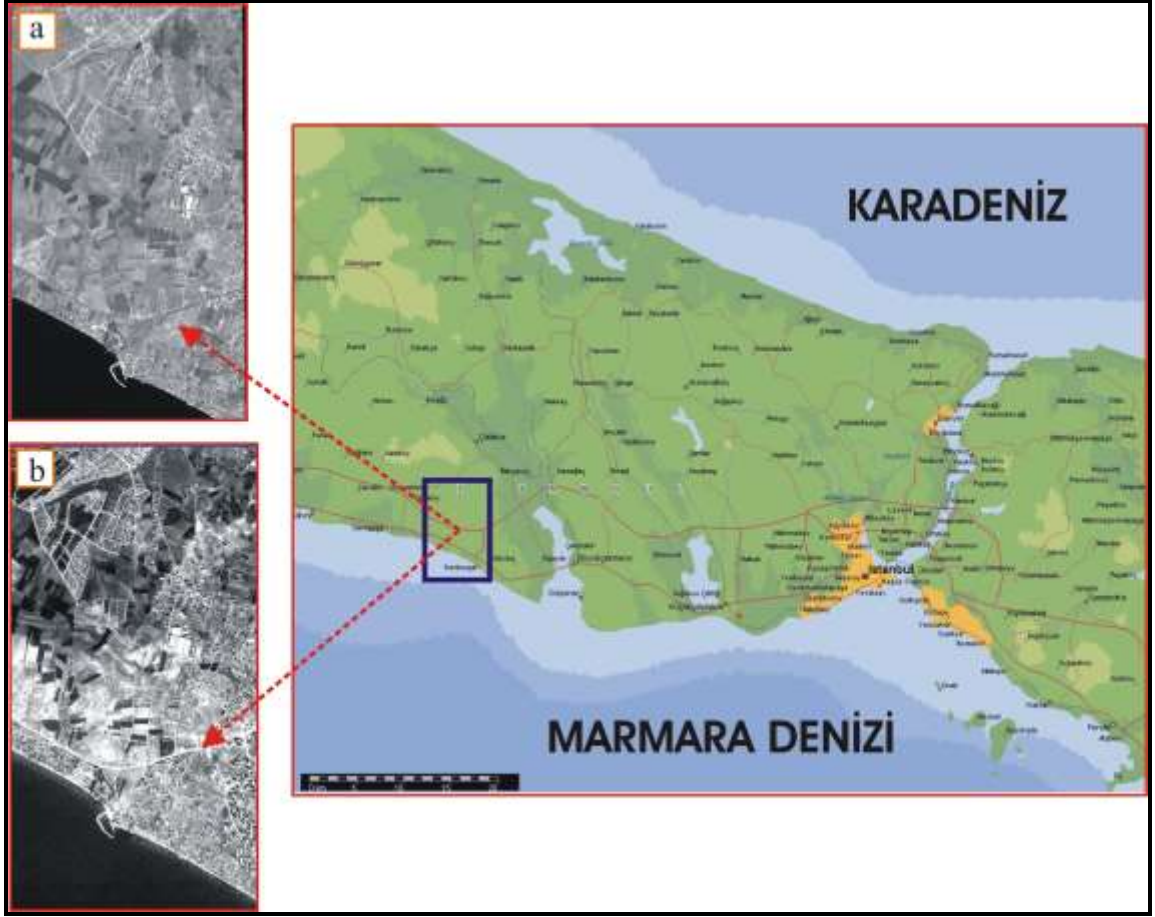
6. UYGULAMA

Bu çalışmada kullanılan yüksek çözünürlüklü iki uydu görüntüsünün geometrik doğruluklarının analizi için uydu görüntüleri ülke koordinat sistemine kayıtl edilmişlerdir. Bu amaçla yönelik olarak kullanılacak yer kontrol noktalarının seçiminde hızlı-statik GPS ölçmesi, el GPS ölçmesi ve 1/5000 ölçekli ortofotolar kullanılmıştır. Değişik teknikler kullanılarak seçilen yer kontrol noktalarının koordinatları UTM projeksiyon sisteminde ve ED-50 (European Datum 1950) datumunda hesaplanmıştır. Ülkemizde yatay konum bilgileri için referans yüzeyi olarak Hayford elipsoidi ve ED-50 datumu kullanılmaktadır. Dönüşüm parametreleri kullanılarak WGS 84 sisteminden ED-50 sistemine koordinat dönüşümü yapılmıştır.

6.1. Çalışma Alanı

Büyükçekmece ilçesi, İstanbul’u oluşturan 32 ilçeden biri olup, $41^{\circ} 03'$ enlem ve $28^{\circ} 45'$ boylama sahiptir. Güneyde Marmara denizi, doğuda, Avcılar ve Küçükçekmece, kuzeyde Çatalca ve batıda Silivri ilçeleri ile çevrelenmektedir. Büyükçekmece 9 adet beldeden oluşmaktadır: Büyükçekmece Merkez, Kavaklı, Yakuplu, Kıraç, Gürpınar, Esenyurt, Marmarınan, Kumburgaz ve Tepecik, ayrıca Büyükçekmece’ye bağlı 5 adet köy bulunmaktadır: Türkoba, Hoşdere, Çakmaklı, Karaağaç ve Ahmediye. Çalışma alanı, Kumburgaz belediyesi ve Türkoba köyünü içermektedir (Şekil 6.1).

Göç sebebiyle kıyı bölgelerdeki ilçe nüfusu büyük oranda artış göstermektedir. Ayrıca yazlık ikametlerin çok fazla olması yaz mevsiminde ilçe nüfusunu artıran diğer etkenlerdendir [26].



Şekil 6.1: Çalışma alanının haritası ve uydu görüntüleri. (a) QuickBird görüntüsü, (b) Ikonos görüntüsü

6.3 Çalışmada Kullanılan Veriler

Bu çalışmada 2002 tarihli pankromatik Ikonos ve 2003 tarihli pankromatik QuickBird uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntülerine ait detaylı bilgiler Tablo 6.1’de verilmiştir.

Tablo 6.1 : Kullanılan uydu görüntülerinin özellikleri.

Uydu	Tarih	Spektral çözünürlük (μm)	Uzaysal çözünürlük (m)	Radyometrik çözünürlük
Ikonos	13/02/2002	0.45-0.52 (Görünür) 0.52-0.60 (Görünür) 0.63-0.69 (Görünür) 0.76-0.90 (Yakın kızılötesi) 0.45-0.90 (Pankromatik)	3.28-4 m MS 0.82-1 m Pan	11 bit
QuickBird	03/05/2003	0.45-0.52 (Görünür) 0.52-0.60 (Görünür) 0.63- 0.69 (Görünür) 0.76-0.90 (Yakın kızılötesi) 0.52-0.90 (Pankromatik)	2.44-2.88 m MS 0.61-0.72 m Pan	11 bit

Yersel veri olarak 1996 yılına ait ortofoto haritaları kullanılmış (Tablo 6.2) ve GPS ölçümleri Leica System300 GPS'i ve Garmin eTrex summit el GPS'i ile yapılmıştır.

Tablo 6.2 : Çalışmada kullanılan ortofoto haritaları.

Kırklareli	İstanbul	İstanbul
F20c-25b	F21d-21a	F21d-21b
Kırklareli	İstanbul	İstanbul
F20c-25c	F20d-21d	F21d-21c
	Bursa	Bursa
	G21a-01a	G21a-01b

6.3 Hızlı-Statik GPS Ölçmesi İle Elde Edilen YKN'ları İle Yapılan Geometrik Kayıt

Hızlı-statik GPS ölçme tekniğinde, iki sabit alıcı (biri İstanbul Teknik Üniversitesi-İGS-İSTA noktası, diğeri çalışma alanındaki bir nirengi noktası) ile kesintisiz olarak uydulardan eş zamanlı veri toplanırken bir GPS gezicisi ile daha önceden görüntü üzerinden seçilmiş yer kontrol noktalarında veri toplaması sağlanmıştır. Her YKN'nda minimum 4 uydu izlenerek 5 saniye aralıklarla 5 dakika ölçüm yapılmıştır ve en az 60 epok toplanmıştır. GPS noktalarının çözümlenebilmesi için 2 adet sabit noktada (koordinatları daha önceden bilinen) sürekli ölçümler yapılmıştır. Bunlardan biri İTÜ'nün içindeki İGS-İSTA noktası, diğeri ise bölgedeki bir nirengi noktasıdır. Çalışma alanında çoğunlukla YKN'sı olarak iskele, bina ve parsel köşeleri seçilmiştir. Daha sonra bu ölçümler bilgisayar ortamına aktararak Ski-Pro GPS programında değerlendirilmiş ve YKN'larının UTM koordinatları cm hassasiyetinde elde edilmiştir.

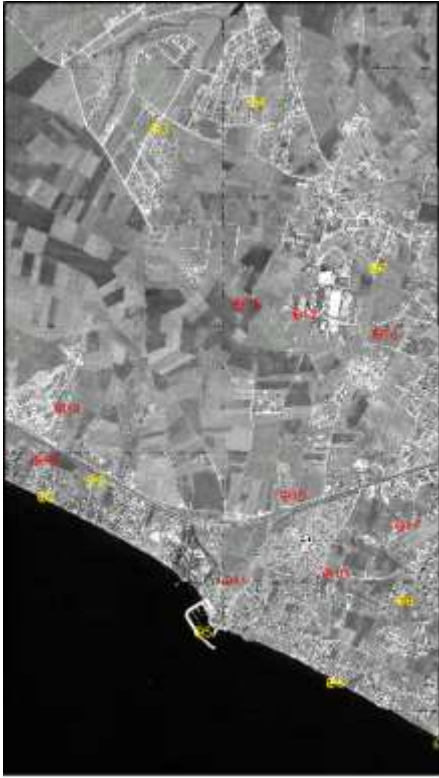
Tablo 6.3'te 45 adet YKN'sının Ski-Pro GPS değerlendirme programı ile elde edilen sağa ve yukarı değerleri ile bu noktaların karesel ortalama hataları verilmiştir.

Tablo 6.3: Ölçülen YKN'larının sağa, yukarı değerleri ve karesel ortalama hataları

Nokta No	Türü	Sağa (m)	Yukarı (m)	H (m)	Konum koh	Kon+H koh
ISTA	Contrd	669565,7	4552317	147,3127	0	0
n1	Adj ust ed	628578,9	4540560	128,9332	0,0021	0,0042
45	Adj ust ed	629294,6	4544546	76,5597	0,0320	0,0701
44	Adj ust ed	629206,4	4544013	80,5321	0,0401	0,0847
43	Adj ust ed	628809,3	4543276	119,4041	0,0242	0,0511
42	Adj ust ed	628467,9	4542934	156,6307	0,0131	0,0261
41	Adj ust ed	627556,0	4543878	155,804	0,0530	0,0984
39	Adj ust ed	628164,2	4543816	151,3403	0,0192	0,0291
38	Adj ust ed	628288,4	4544536	158,7966	0,0390	0,0642
37	Adj ust ed	628291,3	4545060	136,4494	0,0318	0,0549
36	Adj ust ed	627360,5	4545404	76,9926	0,0321	0,0638
35	Adj ust ed	627385,1	4544418	151,9059	0,0158	0,0360
34	Adj ust ed	626707,9	4545027	104,1764	0,0265	0,0628
33	Adj ust ed	626506,7	4544190	134,2777	0,0263	0,0670
32	Adj ust ed	626041,6	4544078	152,8976	0,0249	0,0823
31	Adj ust ed	625453,1	4544906	157,2677	0,0363	0,0868
30	Adj ust ed	626462,5	4543281	144,6427	0,0464	0,0872
29	Adj ust ed	627262,4	4542605	205,6963	0,0461	0,0835
28	Adj ust ed	627774,9	4542525	186,0458	0,0192	0,0352
27	Adj ust ed	626777,4	4540782	79,4812	0,0219	0,0428
26	Adj ust ed	625818,9	4542247	164,9705	0,0164	0,0321
25	Adj ust ed	625667,1	4541663	127,5206	0,0125	0,0241
24	Adj ust ed	626400,7	4542221	133,3485	0,0089	0,0174
23	Adj ust ed	626831,0	4541205	111,2082	0,0151	0,0325
22	Adj ust ed	628548,9	4541721	152,0637	0,0110	0,0232
21	Adj ust ed	629123,3	4542432	149,859	0,0124	0,0246
20	Adj ust ed	628490,0	4542339	174,2076	0,0169	0,0346
18	Adj ust ed	627669,3	4540889	105,9968	0,0237	0,0355
17	Adj ust ed	629199,3	4541252	117,054	0,0142	0,0240
16	Adj ust ed	628688,7	4540617	121,9785	0,0340	0,0625
14	Adj ust ed	629301,6	4539245	81,2794	0,0156	0,0376
13	Adj ust ed	629029,5	4538669	38,0769	0,0242	0,0617
12	Adj ust ed	628049,6	4540185	77,4576	0,0375	0,1236
11	Adj ust ed	627155,6	4540126	57,4905	0,0189	0,0477
10	Adj ust ed	625495,6	4540879	38,552	0,0183	0,0381
9	Adj ust ed	626036,3	4540575	37,6751	0,0281	0,0513
8	Adj ust ed	625934,7	4541035	61,8867	0,0152	0,0277
7	Adj ust ed	625452,9	4541208	67,5274	0,0291	0,0607
6	Adj ust ed	626678,6	4540100	38,3994	0,0180	0,0351
5	Adj ust ed	626507,1	4540497	47,1547	0,0206	0,0395
4	Adj ust ed	626910,3	4540348	64,6399	0,0332	0,0641
3	Adj ust ed	626884,7	4539665	38,2058	0,0287	0,0594
2	Adj ust ed	628077,5	4539215	37,907	0,0206	0,0448
1	Adj ust ed	628696,7	4539939	83,3859	0,0600	0,1328
40	Navi g at ed	627611,2	4543116	188,8817	0	0
19	Navi g at ed	627211,6	4541941	169,2893	0	0
15	Navi g at ed	629245	4540147	102,3555	0	0

Hızlı-statik yöntem ile 45 adet YKN'sı seçilmiştir ancak, geometrik dönüşümde en iyi karesel ortalama (rms) hatayı veren ve en iyi dağılım gösteren noktalar geometrik

dönüşümde kullanılmıştır. Çalışma alanında daha fazla YKN'sı toplanamamasının nedenleri bölgedeki bazı parsel sınırları içinde ölçüm yapabilmek için gerekli iznin alınamamış olmasıdır. İlk olarak her iki görüntüde seçilen aynı 9 YKN'sı (Tablo 6.3, Şekil 6.2, Şekil 6.3, Şekil 6.4'te sarı renk ile gösterilen) ile 1. derece geometrik dönüşüm daha sonra her iki görüntüde seçilen aynı 18 YKN'sı kullanılarak 1. ve 2. derece geometrik dönüşüm uygulanmış ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin geometrik doğrulukları test edilmiştir. Şekil 6.2(a) ve (b)'de hızlı-statik GPS yöntemiyle QuickBird ve Ikonos görüntülerinin üzerinde seçilen YKN'larının dağılımı, Tablo 6.4'te ise dönüşüm sonrası hesaplanan karesel ortalama hataları göstermektedir.



(a)



(b)

Şekil 6.2: Hızlı-statik GPS ölçme tekniği ile (a) QuickBird görüntüsü üzerinde seçilen 18 YKN (b) Ikonos görüntüsü üzerinde seçilen 18 YKN

Tablo 6.4: Hızlı-statik GPS tekniği kullanılarak belirlenen YKN'ları ile yapılan dönüşümler sonrası elde edilen doğruluklar.

	YKN sayısı	1. derece dönüşüm r ns(m)	2. derece dönüşüm r ns(m)
Ikonos	9	6.43	
	18	9.17	5.25
QuickBird	9	1.97	
	18	5.71	3.42

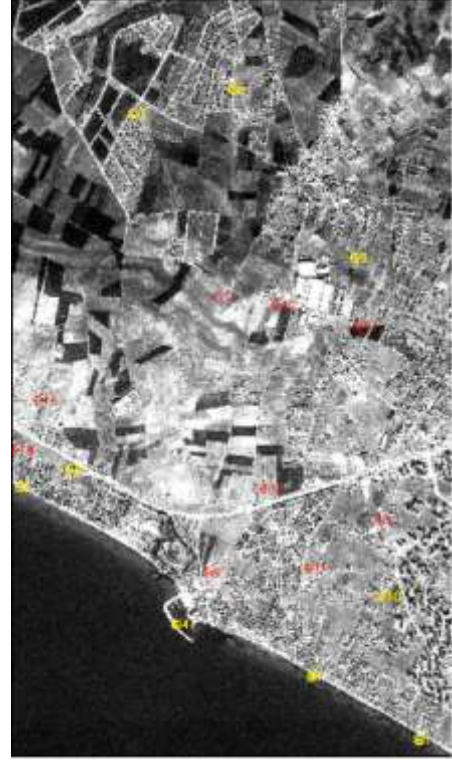
QuickBird ve Ikonos görüntülerinden seçilen aynı 9 YKN'sı ile sadece 1. derece dönüşüm yapılmıştır ve bu dönüşüm sonrasında hesaplanan karesel ortalama hataların (r ns) QuickBird görüntüsü için daha düşük olduğu görülmektedir. Görüntülerden seçilen aynı 18 YKN'sı kullanılarak yapılan 1. derece dönüşümünde de QuickBird görüntüsünün karesel ortalama hatasının daha düşük olduğu görülmektedir. 2. derece dönüşümlerde ise, dönüşümün derecesi arttıkça karesel ortalama hatasının düştüğü ancak yine QuickBird görüntüsü için hesaplanan karesel ortalama hatasının daha düşük olduğu görülmektedir (Tablo 6.4). Seçilen ilk 9 YKN'sı numara sırasıyla verilmiş olup, 18 YKN'sı da bu ilk 9 YKN'sı m kapsamaktadır.

6.4 H GPS İle Elde Edilen YKN'ları İle Yapılan Geometrik Kayıt

Çalışmanın ikinci aşamasında, el GPS'i ile seçilen YKN'ları kullanılarak yüksek çözünürlüklü görüntüleri geometrik olarak düzeltilmişlerdir. Bu uygulama sırasında YKN'larının otplanması için çalışma alanına bir kez daha gidilmiştir ve YKN'larının her birinde en az 5 dakika ölçüm yapılarak koordinatlar kaydedilmiştir. Bu yöntemle iki görüntü üzerinde önce aynı 9 YKN'sı seçilerek 1. derece geometrik dönüşüm uygulanmış daha sonra aynı yöntemle 18 YKN'sı seçilerek 1. ve 2. derece geometrik dönüşüm uygulanmıştır. Şekil 6.3 (a) ve (b)'de el GPS ölçme tekniği ile görüntüler üzerinden seçilen YKN'larının dağılımı, Tablo 6.5'te ise dönüşüm sonrası hesaplanan karesel ortalama hataları (r ns) gösterilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 6.3: El GPS ölçme tekniği ile (a) QuickBird görüntüsü üzerinde seçilen 18 YKN (b) Ikonos görüntüsü üzerinden seçilen 18 YKN

Tablo 6.5: El GPS ölçme tekniği kullanılarak belirlenen YKN'ları ile yapılan dönüşüm sonrası elde edilen doğruluklar.

	YKN sayısı	1. derece dönüşüm r ns (m)	2. derece dönüşüm r ns(m)
Ikonos	9	7.85	
	18	8.94	6.57
QuickBird	9	9.98	
	18	14.36	11.40

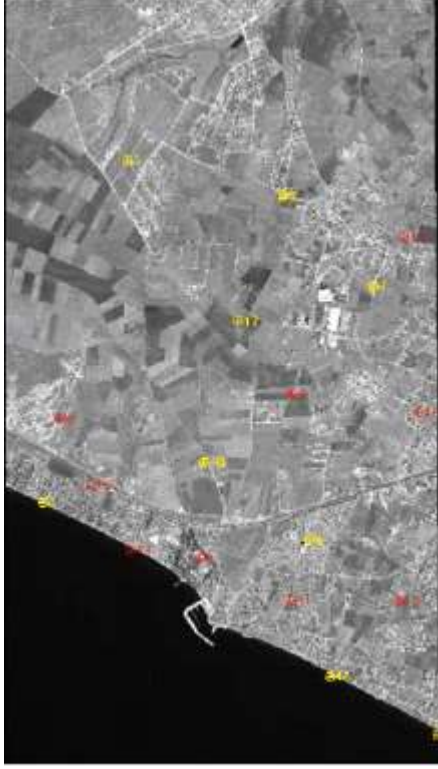
El GPS'i kullanılarak QuickBird ve Ikonos görüntülerinden toplanan aynı 9 YKN'sı ile 1. derece geometrik dönüşüm yapılmıştır ve dönüşüm sonrası Ikonos görüntüsü için hesaplanan karesel ortalama hatanın (r ns) daha düşük olduğu görülmektedir. Aynı yöntemle 18 YKN'sı seçilerek yapılan 1. derece dönüşüm sonrasında yine Ikonos görüntüsü için hesaplanan karesel ortalama hatanın daha düşük bulunduğu

görülmektedir. 2. derece dönüşümlerde ise, dönüşümün derecesi arttıkça karesel ortalama hatasının düştüğü ancak yine bu değer in Ikonos görüntüsü için daha düşük olduğu görülmektedir (Tablo 6.5).

Bu iki yöntemle yapılan geometrik dönüşümler karşılaştırıldığında, hızlı-statik GPS yöntemiyle yapılan QuickBird görüntüsünün geometrik dönüşüm sonuçlarının, Ikonos görüntüsünün geometrik dönüşüm sonuçlarına göre daha iyi bir sonuç verdiğini görülmektedir. El GPS'i kullanılarak yapılan geometrik dönüşüm sonuçları karşılaştırıldığında ise, Ikonos görüntüsünün geometrik dönüşüm sonuçlarının, QuickBird görüntüsünün geometrik dönüşüm sonuçlarına göre daha iyi bir sonuç verdiğini görülmektedir.

6.5 1/5000 Ölçekli Ortofoto Haritalarından Seçilen YKN'ları ile Yapılan Geometrik Kayıt

Çalışmanın son aşamasında geometrik dönüşüm için gerekli olan YKN'larını belirlemek için 1/5000 ölçekli ortofotolardan yararlanılmış ve çalışma alanını içerisine alan 8 adet sayısalştırılmış ortofoto haritalar UTMkoordinat sistemine kayıt edilerek, yüksek çözünürlüklü iki görüntünün geometrik dönüşümünde kullanılmak üzere yeni YKN'ları seçilmiştir. Bu aşamada da ilk önce 9 YKN'sı kullanılarak 1. derece geometrik dönüşüm daha sonra da 18 YKN'sı kullanılarak 1. ve 2. derece geometrik dönüşüm yapılmıştır. Tarih faktörü nedeniyle hızlı-statik GPS yöntemi ve el GPS'i ile elde edilen YKN'larından sadece 6 tanesi bu yöntemle belirlenebilmiştir. Şekil 6.4 (a) ve (b)'de ortofoto haritalar üzerinde seçilen YKN'larının dağılımı, Tablo 6.6'da dönüşüm sonrası hesaplanan karesel ortalama hataları (r_{ms}) gösterilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 6.4: Ortografik haritalar ile (a) QuickBird görüntüsü üzerinde seçilen 18 YKN (b) Ikonos görüntüsü üzerinde seçilen 18 YKN

Tablo 6.6: Ortografik haritalar kullanılarak belirlenen YKN'ları ile yapılan dönüşümler sonrası elde edilen doğruluklar.

	YKN sayısı	1. derece dönüşüm r _{ms} (m)	2. derece dönüşüm r _{ms} (m)
Ikonos	9	7.97	
	18	8.57	3.41
QuickBird	9	6.58	
	18	7.19	4.30

Ortografik haritalar kullanılarak QuickBird ve Ikonos görüntülerinden toplanan aynı 9 YKN'sı ile 1. derece geometrik dönüşüm yapılmıştır ve dönüşüm sonrası QuickBird görüntüsü için hesaplanan karesel ortalama hatanın (r_{ms}) daha düşük olduğu görülmektedir. Aynı yöntemle 18 YKN'sı seçilerek yapılan 1. derece dönüşüm sonrasında yine QuickBird görüntüsü için hesaplanan karesel ortalama hatanın daha

düşük bulunduğ u, 2. derece dönüş üml erde ise, dönüş ümün derecesi yüks el di kçe karesel ortalama hatas ının düş t üğ ü ancak bu sefer bu değ eri n Ikonos gö rünt üs ü i ç in daha düşük olduğ u gör ülm ektedir (Tablo 6.6).

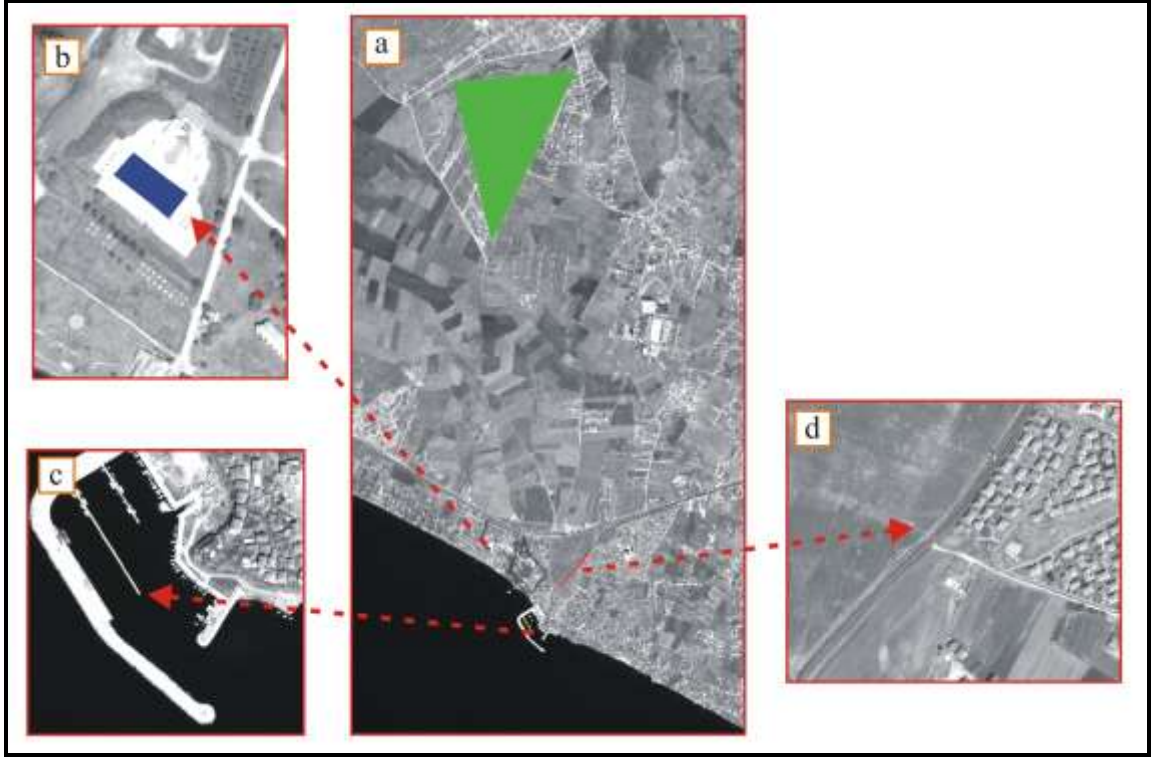
6.6. Geometrik Doğ ruluk Analizi

Ü ç farklı yönt emi zlenerek gerç ekleş tirilen geometrik dönüş üms onrasında gö rünt üleri n geometrik doğ ruluklarını t est etmek i ç in daha önceden arazi ç alış mas ıyla ölç ülm üş olan uzunluklar ve alanlar sonuç gö rünt ülerden yapılan sayısallaşt ırıl m alardan elde edilen sonuçlarla karşılaşt ırıl mıştır. Araz i ç alış mas ında ölç ülen uzunluklardan biri Güzelce li n amındaki iskele uzunluğ u ve yol ortas ındaki bir ref üj uzunluğ u olarak seç il mıştır (Ş ekil 6.5 a ve b, Ş ekil 6.6 a ve b). Karşılaşt ırma i ç in kullanılacak alanlar olarak Tepekent sitesinin sayısal haritas ından AutoCAD program ı kullanarak belirlenen bir üç gen alan ı ve Güzelce Jandar na Komut anlı ğ ı d inlen me tesisleri i ç in deki yüz me havuzu alan ı seç il mıştır (Ş ekil 6.5 c ve d, ş ekil 6.6 c ve d). Yapılan büt ün yersel ölç meler ç elik ş erit metre kullanılarak, ğ idiş -dönüş ortalamas ı alınarak yapılm ıştır. Tablo 6.7’de karşılaşt ırılan uzunluk ve alan değ erlerinin yersel ölç me sonucu elde edilen değ erleri gösteril mektedir.

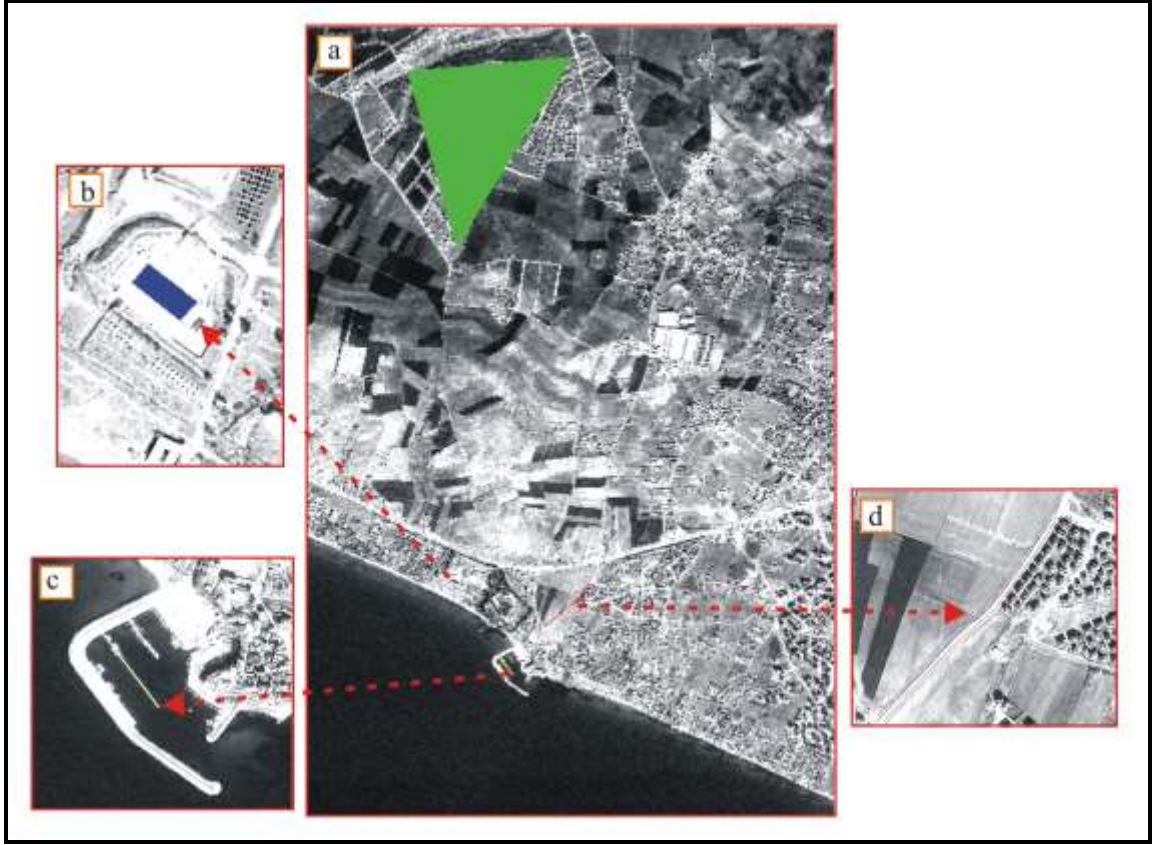
Tablo 6.7: Yersel ölç meler.

	Uzunluk (m)	Alan (m ²)
Ref üj	502.49	-
Güzelce iskel esi	185.18	-
Yüz me havuzu	-	1057.95

Tepekent sitesinde oluşturulan üç gen alan ının AutoCAD program ı ile sayısal haritas ından elde edilen değ eri ise 932.343 m² olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.5: QuickBird görüntüsü üzerinden belirlenen test ölçümleri, (a) Tepekenit bölgesinde oluşturulan bir üçgen alanı, (b) yüzme havuzu, (c) Güzelce iskelesi, (d) refüj.



Şekil 6.6. Ikonos görüntüsü üzerinden seçilen test ölçümleri, (a) Tepekent sitesinde oluşturulan üçgen alanı, (b) yüzme havuzu, (c) Güzelce iskelesi, (d) refüj.

Son aşama olarak, yüksek çözünürlüklü görüntülerin doğruluk analizi için görüntüler üzerinden yapılan ölçümler ile yersel ölçümler karşılaştırılmış ve doğruluk analizi yapılmıştır. Tablo 6.8, 6.9, 6.10 ve 6.11, uzunluk ve alan karşılaştırmalarını göstermektedir.

Tablo 6.8: Üç farklı yöntem kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiş görüntülerden hesaplanan refüj uzunluğuna ait doğruluk analizi.

	YKN sayısı	QuickBird		Ikonos	
		1. derece dönüşüm sonrası farklar (m)	2. derece dönüşüm sonrası farklar (m)	1. derece dönüşüm sonrası farklar (m)	2. derece dönüşüm sonrası farklar (m)
GPS	9	-0.69	-	6.24	-
	18	0.47	-0.45	5.97	-0.81
El GPS	9	-2.17	-	4.54	-
	18	-2.66	2.46	3.99	1.54
Ortofoto	9	-2.58	-	4.79	-
	18	-1.80	-0.85	4.41	-1.84

Üç farklı yöntem kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiş görüntülerden hesaplanan refüj uzunluğunun yersel ölçmelerle bulunan değerine en yakın sonucu, QuickBird görüntüsünün hızlı-statik GPS ölçme tekniği ile toplanan 18 YKN'sı kullanılarak 2. derece dönüşümü sonrasında bulunan değerinin verdiği görülmektedir.

Tablo 6.9: Üç farklı yöntem kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiş görüntülerden hesaplanan Güzelce iskelesinin uzunluğuna ait doğruluk analizi.

	YKN sayısı	QuickBird		Ikonos	
		1. derece dönüşüm sonrası farklar (m)	2. derece dönüşüm sonrası farklar (m)	1. derece dönüşüm sonrası farklar (m)	2. derece dönüşüm sonrası farklar (m)
GPS	9	-0.14	-	-0.25	-
	18	-0.33	1.02	-0.23	-1.42
El GPS	9	-0.67	-	-1.11	-
	18	-0.13	0.18	-1.1	2.79
Ortofoto	9	-0.34	-	-1.02	-
	18	-0.38	-0.33	-0.56	-1.93

Üç farklı yöntem kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiş görüntülerden hesaplanan Güzelceli manındaki iskelenin uzunluğunun yersel ölçmelerle bulunan değerine en yakın sonucu, QuickBird görüntüsünün el GPS ölçme tekniği ile toplanan 18 YKN'sı kullanılarak 1. derece dönüşüm sonrasında bulunan değerinin verdiği görülmektedir. Ancak diğer ölçme teknikleriyle de bulunan sonuçların da tatmin edici olduğu görülmektedir.

Tablo 6.10: Üç farklı yöntem kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiş QuickBird ve Ikonos görüntülerinden hesaplanan yüzme havuzu alanına ait doğruluk analizi.

	YKN sayısı	QuickBird		Ikonos	
		1. derece dönüşüm sonrası farklar (m ²)	2. derece dönüşüm sonrası farklar (m ²)	1. derece dönüşüm sonrası farklar (m ²)	2. derece dönüşüm sonrası farklar (m ²)
GPS	9	-62.05	-	-4.05	-
	18	-47.05	-47.05	-17.05	-42.05
El GPS	9	-59.05	-	-4.05	-
	18	-51.05	-17.05	17.95	-41.05
Ortofoto	9	-48.05	-	-6.05	-
	18	-38.05	-25.05	6.95	-80.05

Üç farklı yöntem kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiş görüntülerden hesaplanan yüzme havuzunun alan değerinin yersel ölçmelerle bulunan değerine en yakın sonucu, Ikonos görüntüsünün, hızlı-statik GPS ölçme tekniği ile toplanan 9 YKN'sı kullanılarak 1. derece dönüşüm sonrası'nda bulunan değerinin ve el GPS ölçme tekniğiyle toplanan 9 YKN'sı ile 1. derece dönüşümü sonrasında bulunan değerinin verdiği görülmektedir. Ayrıca, Ikonos görüntüsünün, ortofoto haritalardan toplanan 9 YKN'sı ile 1. derece dönüşümü sonrasında hesaplanan alan değerinin de en yakın sonuçlardan biri olduğu görülmektedir.

Tablo 6.11: Üç farklı yöntem kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiş QuickBird ve Ikonos görüntülerinden hesaplanan Tepekent sitesinde oluşturulan üçgen alanına ait doğruluk analizi.

	YKN sayısı	QuickBird		Ikonos	
		1. derece dönüşüm sonrası farklar (m ²)	2. derece dönüşüm sonrası farklar (m ²)	1. derece dönüşüm sonrası farklar (m ²)	2. derece dönüşüm sonrası farklar (m ²)
GPS	9	-13.331	-	-17.442	-
	18	-12.440	-20.872	-16.940	3.374
Hi GPS	9	-19.871	-	-1.662	-
	18	-20.934	-64.227	-27.944	-33.462
Ortofoto	9	-11.682	-	-16.940	-
	18	-11.624	-29.362	-19.573	-1.722

Üç farklı yöntem kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiş görüntülerden hesaplanan Tepekent bölgesinde oluşturulan üçgen alanının AutoCAD programında hesaplanan alan değerine en yakın sonucu, Ikonos görüntüsünün ortofoto haritalardan toplanan 18 YKN'sı ile 2. derece dönüşümü sonrasında bulunan değerinin verdiği görülmektedir. Ayrıca, Ikonos görüntüsünün hızlı-statik GPS ölçme tekniği ile toplanan 18 YKN'sı kullanılarak 2. derece dönüşüm sonrasında hesaplanan alan değerinin de AutoCAD programıyla hesaplanan alan değerine yakın bir değer verdiği görülmektedir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin sağladığı yüksek doğruluk ve kolay yorumlanabilirlik, şehir alanlarına yönelik uygulamalarda şehir plancılarına ve yöneticilerine yeni kaynak olarak büyük olanaklar sunmaktadır.

Bu çalışmada, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin (QuickBird ve Ikonos) geometrik doğrulukları iki boyutlu polinom dönüşümleri uygulanarak test edilmiştir. Geometrik dönüşümler üç farklı yöntemizlenerek toplanan yer kontrol noktaları ile yapılmıştır. Hızlı-statik GPS ölçme tekniği, el GPS ölçme tekniği ve 1/5000 ölçekli ortofoto haritalardan elde edilen yer kontrol noktaları ile yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri geometrik olarak kayıt edilmişlerdir. Nokta sayısı ile nokta dağılımlarının geometrik dönüşüm üzerini etkisini araştırmak için görüntüler ilk olarak 9 yer kontrol noktası ile 1. derece olarak, 18 yer kontrol noktası kullanılarak 1. ve 2. derece olarak geometrik kayıt edilmişlerdir. Zamanal farklılık nedeniyle ortofoto haritalarda sadece 6 adet GPS noktasına ulaşılmıştır.

Geometrik dönüşümler sonrasında, görüntülerin geometrik doğruluk analizleri yapılmıştır. Çalışma alanında yapılan yersel ölçümler ile görüntü üzerinden sayısallaştırma yöntemiyle bulunan uzunluk ve alan değerleri karşılaştırılmıştır. Uzunluk olarak Güzelce ilçesinde seçilen bir refüj uzunluğu ve Güzelce li nı nındaki iskele uzunluğu, alan değeri olarak Tepekent sitesinin sayısal haritasından AutoCAD programıyla hesaplanan bir üçgen alanıyla, Güzelce Jandar na Ko mut anlığı dı nlen me tesisleri içindeki yüz me havuzunun alan değeri kullanılmıştır.

Doğruluk analizi sonuçları nda, refüj uzunluğunun yersel ölç me l erle bulunan değeri ne en yakın değeri, QuickBird görüntüsünün hızlı-statik GPS ölç me tekniği ile toplanan 18 yer kontrol noktası kullanılarak yapılan 2. derece dönüşümü sonrasında bulunan değeri nin verdiği gör ü l me k t e d i r. Güzelce li nı nındaki iskele uzunluğunun yersel ölç me l erle bulunan değeri ne en yakın değeri ise, QuickBird görüntüsünün el GPS ölç me tekniği ile

toplanan 18 yer kontrol noktası kullanılarak yapılan 1. derece dönüşüm sonrasında bulunan değerinin verdiği görülmektedir.

Güzelce ilçesindeki bölge jandarma komutanlığı tesisleri içindeki yüzme havuzunun alan değerinin yersel ölçmelerle bulunan alan değerine en yakın sonucu Ikonos görüntüsünün, hızlı-statik GPS ölçme tekniği ile toplanan 9 yer kontrol noktası kullanılarak 1. derece dönüşüm sonrasında bulunan değerinin ve el GPS ölçme tekniğiyle toplanan 9 yer kontrol noktası ile 1. derece dönüşümü sonrasında bulunan değerinin verdiği görülmektedir.

Tepekent sitesinde oluşturulan üçgen alanının, AutoCAD programıyla hesaplanan alan değerine en yakın sonucu Ikonos görüntüsünün ortofoto haritalardan toplanan 18 yer kontrol noktası ile 2. derece dönüşümü sonrasında bulunan değerinin verdiği görülmektedir.

Bu uygulamada sonucunda, QuickBird görüntüsü üzerinden hesaplanan uzunluk değerlerinin Ikonos görüntüsü üzerinden hesaplanan uzunluk değerlerine göre daha doğru sonuçlar verdiği, Ikonos görüntüsü üzerinden hesaplanan alan değerlerinin ise QuickBird görüntüsü üzerinden hesaplanan alan değerlerine göre daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Ancak, sonuçların kararlılığı açısından mevsimsel şartlar nedeniyle yeterli kontrol noktası toplanamayan bölgelerden yeni yer kontrol noktaları eklenerek ve aynı zamanda bölgede tesis edilecek veya var olan nirengi noktaları kullanılarak bu çalışmanın tekrarlanması daha sağlıklı sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Krätzschmar, E, Heinrich, D, Kühnen, A, Böhm, C**, 2004. Application of EO Data for Urban Planning in Megacities, http://earth.esa.int/pub/ESA_DOC/gotthenburg/1405boeh.pdf (Last accessed 15 April, 2004).
- [2] **Bayram, B**, 1998. İstanbul Örneğinde Uydu Görüntülerinin Coğrafi Bilgi Sistemi ile Bütünleştirilmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] **Önder, M**, 2002. Uzaktan Algılamada Topoğrafik Uygulamalar, Hürriyet Genel Kurumları, Ankara.
- [4] **Fritz, L W**, 1999. High Resolution Commercial Remote Sensing Satellites and Spatial Information, <http://www.isprs.org/publications/highlights/highlights0402/fritz.html> (Last accessed 15 April, 2004).
- [5] **Toutin, Th, Chenier, R, Carbonneau, Y**, 2002. 3D Models For High Resolution Images: Examples With Quickbird, Ikonos and Eros, Symposium on Geospatial Theory, Processing And Applications, Ottawa.
- [6] **Erbek, S E, Mıktav, D**, 2001. Kentsel Planlamada Yeni Teknolojiler, Kentsel Gelişimin Uzaydan İzlenmesi Sempozyumu, METGRAF Matbaacılık, İstanbul.
- [7] **Örneçi, C**, 1987. Uzaktan Algılama : Temel Esaslar ve Algılama sistemleri, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.
- [8] **Özkan, C**, 2001. Uzaktan Algılama Görüntülerinin Analizinde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [9] **Mıktav, D, Sunar, E**, 1991. Uzaktan Algılama : Kantitatif Yaklaşım (çeviri kitap), Hürriyet Ofset, İstanbul.
- [10] **Sesören, A**, 1998. Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar, Mırt Matbaacılık, İstanbul.

- [11] **İspir, E**, 2000. Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Köyceğiz Bölgesindeki Sığa Ormanlarının Değişim Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] **Özkan, C**, 1998. Uzaktan Algılama Verileriyle Orman Yangını Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] <http://www.noaa.gov/>
- [14] <http://modis.gsfc.nasa.gov/>
- [15] <http://Leonardo.jpl.nasa.gov/ns1/programs/LANDSAT.html>
- [16] <http://www.ccrs.mrcan.gc.ca/ccrs/tekra/satsens/sats/SPOTe.htm>
- [17] <http://www.SPOT.com/home/system/introsat>
- [18] <http://www.spotimage.com>
- [19] http://www.sieurasia.comurun_i_konos.htm
- [20] <http://www.euroimage.com/products/quickbird.html>
- [21] **Sabin, E.F. Jr**, 1987. Remote Sensing Principles and Interpretation, Freeman, New York
- [22] **Erdas Field Guide**, 1999
- [23] **Kahveci, M, Yıldız, E**, 2001. Global Konum Belirleme Sistemi, Teori ve Uygulama, Nobel Yayınevi, Ankara.
- [24] **Leica System300 Real-time GPS Surveying Technical Specifications**, Hand Guide, 1998, Switzerland
- [25] <http://www.garmin.com/products/etrexsummit/spec.html>
- [26] **Mıktav, D, Erbek, S.E., Akgün, H**, 2001. Kentsel Alanların Uzaydan İncelenmesi, Uluslararası Büyükçekmece Projesi, METGRAF Matbaacılık İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Edremit'te (Balıkesir) doğdu. İlk ve orta öğrenimini Edremit'te tamamladıktan sonra 1996 yılında İzmir Özel Türk Fen Lisesinden mezun oldu.

1997 yılında başladığı Yıldız Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünden Haziran 2002'de mezun oldu.

2002-2003 öğretim yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği, Geomatik Mühendisliği yüksek lisans programına başladı.

İngilizce ve İtalyanca bilmektedir.