

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİK
DOĞRULUK VE DETAY DEĞERLENDİRME YÖNÜNDEN İNCELENMESİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Veysel Okan ATAK**

Anabilim Dalı: JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı: JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ

ŞUBAT 2007

**YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİK
DOĞRULUK VE DETAY DEĞERLENDİRME YÖNÜNDEN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Veysel Okan ATAK
(501012180)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Ağustos 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 5 Şubat 2007

Tez Danışmanı : Prof.Dr. M. Orhan ALTAN

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Onur GÜRKAN (B.Ü.)

Prof.Dr. Sıtkı KÜLÜR (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Ferruh YILDIZ (S.Ü.)

Prof.Dr. Nebiye MUSAOĞLU (İ.T.Ü.)

ŞUBAT 2007

ÖNSÖZ

“Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinin Geometrik Doğruluk ve Detay Değerlendirme Yönünden İncelenmesi” konulu bu çalışmada, öncelikle tez yürütücülüğümü üstlenerek tezimin her aşamasında bana bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren sayın hocam Prof.Dr. Orhan ALTAN’a ve tavsiyeleri ile tezimin çok daha iyi bir seviyeye ulaşmasını sağlayan Prof.Dr. Onur GÜRKAN ile Prof.Dr. Nebiye MUSAOĞLU’na çok teşekkür ederim.

Tezimle ilgili olarak yapılan uygulama çalışmalarına her türlü desteği sağlayan başta Fotogrametri Dairesi Başkanlığı olmak üzere tüm Harita Genel Komutanlığı birimlerine de sonsuz şükranlarımı sunmak isterim.

Elbette tezimin tüm safhalarında bana sürekli yardımcı olan ve kıymetli zamanlarını ayıran; Dr.Müh.Alb. Oktay AKSU, Yük.Müh.Yzb. Levent İŞCAN, Yük.Müh.Yzb. Mustafa ERDOĞAN, Yük.Müh.Yzb. Birol GÜNGÖR, Dr.Müh.Yzb. Oktay EKER ve Dr.Müh.Yzb. Bahadır AKTUĞ’a, görüntülerin değerlendirilmesi aşamasında tezime büyük katkı sağlayan; Astsb. Atilla GÜRDAL, Astsb. Özkan SOMALIOĞLU ve Svl.Me. Mustafa KÖSE’ye ve uydu görüntülerini ücretsiz olarak sağlayan İnta Uzak Sistemleri (Türkiye) ile Euroimage (İtalya) firmalarına da teşekkür ederim.

Son olarak, beni bu günlere getiren ve maddi / manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen sevgili anne ve babam Beşire ve Naim ATAK’a, ayrıca çalışmam sırasında sürekli yanımda olan ve yaptığı dilbilgisi kontrolleri ile tezimin daha anlaşılır hale gelmesini sağlayan sevgili eşim Belgin ATAK’a da teşekkürü bir borç bilirim.

Şubat 2007

Veysel Okan ATAK

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
2. UYDU GÖRÜNTÜLERİ	6
2.1. Genel	6
2.2. Uydu ve Görüntü Bilgilerine İlişkin Bazı Tanımlar	9
2.3. Görüntü Algılama Sistemleri	11
2.4. Uydu Görüntü Çeşitleri	14
2.4.1. Multispektral, hiperspektral ve ultraspektral görüntüler	14
2.4.2. Sürekli ve tematik görüntüler	15
2.4.3. Pankromatik ve multispektral görüntüler	16
2.5. Çalışmada Kullanılan Uyduların Özellikleri	17
2.5.1. Ikonos uydusunun özellikleri	17
2.5.2. Quickbird uydusunun özellikleri	20
3. SAYISAL GÖRÜNTÜLERİ İŞLEME	22
3.1. Görüntü Ön işleme	22
3.1.1. Radyometrik hatalar ve düzeltilmesi	22
3.1.2. Geometrik hatalar ve düzeltilmesi	25
3.1.2.1. Geometrik hatalar	25
3.1.2.2. Geometrik hataların düzeltilmesi	28
3.1.2.3. Kullanılan modeller ve matematiksel fonksiyonlar	31
3.2. Görüntü Zenginleştirme	37
3.2.1. Kontrast zenginleştirme	38
3.2.2. Konumsal zenginleştirme	40
3.2.3. Kenar zenginleştirme	41
3.3. Görüntü Dönüştürme	42
3.4. Görüntü Sınıflandırma ve Analiz	43
4. GEOMETRİK DOĞRULUK ARAŞTIRMASI	45
4.1. Test Alanının Seçimi	45
4.2. Yer Kontrol Noktalarına İlişkin Arazi Çalışmaları	46
4.3. Hava Fotoğraflarının ve Uydu Görüntülerinin Temini	47
4.4. Fotogrametrik Nirengi İşlemleri	48
4.5. Sayısal Yükseklik Modellerinin (SYM) Üretimi	53
4.5.1. Hava fotoğraflarından sayısal yükseklik modelinin üretimi	55

4.5.2. Mevcut haritalardan sayısal yükseklik paftasının üretimi	56
4.5.3. Ikonos uydu görüntülerinden sayısal yükseklik modelinin üretimi	56
4.6. Ortofoto ve Mozaik Görüntü Üretimleri	57
4.6.1. Hava fotoğraflarından ortofoto ve mozaik görüntü üretimleri	58
4.6.2. Uydu görüntülerinden ortofoto görüntü üretimleri	59
4.7. Ortak Detay Noktalarının Tespiti ve Arazide Ölçümü	63
4.8. Koordinat Okumalarının Yapılması	66
4.9. Koordinat Okumalarının Karşılaştırılması	68
4.10. Kaba Hatalı Noktalar ve Hata Vektörleri	70
4.10.1. Kaba hatalı noktalar	70
4.10.2. Hata vektörleri	73
4.11. Geometrik Doğruluk Araştırmasından Elde Edilen Sonuçlar	76
5. DETAY DEĞERLENDİRME ARAŞTIRMASI	80
5.1. Değerlendirilecek Alanların Seçimi	81
5.2. Değerlendirme İşlemlerine Yönelik Yeni Ortofoto Görüntülerin Üretimi	85
5.3. Değerlendirme İşlemleri	85
5.4. Değerlendirme İşlemlerinin Karşılaştırılması	88
5.4.1. Format dönüşümleri ve değerlendirmelerden elde edilen detay sayıları	89
5.4.2. Değerlendirilen detayların konumsal olarak karşılaştırılması	92
5.5. Değerlendirme İşlemlerinden Elde Edilen Sonuçlar	94
5.6. Arazide Gerçekleştirilen Kontrol İşlemleri	100
5.6.1. Arazi çalışmalarının temel prensipleri	101
5.6.2. Arazi çalışmaları için yapılan hazırlıklar	101
5.6.3. Arazi çalışmaları	102
5.7. Arazide Gerçekleştirilen Kontrol İşlemlerden Elde Edilen Sonuçlar	103
5.8. Detay Değerlendirme Çalışmasından Elde Edilen Genel Sonuçlar	107
6. SONUÇ VE TEKLİFLER	110
6.1. Geometrik Doğruluk Araştırmasının Sonuçları	111
6.2. Detay Değerlendirme Araştırmasının Sonuçları	112
6.3. Sonuçların Değerlendirilmesi	114
6.4. Teklifler	117
KAYNAKLAR	119
EKLER	127
ÖZGEÇMİŞ	

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AVHRR	: Advanced Very High Resolution Radiometer (Gelişmiş Çok Yüksek Çözünürlük Radyometresi)
BV	: Brightness Value (Parlaklık Değeri)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CRSS	: Commercial Remote Sensing Satellite (Ticari Uzaktan Algılama Uydusu)
CRT	: Cathode Ray Tube (Katod Işınlı Tüp)
CVT	: Coğrafi Veri Tabanı
DEM	: Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)
ENH	: Enerji Nakil Hatları
FN	: Fotogrametrik Nirengi
GCP	: Ground Control Point (Yer Kontrol Noktası)
GPS	: Global Positioning System (Global Konumlama Sistemi)
HF-SYM	: Hava Fotoğrafı Sayısal Yükseklik Modeli
HGK	: Harita Genel Komutanlığı
HRV	: High Resolution Visible (Görülebilir Yüksek Çözünürlük)
Ikonos-SYM	: Ikonos Uydu Görüntüsü Sayısal Yükseklik Modeli
KOH	: Karesel Ortalama Hata
MSS	: Multispectral Scanner (Çok Bandlı Tarayıcı)
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index (Normalleştirilmiş Farklı Bitki Örtüsü İndeksi)
OEEPE	: European Organization for Experimental Photogrammetric Research (Avrupa Deneysel Fotogrametri Araştırma Organizasyonu)
PAT	: Phodis Aerial Triangulation (Phodis Fotogrametrik Nirengi)
RMSE	: Root Mean Square Error (Karesel Ortalama Hata)
RF	: Rasyonel Fonksiyonlar
RFM	: Rasyonel Fonksiyon Modelleri
RPC	: Rational Polynomial Coefficients (Rasyonel Polinomal Katsayılar)
SAR	: Synthetic Aperture Radar (Yapay Açıklıklı Radar)
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TM	: Thematic Mapper (Tematik Harita)
YÜKPAF	: Yükseklik Paftası
YKN	: Yer Kontrol Noktaları (Yer Kontrol Noktası)
3D	: 3 Dimensions (3 Boyutlu)

TABLO LİSTESİ

<u>Sayfa No</u>		
Tablo 2.1.	Ikonos Uydu Platform Özellikleri	19
Tablo 2.2.	Ikonos Uydu Yörünge Özellikleri	19
Tablo 2.3.	Ikonos Uydu Algılayıcı Özellikleri	19
Tablo 2.4.	Quickbird Uydu Platform Özellikleri	21
Tablo 2.5.	Quickbird Uydu Yörünge Özellikleri	21
Tablo 2.6.	Quickbird Uydu Algılayıcı Özellikleri	21
Tablo 3.1.	Parametrik ve Parametrik Olmayan Modellerin Karşılaştırılması ..	35
Tablo 4.1.	Ikonos Uydu Görüntülerine İlişkin Alım Bilgileri	47
Tablo 4.2.	Quickbird Uydu Görüntüsüne İlişkin Alım Bilgileri	47
Tablo 4.3.	Uydu Görüntülerinden Oluşturulan Ortofoto Görüntüler	61
Tablo 4.4.	Dengeleme Sonucunda Elde Edilen KOH'lar	63
Tablo 4.5.	GPS Ölçülerinden Elde Edilen Farklar (3σ)	69
Tablo 4.6.	GPS Ölçülerinden Elde Edilen Farklar (2σ)	70
Tablo 4.7.	Ikonos Stereo Model Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (3σ)	70
Tablo 4.8.	Ikonos Stereo Model Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (2σ)	70
Tablo 5.1.	Dengeleme Sonucunda Elde Edilen KOH'lar.....	85
Tablo 5.2.	Detay Sayıları	90
Tablo 5.3.	Nesne Tespiti İçin Gerekli Piksel Boyutları	94
Tablo 5.4.	Detay Sayıları ve Bölgelere Göre Değerlendirilme Yüzdeleri	95
Tablo A.1.	GPS ve Hava Fotoğrafı Ölçümleri	127
Tablo A.2.	Hava Fotoğrafı Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (3σ) ...	128
Tablo B.1.	GPS ve Ikonos Uydu Görüntüleri Ölçümleri	129
Tablo B.2.	Ikonos Uydu Görüntüleri Ölçümleri.....	130
Tablo B.3.	Ikonos Uydu Görüntüsü Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (3σ) – Mutlak Ortalama Hata	131
Tablo B.4.	Ikonos Uydu Görüntüsü Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (3σ) – Karesel Ortalama Hata	132
Tablo C.1.	GPS ve Quickbird Uydu Görüntüleri Ölçümleri	133
Tablo C.2.	Quickbird Uydu Görüntüsü Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (3σ)	134
Tablo D.1.	Ikonos Stereo Model Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (3σ)	135
Tablo E.1.	Hava Fotoğrafı Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (2σ) ...	136
Tablo F.1.	Ikonos Uydu Görüntüsü Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (2σ) – Mutlak Ortalama Hata	137
Tablo F.2.	Ikonos Uydu Görüntüsü Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (2σ) – Karesel Ortalama Hata	138

Tablo G.1.	Quickbird Uydu Görüntüsü Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (2σ)	139
Tablo H.1.	Ikonos Stereo Model Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (2σ)	140
Tablo I.1.	Birinci Bölgede Gerçekleştirilen Değerlendirmelerde Elde Edilen Detay Sayıları	141
Tablo I.2.	İkinci Bölgede Gerçekleştirilen Değerlendirmelerde Elde Edilen Detay Sayıları	142
Tablo I.3.	Üçüncü Bölgede Gerçekleştirilen Değerlendirmelerde Elde Edilen Detay Sayıları	143
Tablo J.1.	Katmanlarda Yer Alan Detaylar	144
Tablo J.2.	Birinci Bölgede Değerlendirilen Detayların Hava Fotoğrafları ile Karşılaştırılması	145
Tablo J.3.	İkinci Bölgede Değerlendirilen Detayların Hava Fotoğrafları ile Karşılaştırılması	146
Tablo J.4.	Üçüncü Bölgede Değerlendirilen Detayların Hava Fotoğrafları ile Karşılaştırılması	147

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 : Bir elips ile uydu yörüngesi ve onun temsiline tanımı	10
Şekil 2.2 : Bütünleştirilmiş 10 ve 20 m çözünürlüklü spot uydu görüntüsü ile çok bantlı optik veri ve radar görüntüsü.....	13
Şekil 2.3 : Elektromanyetik spektrum.....	14
Şekil 2.4 : Multispektral, hiperspektral ve ultraspektral veri tipleri.....	15
Şekil 2.5 : Sürekli ve tematik görüntüler	16
Şekil 2.6 : Pankromatik ve multispektral görüntüler.....	16
Şekil 2.7 : Ikonos uydusu	18
Şekil 2.8 : Ikonos uydusunun manevra kabiliyeti.....	19
Şekil 2.9 : Ikonos uydusundan alınmış siyah-beyaz ve renkli görüntüler	20
Şekil 2.10 : Quickbird uydusu	20
Şekil 2.11 : Quickbird uydusundan alınmış görüntüler	21
Şekil 3.1 : Durum değişimlerinin görüntü üzerine etkisi	28
Şekil 3.2 : Yataylanmış çıktı gridi parlaklık değerinin girdi gridi parlaklık değeri ile doldurulması	30
Şekil 3.3 : Sırası ile; en yakın komşuluk, bilineer enterpolasyon ve kübik dönüşüm metotları	31
Şekil 3.4 : Ikonos uydu görüntüsünde histogram eşitleme yöntemi.....	39
Şekil 3.5 : Konumsal frekanslar.....	40
Şekil 3.6 : Yüksek ve düşük geçişli filtreleme işlemi.....	41
Şekil 3.7 : Kenar zenginleştirme işlemi uygulanmış görüntü	42
Şekil 3.8 :	44
Şekil 4.1 : Kontrolsüz sınıflandırma... ..	45
Şekil 4.2 : Ankara İ29 c1 paftası içerisinde yer alan Gölbaşı test alanı	46
Şekil 4.3 : Arazide tespit edilen ve işaretlenen 12 YKN	48
Şekil 4.4 : B-200 Beechcraft uçağı	48
Şekil 4.5 : Kolonların durumu ve hava fotoğrafı alımında kullanılan kamera ..	49
Şekil 4.6 : Zeiss SCAI tarayıcısı ve çevre donanımı	50
Şekil 4.7 : SKIP yazılımında sonuçların analizi	51
Şekil 4.8 : Çapraz korelasyon tekniği	52
Şekil 4.9 : Proje bloğu ve YKN'nın dağılımı	53
Şekil 4.10 : PAT-B GPS yazılımının kaba hata ayıklamalı olarak çalıştırılması.	54
Şekil 4.11 : Raster ve üçgenleme yöntemi	55
Şekil 4.12 : Hava fotoğraflarından üretilen SYM	56
Şekil 4.13 : Bölgenin HGK'nca üretilmiş sayısal yükseklik paftası	57
Şekil 4.14 : Ikonos-SYM görüntüsü	57
Şekil 4.15 : Ikonos-SYM görüntüsündeki eşleme doğruluğu	58
Şekil 4.16 : 10 numaralı fotoğrafa ilişkin ortofoto görüntü	59
Şekil 4.17 : Hava fotoğraflarının mozaiklenmesi	59
Şekil 4.18 : YÜKPAF ile üretilmiş ortofotolardan elde edilmiş mozaik görüntü : Ikonos uydu görüntüsü içine giren 7 YKN	60

Şekil 4.19	: İkonos ortofotolarındaki YKN ile 4/5 YKN'lı ağın durumu.....	62
Şekil 4.20	: Quickbird ortofoto görüntülerindeki YKN ile 4/5 YKN'lı ağın durumu	62
Şekil 4.21	: 35 test noktası ve YKN'nın İkonos uydu görüntüsündeki dağılımı.	64
Şekil 4.22	: Değerlendirilen test ve referans noktaları durum krokisi	65
Şekil 4.23	: Kullanılan test noktalarının görüntülerde tespiti	66
Şekil 4.24	: Quickbird uydu görüntülerinde seçilen YKN	67
Şekil 4.25	: Quickbird uydu görüntüsündeki 27 test ve 9 YKN'nın dağılımı	67
Şekil 4.26	: Bağlama noktalarının dağılımı	78
Şekil 4.27	: Stereo uydu görüntü çiftinin anaglif görüntüsü	78
Şekil 4.28	: Tüm YKN'nın kullanıldığı görüntülerde kaba hatalı olarak tespit edilen noktaların konumu (3 σ)	71
Şekil 4.29	: Az sayıda YKN'nın kullanıldığı görüntülerde kaba hatalı olarak tespit edilen noktaların konumu (3 σ)	71
Şekil 4.30	: Nirengi 3-1 ve Pas 20 adlı noktaların konumu	73
Şekil 4.31	: HF-SYM ve YÜKPAF kullanılarak üretilen hava fotoğrafları	74
Şekil 4.32	: 7 YKN ile HF-SYM ve YÜKPAF kullanılarak üretilen İkonos uydu görüntüleri koordinatlarının hataları	74
Şekil 4.33	: Kendi yöneltme parametreleri ile YÜKPAF kullanılarak üretilen İkonos ve Quickbird uydu görüntüleri koordinatlarının hataları	75
Şekil 4.34	: 7 YKN ve YÜKPAF kullanılan İkonos görüntü ölçümlerinde sağa-ortalama değer ile 9 YKN ve YÜKPAF kullanılan Quickbird görüntüsü ölçümlerinde yukarı-ortalama değer grafiği.....	76
Şekil 4.35	: Eğim ve arazi tipine göre KOH'nın değişimi (m)	78
Şekil 5.1	: İş bölgesinin perspektif görünüşü	82
Şekil 5.2	: 1 / 5.000 ölçekli Ankara İ 29 c-07-a paftasının durumu	83
Şekil 5.3	: Paftanın YKN ağındaki konumu	83
Şekil 5.4	: YKN ağlarının ortak alanı.....	84
Şekil 5.5	: Seçilen yeni alanların konumu	85
Şekil 5.6	: Seçilen ikinci ve üçüncü bölgeler	86
Şekil 5.7	: Sayısal değerlendirme sistemi	89
Şekil 5.8	: Hava fotoğrafından değerlendirilmiş birinci bölgenin Arcview 3.3 programındaki görüntüsü	90
Şekil 5.9	: MaverickPro yazılımındaki çizgi (line) katmanı ile toplam detay sayıları ve yüzde dağılım bilgileri	91
Şekil 5.10	: Her bir katmanda yer alan detay sayıları	91
Şekil 5.11	: Üçüncü bölgenin hava fotoğrafları ile değerlendirilmesinde kullanılan katmanlar	92
Şekil 5.12	: Birinci bölge değerlendirmelerinin karşılaştırılması	93
Şekil 5.13	: Üst üste binen ve aralarında farklılıklar olan çizimler	100
Şekil 5.14	: Farklı tarih ve mevsim şartlarında alınmış görüntülerin farkları	101
Şekil 5.15	: Sayısal sistemde el bilgisayarı, GPS ve lazer mesafe ölçer	104
Şekil 5.16	: Su detaylarından kanalet ve su sifonunun görüntüsü	106
Şekil 5.17	: Birinci Bölgede Görülen / Görülemeyen Elektrik Direkleri ve Hatalı Olarak Değerlendirilen Detaylar	107
Şekil 5.18	: Birinci Bölgede Yer Alan Elektrik / Telefon Hatları	
Şekil 5.19	: Görüntülerde Kolaylıkla Tespit Edilebilen Beton Köprü Detayı....	

SEMBOL LİSTESİ

XYZ	: Jeosentrik çerçeve referans sistemi (kartoğrafik arazi koordinatları)
Ω	: Yükselen düğüm noktasının boylamı
$(\omega + v)$	: Uydu argümanı
ρ	: Dünya merkezinden uyduya olan uzaklık
c	: Işık hızı (2.99792458×10^8 m/s)
i, j, k	: Tamsayı artış değerleri
m, n, p	: Tamsayı değerleri
$m+n+p$	: Polinom fonksiyonunun derecesi
ϕ, λ, h	: Enlem, boylam ve yükseklik
σ	: Standart Sapma

YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİK DOĞRULUK VE DETAY DEĞERLENDİRME YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

ÖZET

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin son yıllarda eriştiği üstün kalite düzeyi, bu verilerin ortofoto görüntüler ve farklı haritacılık üretimleri konusunda iyi bir kaynak olabileceğini kanıtlamıştır. Ancak günümüzde halen, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin büyük ölçekli harita üretim çalışmalarında kullanılabilmesine ilişkin tartışmalar sürmektedir. Bu nedenle, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin geometrik doğruluk ve detay değerlendirme yönünden incelenmesi amacıyla, 10 km x 10 km boyutlarına ve 440 m yükseklik farkına sahip olan Ankara yakınlarındaki Gölbaşı bölgesinde bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma için 12 adet yer kontrol noktası (YKN) tespit edilmiş ve görüntü alımından önce bu noktalar işaretlenmiştir. Daha sonra stereo Ikonos (4 Ağustos 2002 tarihli) ve mono Quickbird (26 Mayıs 2002 tarihli) görüntüleri ile 1 / 16.000 ölçekli stereo hava fotoğrafları (29 Ağustos 2002 tarihli); İnta Uzay Sistemleri (Türkiye) ile Euroimage (İtalya) firmalarından ve Harita Genel Komutanlığı'ndan ücretsiz olarak temin edilmiştir.

Geometrik doğruluk çalışması için öncelikle fotogrametrik ve kartografik yöntemler yada Ikonos uydu görüntüleri kullanılarak sayısal yükseklik modelleri (SYM) elde edilmiştir. Daha sonra bu modellerle birlikte farklı sayılarda ve farklı geometrik dağılımda bulunan YKN kullanılarak değişik özelliklere sahip ortofotolar üretilmiştir. Yol kesişimleri ve parsel köşeleri gibi arazide belirgin olarak tespit edilebilen 27 adet bağımsız kontrol noktası seçilmiş ve bunların koordinatları Global Konumlama Sistemi (Global Positioning System – GPS) ile arazide ölçülmüştür. Bağımsız kontrol noktalarının (test noktalarının) GPS koordinatları, tüm ortofoto/mozaik görüntüler üzerinde okunan koordinatlar ile karşılaştırılmış ve aradaki farklar tespit edilmiştir. Bu farklar sonucunda ortaya çıkan kaba hatalı noktaların YKN ağına göre konumları da ayrıca değerlendirilmiştir.

Detay değerlendirme çalışması için ise farklı özellikte 3 alan belirlenmiş ve konularında uzman 3 farklı operatör tarafından 1 / 5.000 ölçekli harita üretimine yönelik detay değerlendirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Farklı kaynaklardan (Ikonos, Quickbird ve hava fotoğrafları) gerçekleştirilen bu harita üretimleri kendi aralarında karşılaştırılmış ve ayrıca arazi çalışmaları ile detayların teşhis ve tespit doğruluğu kontrol edilmeye çalışılmıştır.

Geometrik doğruluk araştırmaları sonucunda yapılan değerlendirmeler, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin orta / büyük ölçekli (1 / 6.000 – 1 / 10.000) harita üretim çalışmalarında kullanılabileceğini göstermektedir. Detay değerlendirme çalışmalarına ilişkin sonuçlar ise bu görüntülerin küçük detayların tespiti ve teşhisi konularında henüz hava fotoğraflarının seviyesine ulaşamadığını göstermiştir. Elde edilen tüm bu sonuçlar literatürde var olan çalışmalarla uyum içerisinde.

GEOMETRIC ACCURACY AND FEATURE COMPILATION ASSESSMENT OF HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGERY

SUMMARY

The high quality level that high resolution satellite images have reached in the last years has proved that these images could be a useful data source for the production of orthophoto images and different mapping products. But nowadays, the discussions about usage of high resolution space imagery in big scaled map production are still lasting. Therefore a study has been realized in Gölbaşı near Ankara, which has 10 km X 10 km area and a height difference about 440 m, for geometric accuracy and feature compilation assessment of high resolution satellite images. 12 ground control points (GCP's) were revised and signalized before the recording of images. Stereo-pair Ikonos (dated August 4th, 2002) and mono Quickbird (dated May 26th, 2002) images and 1 / 16.000 scaled stereo aerial photographs (dated August 29th, 2002) have been provided by Inta (Turkey), Eurimage (Italy) and General Command of Mapping free of charge.

For geometric accuracy assessment; firstly, different digital elevation models (DEM) have been created using photogrammetric and cartographic methods or stereo-pair Ikonos images. Then using these models, various orthophotos have been produced with ground control points which have different distributions and number of points. Well-recognized 27 checkpoints such as road junctions and field corners have been selected and measured with GPS. Planimetric coordinates of the checkpoints were measured on all orthophotos too and compared with GPS coordinates. From the comparison of these measurements, the differences and also the errors have been obtained. Afterwards the gross error positions have been evaluated according to ground control points' network.

For feature compilation assessment, 3 regions which have different characteristics have been selected in the study area. 3 different experienced operators compiled features on these regions for 1 / 5.000 scaled map productions. The map productions from different sources (Ikonos, Quickbird and aerial images) have been compared within each other and lastly the determination and interpretation of the compiled features have been controlled on land.

The geometric accuracy results show that the high resolution satellite images can be used in mid / large scale (1 / 6.000 to 1 / 10.000) map productions. And feature compilation assessment results show that these images couldn't reach to the level of aerial images in determining and identifying of small features yet. The results are harmonious with the examples given in the world literature.

1. GİRİŞ

Yapılan araştırmalara göre harita olarak adlandırılabilir ilk çizimler Orta Çağ döneminde (M.Ö.10.000-8.000) gerçekleştirilmiştir (Önder, 2002). Bu çizimleri harita olarak değil de, çizerlerin yorumlarını içeren tasvirler olarak nitelendirmek daha doğru olabilir ancak coğrafya, geometri, ölçme vb. bilim dallarının gelişmesine paralel olarak bu tasvirler, zaman içerisinde gerçek anlamda birer haritaya dönüşmüşlerdir.

İlk haritalar genellikle yeni keşifler veya konu ile ilgilenen bilim adamlarının yaptıkları seyahatler sayesinde çizilmiştir. Çizilen bu haritalar; hem yeni keşif ve seyahatlerin yapılmasına hem de yeni uygarlıkların kurulmasına öncülük etmişlerdir.

Öte yandan günümüz haritacılık çalışmalarının temel yöntemi olarak kullanılan uzaktan algılamanın uygulandığı ilk dönem ise 2000 yıl kadar önceki Roma devridir. Demir madenlerinin yerlerini bulmak amacıyla, yüksek tepelere çıkılarak karların eridiği yerlerin doğal bir algılayıcı olan insan gözü ile gözlenmesi, uzaktan algılama amacına yönelik uygulamaların bilinen ilk örneğidir (Önder, 1999). Uzaktan algılamada yapay araç ve gereç kullanımının ilk örneği ise, Osmanlı İmparatorluğu döneminde Lagari Hasan Çelebi'nin 1633 yılında gerçekleştirdiği insanlı roket denemesidir. Bu nedenle kayıtlara geçen ilk insanlı uzay denemesinin Türkler tarafından yapıldığı kabul edilmektedir (Önder, 1999).

Fotoğrafın 1839, uçağın ise 1903 yılında keşfi ve 1910 yılından itibaren havadan fotoğrafı alımının gerçekleştirilmesi, doğal olarak o güne kadar yersel metotlarla yapılan haritacılık çalışmalarına yeni bir boyut katmıştır. Ancak esas dönüm noktası hiç şüphesiz ki, 1912 yılında Alman Alfred Maul tarafından görüntü alımına yönelik olarak geliştirilen 41 kg ağırlığındaki ilk uydunun, bir kamerayla birlikte 700 m yüksekliğe fırlatılması olmuştur.

Nitekim takip eden yıllarda, yeryüzüne ilişkin verilerin elde edilmesinde klasik hava fotoğrafçılığının sınırlı kalması, insanoğlunu uzaydan daha geniş alanların, daha hızlı ve ayrıntılı biçimde algılanmasını sağlayan çeşitli uzaktan algılama araç, gereç ve tekniklerini geliştirmeye yöneltmiştir. Gerçek anlamda uzayda uzaktan algılama, 1946-1950 yılları arasında New Mexico'dan fırlatılan V-2 roketlerine yerleştirilmiş küçük kameraların kullanımı ile başlamıştır. Uzay uzaktan algılamasında en heyecan verici gelişmeler ise 1960'lı yıllarda Mercury, Gemini ve Apollo gibi insanlı uzay programları sayesinde ortaya çıkmıştır. Bu gelişmelerin bir sonucu olarak Sputnik-1 ile 4 Ekim 1957' de başlayan uzay yarışının uzaktan algılama alanına soktuğu uydu görüntüleri, Landsat, Uzay Mekiği, Soyuz, ve Spot projeleri ile yeryüzü doğal kaynaklarının araştırılmasında yeni ufuklar açmıştır. Böylece uydulardan elde edilen görüntüler bugün için; jeoloji, hidroloji, bitki örtüsü, topoğrafik harita üretimi, arazi kullanımı, toprak etüdü, hava tahmini, ürün belirlemesi, çevre kirliliğinin araştırılması ve doğadaki canlı hayvan hareketlerinin izlenmesi gibi birçok alanda kullanım yeri bulmuştur (Önder, 1999).

Daha sonraki yıllarda, meteoroloji, deniz ve okyanus araştırmaları, kutup bölgeleri ve buzulların incelenmesi, yer kaynaklarının araştırılması ve haritacılık çalışmaları için çeşitli ülkeler tarafından çok sayıda uydu uzaya gönderilmiş, başlangıçta düşük doğruluk ve çözünürlüğe sahip olan uydu görüntülerinde zaman içerisinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Özellikle Eylül 1999'da ve Ekim 2001'de uzaya fırlatılan Ikonos ve Quickbird uyduları ile 2002 yılı sonlarında faaliyete geçen Fransız Spot-5 uydusu görüntüleri sayesinde uydu teknolojisinde yeni bir döneme girilmiş ve uydu görüntüleri hem sivil hem de askeri uygulamalarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Özbalımcı, 2003).

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin son yıllarda eriştiği bu üstün kalite düzeyi dikkate alındığında, bu verilerin ortofoto görüntüler ve farklı haritacılık üretimleri konusunda iyi bir veri kaynağı olabileceği yapılan farklı çalışmalarla kanıtlanmıştır. Özellikle politik sınırlamalar / nedenler dolayısı ile hava fotoğrafı alımının güç olduğu veya ekonomik olmadığı durumlarda uydu görüntüleri çok etkin olarak kullanılabilir (Li ve diğ., 2000). Ancak buna rağmen, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin büyük ölçekli harita üretim çalışmalarında kullanılabileceklerine dair tartışmalar günümüzde halen devam etmektedir.

Bu bağlamda yapılan tezin hedefi; yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları kullanılarak yapılacak çalışmalarda, geometrik doğruluk ve detay değerlendirme konularını inceleyerek “yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden büyük ölçekli harita üretilebilirliğini” araştırmak olarak belirlenmiştir.

Görüntü doğruluklarının araştırılmasında “Geometrik Doğruluk” ve “Detay Değerlendirme” olarak nitelendirilebilecek iki önemli kriter vardır. Bu nedenle literatürde yer alan çalışmalar genellikle bu iki temel konudan birisi üzerinde yoğunlaşmıştır. Hatta yapılan incelemelerden; ortofoto ve sayısal yükseklik modeli (SYM) üretimine yoğunlaşan geometrik doğruluk araştırmalarının (Grodecki ve Dial, 2001; Toutin, 2004b; Baltsavias ve diğ., 2006) detay değerlendirme araştırmalarına nazaran çok daha fazla tercih edildiğini söylemek yanlış olmayacaktır. Aslında bu konudaki araştırmaların genellikle üniversiteler ve araştırma kurumları tarafından gerçekleştirdiği göz önüne alındığında, bu sonucun beklenen bir durum olduğunu kabul etmek gerekir. Çünkü detay tespiti ve teşhisi çalışmalarını kapsayan fotogrametrik değerlendirme işlemi, konusunda uzman ve deneyimli operatörler tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle fotogrametrik değerlendirme konusu, genellikle üniversiteler ile araştırma kurumlarından ziyade daha çok harita üretimi ile ilgilenen kurumlar tarafından incelenmektedir.

Her ne kadar günümüzde bazı yeni projeler başlamış olsa da çalışma esnasında tam anlamı ile harita üretimi konusuna yoğunlaşmış çok az projeye rastlanmıştır. Bu projelerden ilki, Avrupa Deneysel Fotogrametri Araştırma Organizasyonu (European Organization for Experimental Photogrammetric Research – OEEPE, şimdiki adı ile EuroSDR) önderliğinde ve bir çok Avrupa haritacılık kurumunun katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Bu projenin sonuçları Holland ve diğ. (2002) tarafından sunulmuştur.

Bir diğer çalışma ise; İngiltere Ulusal Harita Kurumunun (Great Britain’s National Mapping Agency / Ordnance Survey - OS) orta ve büyük ölçekli haritaların güncellenmesinde uydu görüntülerinin kullanılabilirlik potansiyelini araştırmak amacıyla 2003 yılında başlattığı projedir. Bu projenin sonuçları da Holland ve Marshall (2004) tarafından sunulmuş olup, konu ile ilgili çalışmalara halen devam edilmektedir (Holland ve diğ., 2006).

Bu araştırma dışındaki çalışmalar ise çok küçük alanlarda yer alan özel detaylarla veya sadece belirli konularla (otomatik yol veya bina çıkarımı, kadastral haritacılık, değişim tespiti gibi) ilgilenmişlerdir.

Konuya ilişkin olarak literatürde gerçekleştirilen araştırmalarda;

- Çalışmaların gerçekleştirildiği bölge ve kullanılan görüntülerin özellikleri,
- Çalışmalarda kullanılan matematiksel modeller ve yazılımlar,
- Yer kontrol noktaları (YKN) ile bağımsız kontrol noktaları sayıları ve
- Çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile konuya ilişkin sunulan yorumlar hakkında detaylı bilgiler toplanmıştır. Nitekim bu şekilde literatür araştırmasından elde edilen bilgilerin yapılacak çalışmalara ışık tutması ve bu sayede elde edilecek sonuçların da dünya literatürüne katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Literatürde yer alan çalışmalardan elde edilen sonuçlarda; yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden elde edilen geometrik doğrulukların 1 / 6.000 - 1 / 10.000 ölçekli harita çalışmaları için yeterli olduğu (Holland ve Marshall, 2004; Volpe, 2003) ve hatta bazı iyimser çalışmalarda bu görüntülerin bazı limitlerine rağmen 1 / 5.000 ölçekli klasik topoğrafik harita çalışmaları için kullanılabilecekleri belirtilmiştir (Amato ve diğ., 2004; Alexandrov ve diğ., 2004; Kaczynski ve diğ., 2004). Ayrıca, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanıldığında; alan sınırlarının açık bir şekilde görülebildiği ancak zor sınıflandırıldığı ve küçük - karmaşık yapıdaki binalar ile tren hatlarının çok iyi tespit edilemediği belirlenmiştir (Holland ve Marshall, 2004). Bu tür sıkıntıların aşılması için de, kadastral verilerden ve arazi çalışmalarından (kontrol ve bütünleme) yararlanılması gerektiği ifade edilmiştir (Alexandrov ve diğ., 2004). Ancak söz konusu arazi çalışmalarına ihtiyaç duyulduğu konusuna vurgu yapılmış olmasına rağmen, hiçbir çalışmada arazide gerçekleştirilen bir tamamlama ve kontrol işlemi yapılmamıştır.

Bu değerlendirmeler ışığında, yapacağımız çalışmalarda;

- Farklı YKN sayıları / geometrik dağılımları ve farklı SYM kullanılarak üretilen çok sayıda ortofoto görüntünün kullanılmasına ve

- Bazı araştırmacılar ile uydu firmalarının, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden 1 / 5.000 ölçekli harita üretiminin sorunsuz olarak gerçekleştirilebileceği yönünde yayınları nedeniyle, değerlendirme çalışmalarının 1 / 5.000 ölçeğinde gerçekleştirilmesine,

ayrıca literatürde yer alan mevcut uygulamalardan farklı olarak;

- Hava fotoğrafları ile Ikonos ve Quickbird uydu görüntülerinin kullanılacağı değerlendirme çalışmalarında, görülebilen tüm detayların değerlendirilmesine,

- Detayların değerlendirilmesi sonrası yapılacak karşılaştırmaların, sınıflandırmalar yoluyla değil de daha detaylı bir şekilde katman bazında yapılmasına ve

- Değerlendirmelerin arazi çalışmaları ile kontrol edilmesine karar verilmiştir.

Sonuç itibarı ile, OEEPE projesi ile yaklaşık olarak aynı tarihlerde başlayan çalışmalarımızla, ülkemizde ve dünyada bu konuda gerçekleştirilmiş olan araştırmalara yeni katkılar sağlanması amaçlanmıştır.

Çalışmanın giriş bölümünden sonra gelen ikinci ve üçüncü bölümlerinde yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri hakkında bilgiler verilerek; görüntü alım geometrisi, görüntü ön işleme, görüntü zenginleştirme ve çalışmada kullanılan yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin özellikleri anlatılmıştır.

Geometrik doğruluk araştırması ile ilgili olarak; test alanlarının seçimi, arazi çalışmaları ve dengeleme işlemleri, sayısal yükseklik modeli üretimleri, ortofoto ve mozaik görüntü üretimleri, ortak detay noktalarının tespiti ve koordinatlarının ölçülmesi, koordinat farklarının tespiti ve elde edilen geometrik doğruluk sonuçları hakkında detaylı bilgiler de dördüncü bölümde sunulmuştur.

Beşinci bölümde ise detay değerlendirme araştırmasına ilişkin olarak; değerlendirilecek alanların seçimi, değerlendirme işlemleri, değerlendirme işlemlerinin karşılaştırılması ve arazide gerçekleştirilen kontrol işlemleri incelenmiştir.

Son olarak altıncı bölümde de, bu araştırma çalışmasından çıkarılan sonuçlar ve konu ile ilgili olarak yapılan teklifler sunulmuştur.

2. UYDU GÖRÜNTÜLERİ

2.1 Genel

Teknolojideki hızlı gelişim, yakın bir geçmişe sahip olmakla birlikte uydu görüntülerinin, topoğrafik uygulamalar kapsamında üç ana başlık altında incelenmesi zorunluluğunu gündeme getirmektedir (Önder, 1998). Bunlar;

- ◆ Birinci evre uydu görüntüleri (1970-1982 evresi),
- ◆ İkinci evre uydu görüntüleri (1982-1997 evresi) ve
- ◆ Üçüncü evre uydu görüntüleri (1997 ve sonrası) şeklinde sıralanabilir.

Birinci evre uydular dönemi adı verilen (1970-1982) evrede yer alan uydular arasından en önemlileri olarak, Landsat-1, 2 ve 3, Uzay Laboratuvarı (Skylab) ve Soyuz sayılabilir. Gerçekte bu uyduların temel hedefi, üzerindeki algılayıcılar aracılığıyla elde edilen görüntülerle, yeryüzünün küçük ve orta ölçekli haritalarını üretmek olmuştur. Yeryüzünün bu ölçeklerdeki haritalara duyduğu yüksek düzeydeki gereksinimin yanı sıra güncelleştirme isteklerinin de yoğunlaşması, söz konusu hedefin seçilmesinde etkin bir rol oynamıştır. Ancak bu evre görüntülerden sadece sınırlı bir şekilde küçük ölçekli haritaların üretimi gerçekleştirilebilmiştir.

Bu evre içerisinde değişik yöntemlerle yapılan uygulamalarda, en iyi planimetrik doğruluk olarak yaklaşık 50 m bulunmuştur. Ayrıca bu görüntüler, doğal kaynakların belirlenmesi amacıyla yönelik foto-yorumlama çalışmalarında son derece etkin olmuştur (Önder, 1993).

Birinci evre uydu görüntülerinden topoğrafik harita üretiminde; veri dağıtımındaki devamlılığın aksamaması, ayrıntıları tanımlamada uzaysal ayırma gücünün yetersizliği, değerlendirilen detaylar için planimetrik (yatay) ve yükseklik (düşey) doğruluğunun

düşük olması, stereoskopik görüntü elde etme olanağının yeterli bulunmaması vb. gibi nedenlerle harita yapımında beklenen atılım sağlanamamıştır.

İkinci evre uydular dönemi adı verilen ve 1982-1997 yılları arasını kapsayan evre içerisinde sayılabilecek başlıca uydular olarak da; Landsat-4 ve 5, Spot-1, 2 ve 3, Uzay Mekiği, Salyut, Cosmos ve Ers-1, 2 uyduları sıralanabilir. Özellikle 1 / 50.000, 1 / 100.000 ve 1 / 250.000 ölçekli haritaların seri bir şekilde üretimini ve güncelleştirilmesini hedefleyen bu uydulara ait görüntülerde, tarama alanı ve piksel boyutları, bu ölçeklerin en uygun şekilde tanımlanmalarına olanak sağlayacak niteliktedir. Bu dönemde bir öncekine kıyasla büyük gelişmeler gözlenmiştir. Bunlardan en önemlisi; hava kameralarında 230 mm olan en büyük çerçeve genişliğinin, dikdörtgen çerçevelerin kullanılmaya başlamasıyla büyük bir değişim içerisine girmesidir (Önder, 1993). Bu gelişmelere ait diğer bazı özellikleri;

- ◆ Bazı uydu görüntülerinde yeterli stereoskopik görüntü elde etme olanağı,
- ◆ Hava kamera ve filmlerindeki yüksek doğruluk gelişimi,
- ◆ Çapraz tarama (across track) yöntemine kıyasla daha fazla doğruluk sağlayacağı düşünülen boyuna tarama (push broom) yöntemlerinin gelişimi,
- ◆ Elde edilen görüntülerin ortofoto hassasiyetinde kullanım olanağı,
- ◆ Uydu ömrünün ortalama 5 yıldan 10 yıla çıkartılması,
- ◆ Ayırma gücünün 5-10 m olarak belirlenmesi,
- ◆ Daha alçak yörüngelerden (700-800 km) daha iyi ayırma güçlü görüntüler elde etme olanağının araştırılması ve
- ◆ Sayısal yükseklik modeli (SYM) elde etme olanağı şeklinde sıralayabiliriz (Önder, 1998).

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) hükümetinin aldığı bir kararla, 1980'li yılların casus uydularında kullanılan yüksek ayırma güçlü algılayıcıların 1997 yılı ve sonrasında fırlatılacak uydu platformlarında yer alması ve bunlardan elde edilecek görüntülerin ticari amaçlı kullanımı serbest bırakılmıştır. Üçüncü evre adı da verilen bu dönemde (1997 yılı ve sonrası) yer alan uyduların başında CRSS (Commercial

Remote Sensing Satellite), Space Imaging, Earth Watch ve Orbview uyduları gelmektedir. Bu kararın bir diğer önemli tarafı da; ilk kez uydu fırlatma ve işletme teknolojisinin özel sektör alanına açılmış olmasıdır.

Bu gelişme sonucunda, uydu görüntülerinin piksel boyutlarında meydana gelen küçülme ile (siyah-beyaz görüntülerde ~ 0.6-1 m, renkli görüntülerde ise ~ 2.5-4 m) konumsal ayırma gücü son derece artmış olup, çok küçük boyuttaki insan yapısı cisimleri rahatlıkla tespit etmek olanaklı hale gelmiştir. Ancak elde edilen bu yüksek çözünürlük kabiliyeti konum doğruluğu ile aynı anlamda değerlendirilmemelidir.

Yeni geliştirilen uydu görüntüleri ile ilgili olarak meydana gelen diğer önemli gelişmeler ise, aynı yörünge üzerinde 5-10 saniye gibi çok kısa zaman aralıklarla veya aynı anda stereo görüntü elde etme ve yer istasyonuna sahip ülkelerin uyduya kısıtlı da olsa komuta etme olanağının sağlanmasıdır.

Yüksek doğruluklu uydulardan önümüzdeki dönemde beklenen önemli gelişmeler ise şunlardır (Özbalmumcu, 2003);

- ◆ Yapım maliyetinin düşmesi ve fırlatma kapasitelerinin arttırılması,
- ◆ Çözünürlük düzeyinin 40 - 50 cm ve altına inmesi,
- ◆ Kaliteli ürün çeşidi ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile bütünleşecek sayısal verilerin elde edilmesi,
- ◆ Yer istasyonuna sahip ülkelerin uyduya daha etkin komuta etme olanağı,
- ◆ Arşivleme maliyetlerinin azalması ve
- ◆ Aynı bölgeye ait görüntülerin daha sık aralıklar ile elde edilebilmesi.

Ancak yüksek doğruluklu uydu görüntülerinde devam etmesi muhtemel sorunlar ise şunlardır (Özbalmumcu, 2003);

- ◆ Bazı uydularda görüntülerin 17 km x 17 km veya 11 km x 11 km gibi oldukça dar alanları kaplamasının maliyetleri yükseltmesi,
- ◆ Uydunun aynı gözlem noktasına gelme süresinin birkaç güne kadar ulaşması,

- ◆ Bulut, sis, pus, yağmur, kar gibi meteorolojik olaylardan etkilenmenin devam etmesi ve

- ◆ Birbirlerinin etki alanına giren uydu yer istasyonlarında önceliklerin kimlere ait olacağı tartışmalarının devam edecek olması.

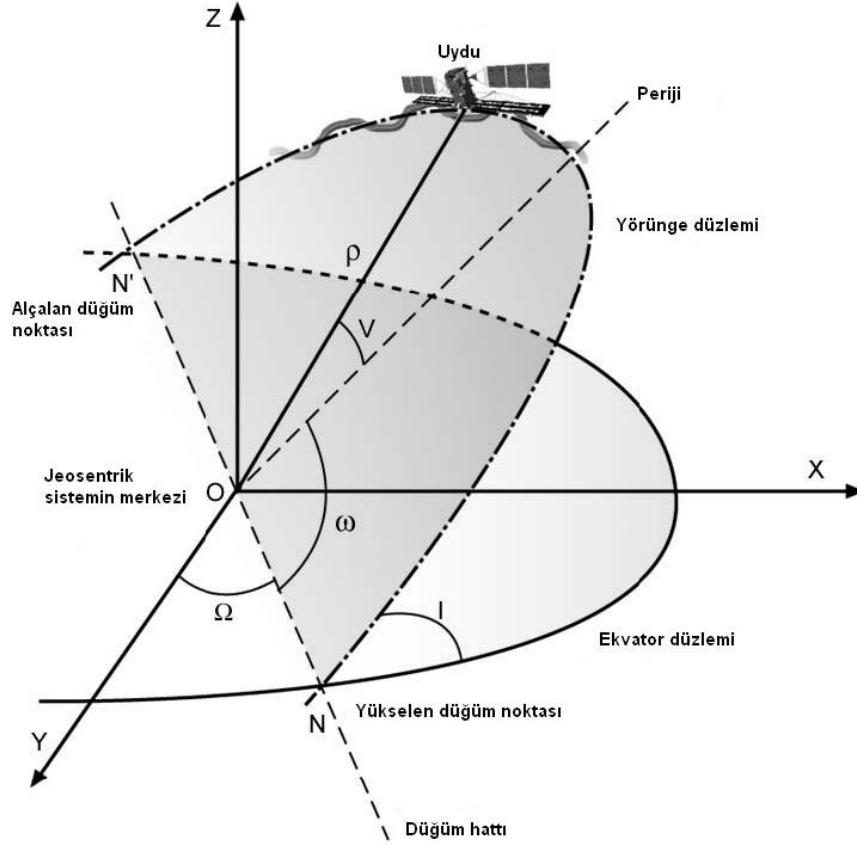
Yeni uydu sistemleri, yüksek maliyetlerin düşürülmesi için genellikle belli bir amaca yönelik küçük sistemler şeklinde tasarlanmaktadır. Bu nedenle yeni uydu sistemlerinin geliştirilmesinde genellikle iki temel yaklaşımdan birisi uygulanmaktadır (Önder, 1998). Birinci yaklaşım, Spot ve Landsat gibi mevcut uydu sistemlerinin geliştirilerek kullanımına devam edilmesidir. İkinci yaklaşım ise, Ikonos ve Quickbird gibi tamamen yeni ticari uydu sistemlerinin geliştirilmesidir.

2.2 Uydu ve Görüntü Bilgilerine İlişkin Bazı Tanımlar

Algılayıcılar ve onları taşıyan uydular, görüntü alım yeteneklerini etkileyen değişik tasarım özelliklerine sahiptirler. Bu nedenle, uydu ve algılayıcı özelliklerinin daha iyi anlaşılması için bazı terimlerin açıklanmasında fayda vardır (Yıldırım, 2004).

- ◆ **Kutupsal Yörünge:** Bütün sivil amaçlı uzaktan algılama uyduları, yeryüzünün etrafında kutupların yakınından geçen kuzeydoğu-güneybatı yönünde hareket etmektedirler. Uydular, önceden belirlenmiş program çerçevesinde sabit hız ve yüksekliklerde seyrederek. Bu nedenle uyduyu yerden kontrol eden birim tarafından, istenilen zamanda hız değişiklikleri yapılması veya yörüngenin başka bir bölgeye kaydırılması mümkün değildir.

- ◆ **Alçalan ve Yükselen Yörüngeler:** Elektro-optik sistemler gibi pasif algılayıcı taşıyan uyduların yörüngeleri yeryüzünün güneş alan tarafında alçalıp, karanlık tarafında yükselecek şekilde programlanmıştır. Buna karşın gün ışığına gereksinim duymayan SAR (Synthetic Aperture Radar – Yapay Açıklıklı Radar) algılayıcısı yörüngenin her bölümünde görüntü alabilmektedir. Şekil 2.1’de bir elips ile uydu yörüngesi ve onun temsilinin tanımı görülmektedir. Şekilde; XYZ jeosentrik çerçeve referans sistemini, Ω yükselen düğüm noktasının (N) boylamını, $(\omega + v)$ uydu argümanını ve ρ dünya merkezinden (O) uyduya olan uzaklığı tanımlamaktadır (Yılmaz, 2005).



Şekil 2.1: Bir Elips ile Uydu Yörüngesi ve Onun Temsilinin Tanımı (Yılmaz, 2005).

◆ **Görüş Geometrisi:** Elektro-optik ve SAR algılayıcıları sabit veya ayarlanabilir görüş geometrisine sahiptirler. Eğer algılayıcı sabit görüş açısına sahipse tam altındaki yer izi üzerinde, ayarlanabilir bir görüş açısına sahipse sağa-sola veya öne-arkaya doğru döndürülerek yer izinin üzerinde veya yanlarında görüntü alabilir. Ayarlanabilir bir algılayıcı, tekrarlama süresini ve stereo görüntü alma kabiliyetini etkilemektedir.

◆ **Tekrarlama Süresi:** Bir uydu, daha önce belirlenmiş yörüngesinde hareket ederken belirli bir süre sonra yeryüzündeki aynı nokta üzerinden tekrar geçer. Aynı nokta üzerinden iki geçiş arasındaki zaman “tekrarlama süresi” olarak adlandırılır. Ayarlanabilir görüş açısına sahip algılayıcı taşıyan uydular, belirli bir noktanın yeni görüntüsünü normal tekrarlama süresinden daha kısa zamanda elde edebilirler.

◆ **Stereo Görüntü Alma:** Ayarlanabilir görüş geometrisine sahip uydular, aynı uçaklara takılı sistemlerde olduğu gibi bindirmeli görüntü çiftleri elde etmek suretiyle stereo görüntü kaydetme yeteneğine sahiptirler. Stereo görüntü, öne-arkaya

bakabilen algılayıcı ile yer izi boyunca tek bir geçişte veya sağa sola bakabilen algılayıcı ile birbirini izleyen iki geçişte elde edilebilir.

◆ **Tarama Genişliği:** Uydu algılayıcıları da hava kameraları gibi görüş açısına sahiptirler. Tarama genişliği kavramı görüş açısının yeryüzündeki enlemesine uzunluğunu ifade etmektedir. Yüksek çözünürlüğe sahip görüntülerin tarama genişliği genelde daha küçüktür.

◆ **Güneş Uyumlu Yörünge:** Elektro-optik uyduların çoğu, belirli bölgelerin üzerinden günün hep aynı yerel saatinde geçecek şekilde güneşle uyumlu bir yörüngeye oturtulmuştur. Böylece bölgeye ait birden fazla görüntüdeki güneş açısı ve gölge durumunun aynı olması sağlanmaktadır. Birçok uydu yörüngesi, güneş yükseklik açısının düşük olduğu ve gölgelerin arazinin tanınmasını kolaylaştırdığı sabah ile öğle saatleri arasında ekvatoru geçecek şekilde programlanmıştır.

◆ **Pankromatik Görüntü:** Bu görüntüler, elektromanyetik spektrumun geniş bir bölümüne ait yansıyan enerjinin algılanması ile elde edilmektedir. Pankromatik algılayıcılarının bant aralığı görünür bölüm ile yakın kızılötesini kapsamaktadır ve bu veriler siyah-beyaz olarak sunulmaktadır.

◆ **Çok Bantlı Görüntü:** Elektromanyetik spektrumun birden çok bantlarında toplanan yansıma değerlerinden oluşan görüntülerdir. İki ayrı algılayıcı, aynı dalga boyunun değişik parçalarına ait enerjiyi ölçebilmektedir. Bu şekilde toplanan birden fazla yansıma değeri renkli görüntü elde etmek için birleştirilmektedir. Halen kullanılmakta olan çok bantlı algılayıcılar, bir seferde üç ila yedi bant arasında yansıma değerini ölçebilme yeteneğine sahiptirler.

2.3 Görüntü Algılama Sistemleri

Yer gözlem uydularının işlevleri, taşıdıkları algılayıcılara göre değerlendirilir. Diğer bir deyişle, yer gözlem amaçlı uzaya gönderilen uzaktan algılama uydularının fiziksel özelliklerinden daha çok, taşıdıkları algılayıcılar ve toplanan verinin özellikleri ile veri transferi gibi konular önem taşımaktadır (Yıldırım, 2004). Yeryüzüne ait bilgi toplayan uzaktan algılama uydularına; radyo altimetre, gravite ölçer, rüzgar ve sıcaklık ölçer gibi değişik algılayıcılar takılabilmesine karşın,

Çalışma konusunun harita üretim amaçlı görüntüler olması nedeniyle, sadece görüntü algılayıcıları taşıyan uydular üzerinde durulacaktır.

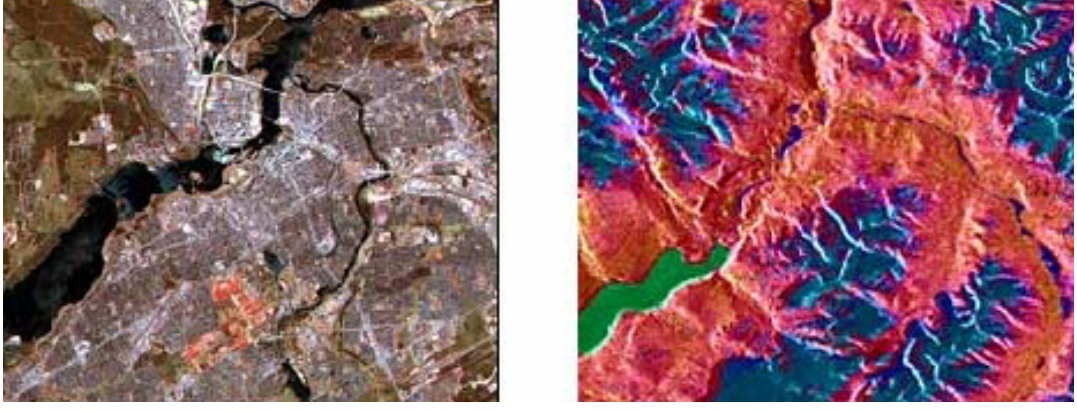
Uzaktan algılama uydularına takılan ve harita üretimine yönelik görüntü alımı gerçekleştiren sistemler, pasif ve aktif olmak üzere iki ana grupta toplanabilir. Pasif algılayıcıların ayırt edici özelliği, yeryüzünden yansıyan gün ışığını algılaması ve kaydetmesidir. Aktif sistemler ise bizzat kendilerinin yeryüzüne gönderdiği ve yeryüzündeki cisimlerden yansıyan elektro-manyetik sinyalleri algılar ve kaydederler. Aktif sistemlerin tamamı dijital olarak çalışan cihazlar olmalarına karşın, pasif sistemler film bazlı kameralar gibi analog algılayıcıları da içermektedirler (Yıldırım, 2004; İşlem şirketler Grubu, 2002a).

Uzaktan algılama algılayıcıları özel amaçlar için dizayn edilmişlerdir. Optik algılayıcılar tayf bantlarındaki verileri algılarken, radar algılayıcıları mikrodalga bant kapsamındaki verileri algırlar. Her bir uygulamanın kendine özgü; tayfsal, mekansal ve zamansal znrlk gereksinimi bulunmaktadır.

Tayfsal znrlk elektromanyetik tayf üzerine kaydedilen verinin bant aralığına veya mesafesine işaret ederken, mekansal znrlk görüntüdeki detayların görülebilirliğini, zamansal znrlk ise görüntüler arasındaki algılama aralığını ifade eder.

Uzaktan algılama verilerine dayalı çeşitli uygulamalar için genelde birden fazla algılayıcının aldığı görüntüye ihtiyaç duyulur. Bu birleşik veri uygulamanın daha başarılı olmasını sağlar. Bu tür verilerde; bütünleme çalışmalarında farklı zamanlarda algılanan görüntüler (multi-temporal), farklı znrlklerde algılanan görüntüler (multi-resolution), farklı algılayıcılarla elde edilen görüntüler (multi-sensor) ve farklı veri kaynaklarından elde edilen görüntüler (multi-data) kullanılmaktadır. Farklı zamanlarda algılanan görüntülerin bütünleştirilmesi ile dönem içerisinde meydana gelen değişiklikler, yüksek mekansal znrlkl veriler ile daha az hassas znrlkteki renkli görüntülerin bir araya getirilmesi ile de detayların özellikleri tespit edilebilmektedir.

Farklı algılayıcı verilerinin birleştirilmesi ile ayrıca, arazi örtüsü tiplerinin daha kolay ayırt edilmesi, ilave bilgilerin toplanması ve özelliklerin bütünsel detaylarının ön plana çıkarılması da sağlanmaktadır (şekil 2.2) (İşlem şirketler Grubu, 2002a).



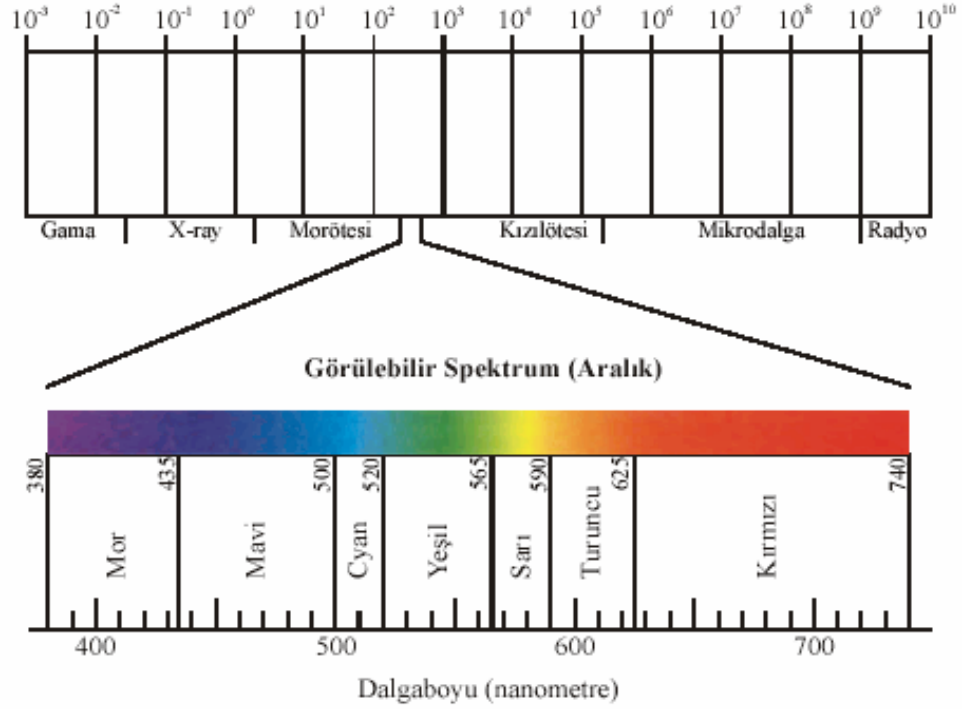
Şekil 2.2: Bütünleştirilmiş 10 ve 20 m Çözünürlüklü Spot Uydu Görüntüsü (solda) ile Çok Bantlı Optik Veri ve Radar Görüntüsü (sağda) (İşlem Şirketler Grubu, 2002a)

Netice itibarı ile uydulara takılan görüntü kaydetme amaçlı algılayıcılara üretici ülke veya firmalar tarafından çok değişik isimler verilse de, harita üretimine uygun görüntü alabilen algılayıcılar üç grupta toplanabilir. Bunlar;

- ◆ Film bazlı (analog) pasif algılayıcı sistemler,
- ◆ Dijital pasif sistemler ve
- ◆ Mikrodalga aktif sistemler olarak sıralanabilirler.

Bir görüntü algılayıcısı hangi ana gruba ait olursa olsun, yeryüzünden yansıyan veya yayılan elektromanyetik enerjiyi algılar ve görüntüyü analog veya dijital ortamda oluşturur. Bu nedenle, bir görüntü algılayıcısının hangi spektral aralıkta çalışabildiği oldukça önemli bir konudur. Burada bahsedilen elektromanyetik dalgalar; elektrik ve manyetik alanların periyodik formları şeklinde uzayda hareket eden enerji olarak tanımlanabilir. Elektromanyetik dalgalar, ışık hızı olarak bilinen sabit bir hızla ($c = 2.99792458 \times 10^8$ m/s) hareket ederler. Elektromanyetik dalga, frekans ve dalga boyu ile tanımlanabilir. Elektromanyetik dalganın frekansı da, kaynağına bağlı bir büyüklüktür.

Yaşadığımız dünyada, enerji nakil hatlarınca oluşturulan düşük frekanslar ile atom çekirdeğinden kaynaklanan gama ışınlarınca oluşturulan yüksek frekanslar arasında çok geniş bir frekans yelpazesi mevcuttur. Bu frekans yelpazesi Şekil 2.3’de sunulan “Elektromanyetik Spektrumu” meydana getirmektedir (Yıldırım, 2004).



Şekil 2.3: Elektromanyetik Spektrum (Yıldırım, 2004)

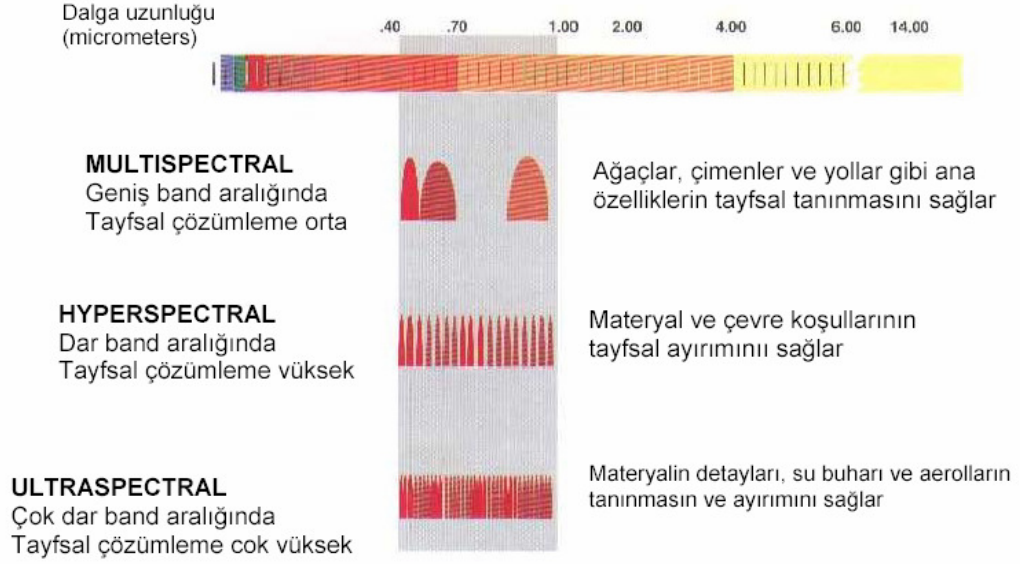
Elektromanyetik Spektrumun dalga boyu 400 ile 700 nanometre arasında kalan bölümü insan gözü tarafından algılanabilmektedir. Görünür spektrumun en büyük enerji kaynağı ise Güneş'tir. Güneş enerjisi, gün ışığı formunda yeryüzüne gelmekte ve pasif algılayıcıların görüntü oluşturmalarını sağlayan temel enerji kaynağını oluşturmaktadır (İşlem Şirketler Grubu, 2002a).

2.4 Uydu Görüntü Çeşitleri

Uzaktan algılama ile sayısal görüntü temin eden günümüz uyduları, çok geniş sahalardaki veriyi birçok dalga uzunluğunda ve frekansta kaydederek bunları elektronik olarak yer istasyonlarına süratle aktarmaktadırlar. Uydu görüntüleri; tayfsal veri tipine, görüntü veri tipine ve bant miktarına göre sınıflandırılabilirler.

2.4.1 Multispektral, hiperspektral ve ultraspektral görüntüler

Tayfsal veri; multispektral, hiperspektral ve ultraspektral olmak üzere üç tipe ayrılmıştır. Multispektral algılayıcılar geniş bant aralığında onluk, hiperspektral algılayıcılar dar bant aralığında yüzölçüm ve ultraspektral algılayıcılar ise çok dar bant aralığında binlik bantları kapsamaktadırlar (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Multispektral, Hiperspektral ve Ultraspektral Veri Tipleri

Multispektral algılayıcılar 70'den fazla bandı içerecek tarzda dizayn edilmişlerdir. Çok bantlı görüntüler yakın infrared, kısa infrared, orta infrared ve uzun infrared dalga boylarında insan gözünün göremediği özellikleri içerirler ve onların ayırt edilmesine olanak sağlarlar.

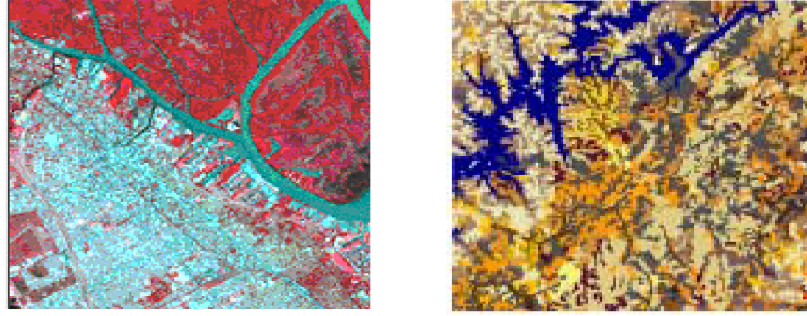
Hiperspektral algılayıcılar, tayfsal bandın yüzlercesinde veri toplamaktadır. Binlerce sayıda çok dar bandı içeren ultraspektral görüntüler ise araştırma ve geliştirme çalışmalarında kullanılmaktadırlar. Çok büyük seviyedeki bu tayfsal hassasiyet, özel materyalin tanınması ile gaz zerrelere ve akışkanların bileşiminin analiz edilmesini sağlamaktadır (İşlem Şirketler Grubu, 2002a).

2.4.2 Sürekli ve tematik görüntüler

Görüntüler veri tipine bağlı olarak, sürekli ve tematik veri şeklinde ikiye ayrılırlar.

Sürekli veri tipindeki görüntüler bir bölge üzerinde devamlı tarzda değişen yükseklik, ısı ve mahsulün durumu gibi belirgin karakteristikleri veya özellikleri ölçen veriyi içermektedir. Sürekli tip veri, bir renk tonundan diğer bir renk tonuna kademeli olarak geçen görüntüyü temsil eder. Bu veri tipi doğası gereği niceldir ve ölçülen özellikleri ile arazi örtüsünden yansıyan piksel değerlerini içermektedir. Bu veri hem tek bantlı hem de çok bantlı olabilir.

Tematik veri ise bir görüntüdeki sınıflandırma bilgilerini belirtir. Bu veri, görüntüdeki sınıflandırılmış pikselleri veya bunların atanma sonuçlarını verir. Çok bantlı sürekli veri tipindeki her bir piksel çoklu değere sahipken, işlemler sonucunda elde edilen tematik verideki her bir piksel sadece bir değeri içerir. Bu nedenle tematik veri sadece bir katmanı içerir (Şekil 2.5) (İşlem Şirketler Grubu, 2002a).

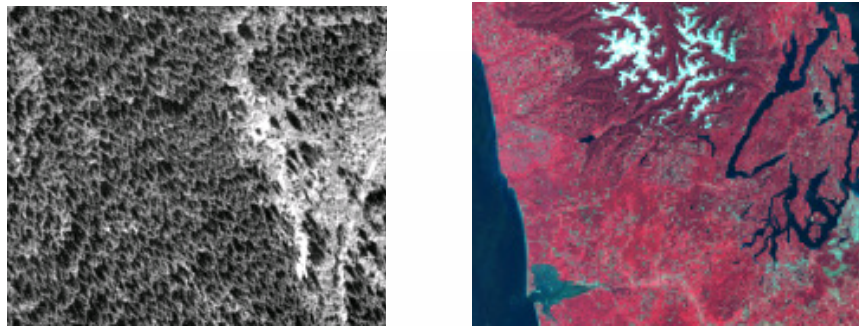


Şekil 2.5: Sürekli (solda) ve Tematik (sağda) Görüntüler
(İşlem Şirketler Grubu, 2002a)

2.4.3 Pankromatik ve multispektral görüntüler

Bant veya katman miktarına bağlı olarak da görüntüler; pankromatik (tek bantlı) ve multispektral (çok bantlı) olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Pankromatik görüntüler sadece bir katmana sahiptirler ve elektromanyetik tayfın bir kısmını algırlarlar. Piksel gri değerleri 255 değerine yakın olan nesneler beyaz, 0 değerine yakın olan nesneler ise siyah görünür. Aradaki değerler grinin tonlarını gösterir (örneğin siyah-beyaz fotoğraflar). Elektromanyetik tayftaki bantların iki veya daha fazlası algılandığında ise multispektral görüntüler söz konusu olur. Bu görüntüler kırmızı, yeşil ve mavi renk bantlarını içerirler. Bu görüntülerde her bir katman bir renge tahsis edilmiştir (Şekil 2.6) (İşlem Şirketler Grubu, 2002a).



Şekil 2.6: Pankromatik (solda) ve Multispektral (sağda) Görüntüler
(İşlem Şirketler Grubu, 2002b)

2.5 Çalışmada Kullanılan Uyduların Özellikleri

Bilimsel amaçlı ilk yer gözlem uydusu olan ERTS (Landsat-1), Sputnik-1 uydusunun 1957 yılında Rusya tarafından uzaya gönderilmesinden tam 15 yıl sonra, 1972 yılında ABD tarafından yörüngeye oturtulmuştur.

Uydu teknolojisinde sağlanan gelişmeler neticesinde günümüzde yer gözlem uydularının ulaştığı son nokta ise yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleridir. Yüksek çözünürlüklü görüntü sağlayan uydulardan bazıları şunlardır (Yıldırım, 2004);

- ◆ KVR kamerasının kullanıldığı ve 2 metre ile 10 metre arasında çözünürlüğe sahip bindirmeli görüntüler alabilen Spin-2 uydusu (Rusya),

- ◆ 2.5 m çözünürlüğünde pankromatik ve 10 m çözünürlüğünde çok bantlı görüntüler alabilen Spot-5 uydusu (Fransa),

- ◆ 1 m çözünürlüğünde pankromatik ve 4 m çözünürlüğünde çok bantlı görüntüler alabilen Orbview-3 uydusu (A.B.D.),

- ◆ 1.8 m çözünürlüğünde ve 13.5 km genişliğinde pankromatik görüntü alabilen Eros-A ve 0.87 m çözünürlüğünde pankromatik ve 3.28 m çözünürlüğünde çok bantlı görüntü alabilen Eros-B uyduları (İsrail),

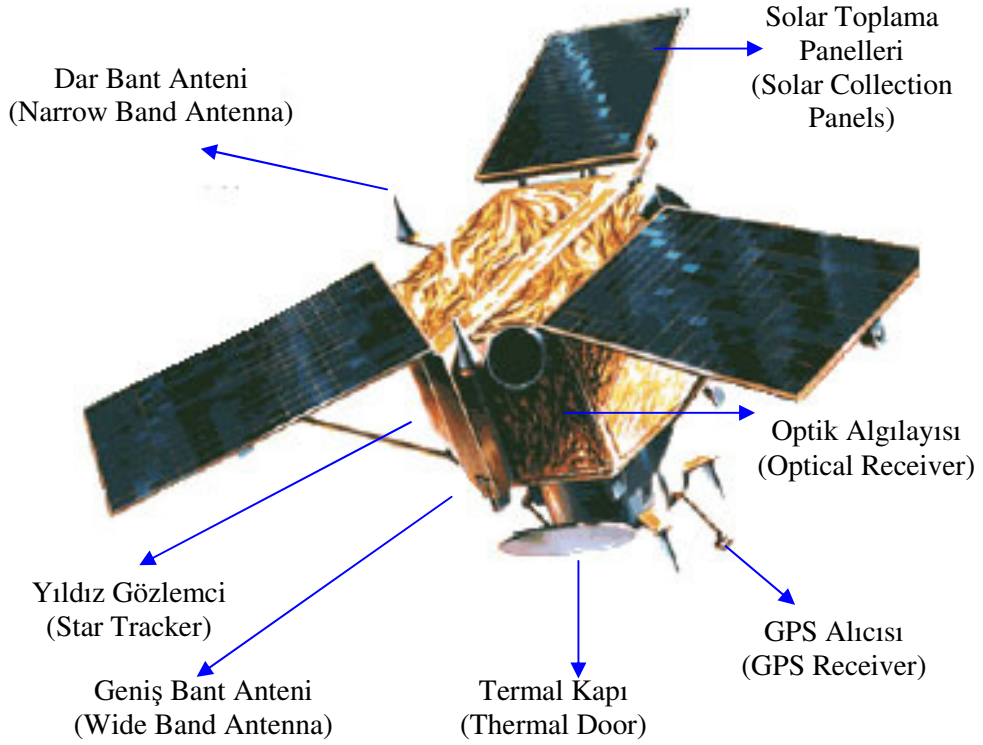
- ◆ 1 m çözünürlüğünde pankromatik ve 4 m çözünürlüğünde çok bantlı (nadirde ise 0.82 m ve 3.28 m) görüntü alabilen Ikonos uydusu (A.B.D.) ve

- ◆ 0.61 m çözünürlüğünde pankromatik ve 2.44 m çözünürlüğünde çok bantlı görüntü alabilen Quickbird uydusu (A.B.D.).

Bu aşamada sadece, çalışmada kullanılan Ikonos ve Quickbird uydularının özellikleri detaylı bir şekilde sunulacaktır.

2.5.1 Ikonos uydusunun özellikleri

Özel bir Amerikan şirketi olan Space Imaging tarafından 24 Eylül 1999 tarihinde 681 km yüksekliğindeki güneş uyumlu yörüngesine oturtulan Ikonos uydusu, yüksek çözünürlüğe sahip ilk ticari uydudur. 725 kg ağırlığa sahip olan Ikonos uydusu Şekil 2.7’de gösterilmiştir.

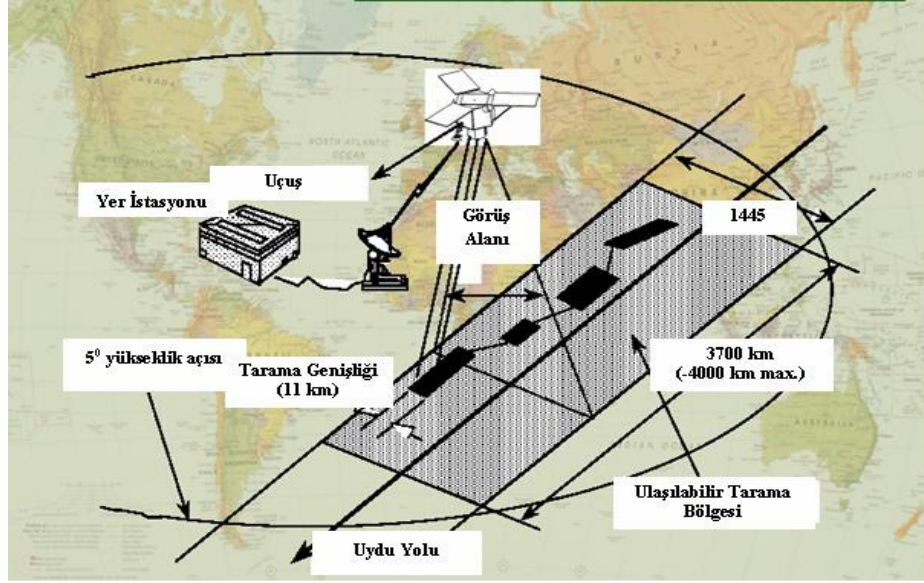


Şekil 2.7: Ikonos Uydusu

Şekil 2.7’deki “Dar Band Anteni”, işlem emirlerini yer istasyonundan alır ve gerçek işlem zamanını yer istasyonuna yollar. “Geniş Band Anteni” ise, gerçek zamanlı görüntü ve veriyi yaklaşık 320 Mbit/saniye’lik bir hız ile yer istasyonuna yollar. “Yıldız Gözlemci” de, mümkün olan en hassas görüntüyü almak için uydu konumunu belirleyerek görüntü alımı sırasında güneşi gözler ve güneşten dolayı konumun bozulmasını engeller.

Ikonos uydusu Kodak KVR-1000 modeli uzaktan algılama kamerası kullanmakta olup, nadirden siyah-beyaz alımlarda 0.82 m, çok bantlı alımlarda ise 3.28 m çözünürlüğünde görüntüler alabilmektedir (Grodecki ve Lutes, 2005).

Ancak, 30 derece eğimle aldığı görüntülerde çözünürlük; siyah-beyaz alımlarda 1 m, çok bantlı alımlarda ise 4 m olmaktadır. Tarama genişliği nadirde 11.3 km, nadirden 26 derecede ise 13.8 km’dir. Ayrıca ürün olarak 1 m siyah-beyaz görüntü verilerinin konumsal çözünürlüğü ile çok bantlı 4 m görüntü verilerinin renk içeriği birleştirilerek, 1 m çözünürlüğe sahip renkli görüntüler elde edilebilmektedir. Ikonos uydusu esnek yapısı ile diğer uydulardan farklı olarak, nadirden maksimum 45 derece sağa, sola, öne ve arkaya yönlendirilebilmektedir (Şekil 2.8) (Bayır, 2003).



Şekil 2.8: Ikonos Uydusunun Manevra Kabiliyeti (Yılmaz, 2005)

Ikonos uydusu hakkında diğer genel bilgiler Tablo 2.1, Tablo 2.2 ve Tablo 2.3’de verilmiştir (www.spaceimaging.com/products/ikonos/index.htm).

Tablo 2.1: Ikonos Uydusu Platform Özellikleri

Yörünge Yerleştirme Aracı	Athena II
Üretici Firma	Lockheed Martin
Fırlatma Yeri	Vanderberg Hava Üssü, California

Tablo 2.2: Ikonos Uydusu Yörünge Özellikleri

Eğim Açısı ve Hızı	98.1 derece - 4 mil/saniye – 7 km/saniye
Ekvator Geçiş	Alçalma Durumunda : $\ddot{o}o \approx 10:30$
Yörünge Periyodu	98 dakika

Tablo 2.3: Ikonos Uydusu Algılayıcı Özellikleri

Algılayıcılar	Siyah-beyaz / Çok bantlı (Pancromatic / Multispectral)
Bantlar	Siyah-beyaz : 0.45-0.90 mikrometre Bant 1 Blue (Mavi) : 0.45-0.53 mikrometre Bant 2 Green (Yeşil) : 0.52-0.61 mikrometre Bant 3 Red (Kırmızı) : 0.64-0.72 mikrometre Bant 4 Near Infrared : 0.77-0.88 mikrometre
Görüntü Tekrarlama Aralığı	2.9 gün 1 m çözünürlük için 1.5 gün 1.5 m çözünürlük için (40 derece paralelinde)
Dinamik Aralık	11 bit

Ikonos uydusundan alınmış görüntüler Şekil 2.9’da gösterilmiştir.



Şekil 2.9: Ikonos Uydusundan Alınmış Siyah-Beyaz ve Renkli Görüntüler
(www.spaceimaging.com/products/ikonos/index.htm)

2.5.2 Quickbird uydusunun özellikleri

Yine özel bir Amerikan firması olan Digital Globe tarafından 18 Ekim 2001 tarihinde 450 km yüksekliğindeki güneş uyumlu yörüngesine oturtulan Quickbird uydusu, halen en yüksek çözünürlüğe sahip olan ticari yer gözlem uydusudur.

Quickbird uydusu hakkında genel bilgiler de Tablo 2.4, Tablo 2.5 ve Tablo 2.6’da verilmiştir (Şekil 2.10) (www.digitalglobe.com/about/quickbird.html).



Şekil 2.10: Quickbird Uydusu

Tablo 2.4: Quickbird Uydusu Platform Özellikleri

Yörünge Yerleştirme Aracı	Delta II
Üretici Firma	Digital Globe
Fırlatma Yeri	Vanderberg Hava Üssü, California

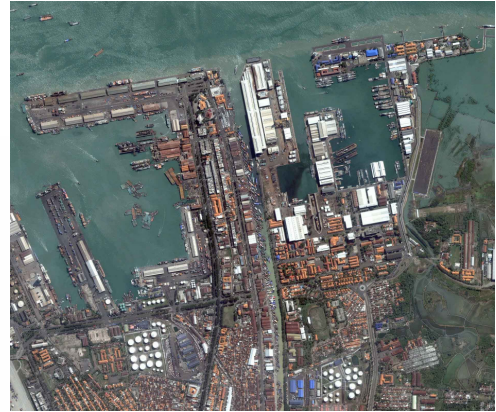
Tablo 2.5: Quickbird Uydusu Yörünge Özellikleri

Eğim Açısı	98 derece
Ekvator Geçişi	Alçalma Durumunda : $\ddot{o} \approx 10:30$
Yörünge Periyodu	93.4 dakika

Tablo 2.6: Quickbird Uydusu Algılayıcı Özellikleri

Algılayıcılar	Siyah_Beyaz / Çokbantlı (Pancromatic / Multispectral)
Çözünürlük	0.61 m Siyah-Beyaz (nadirde) 2.44 m Çokbantlı (nadirde)
Bantlar	Siyah-Beyaz : 0.445-0.90 mikrometre Bant 1 Blue (Mavi) : 0.45-0.52 mikrometre Bant 2 Green (Yeşil) : 0.52-0.60 mikrometre Bant 3 Red (Kırmızı) : 0.63-0.69 mikrometre Bant 4 Near Infrared : 0.76-0.90 mikrometre (Yakın Kızılötesi)
Tarama Genişliği	16.5 km.
Görüntü Tekrarlama Aralığı	1 – 3.5 gün (0.7 m. çözünürlük için)
Dinamik Aralık	11 bit

Quickbird uydusundan alınmış renkli görüntüler de Şekil 2.11’de gösterilmiştir.

**Şekil 2.11:** Quickbird Uydusundan Alınmış Görüntüler
(www.digitalglobe.com/about/quickbird.html)

3. SAYISAL GÖRÜNTÜLERİ İŞLEME

Günümüzün gelişen teknolojisi, uzaktan algılanan verilerin pek çoğunun sayısal formatta kayıt edilmesini sağlamış ancak, değerlendirme analizlerine ve sayısal işlemlerin bazı unsurlarına da bağımlı hale getirmiştir. Klasik değerlendirmenin ve otomatik detay sınıflandırmasının daha iyi yapılabilmesi için, formatlama ve verinin düzeltilmesini / geliştirilmesini içeren sayısal görüntü işleme çalışmaları tamamıyla bilgisayarlar ve yazılımlar vasıtası ile yapılabilmektedir.

Görüntü analiz sisteminde kullanılan sayısal görüntülerin işlenmesi; "Görüntü Önileme", "Görüntü Zenginleştirme", "Görüntü Dönüşümü" ve "Görüntüyü Sınıflandırma ve Analiz" olarak ifade edilen 4 safhada yapılmaktadır.

3.1 Görüntü Önileme (Image Preprocessing)

Şu ana kadar ideal ya da mükemmel olarak tanımlanabilecek bir algılayıcı sistem geliştirilememiştir. Arazi yapısının şaşırtıcı düzeydeki karmaşıklığı nedeni ile konumsal, spektral, zamansal ve radyometrik ayırma gücü gibi sınırlamalara sahip olan basit algılayıcı sistemler, iyi bir kayıt olanağı sağlayamamaktadırlar. Veri toplama işleminde ortaya çıkan bazı hatalar da, insan veya bilgisayar destekli görüntü analizinin doğruluğu üzerine etki yapmaktadırlar. Bu nedenle, söz konusu hataların bir kısmının analiz öncesi ortadan kaldırılabilmesi için, algılayıcı verilerinin bir "önilem" den geçirilmesi gerekmektedir. Radyometrik ve geometrik hatalar, algılayıcı görüntülerinde karşılaşılan en genel hata türleridir (Önder, 2001).

3.1.1 Radyometrik hatalar ve düzeltilmesi

Jensen'e (1986) göre, çok spektrumlu tarayıcı (Multispectral Scanner - MSS) sistemlerin 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 ışınması arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve her detektör için verilerin düzeltilmesidir (Önder, 2001).

Görüntüdeki piksellerin parlaklık değeri ölçümlerini etkileyen mekanizmalar başlıca iki çeşit radyometrik bozulmaya neden olmaktadır. Bunlardan birincisi; herhangi bir banddaki görüntü üzerinde parlaklığın yeryüzündeki karşılığından farklı olabilmesidir. İkincisi ise; tek bir pikselin göreceli parlaklığının banddan banda çarpıklık (distortion) gösterebilmesidir. Richards'a (1993) göre her iki çeşit bozulmaya da; aletsel etkiler ile kaynağından algılayıcıya kadar katedilen yolda ışınının geçtiği atmosferin varlığı neden olabilmektedir.

Radyometrik düzeltmeler tarayıcı veya görüntünün geometrisine bağımlı değildirler. Bu düzeltmeler, verilerdeki sabit karakterli ve modellenen türdeki sistematik hataları ortadan kaldırmak amacı ile yapılan dönüşüm işlemleridir.

♦ **Aletsel hatalar ve düzeltilmesi:** Radyometrik hatalar, algılayıcı sistemin tasarımı ve / veya çalışmasından kaynaklanmaktadır. Yine Richards'a (1993) göre bu hataların en önemlileri, algılayıcılarda yer alan ve dedektör adı verilen aletlerle ilişkilidir. Dedektörler, algılanan ışınımı voltaj / elektrik sinyali veya parlaklık değerine dönüştüren sistem elemanlarıdır (Önder, 2001). Aletsel hatalardan bazıları aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır.

Jensen (1986), tarama işlemi sırasında dedektörlerden birisinin işlevini yitirmesi halinde, i satırındaki her j pikseli için sıfır parlaklık değeri ile sonuçlanan periyodik bir durumun ortaya çıktığını belirtmiştir. Bu duruma "*Satır Boşluğu veya Satır Kaybolması Hatası*" adı verilir. Shrestha (1991) ise, böyle bir sorun ortaya çıktığında kaybedilen bu verilerin; önceki veya sonraki tarama satırının piksel değerleri ile yer değiştirilerek, kaybolan satırın üstündeki ve altındaki tarama satırlarının komşu piksel değer ortalamaları ile yer değiştirilerek veya band korelasyon yöntemi kullanılarak düzeltilebileceğini ifade etmiştir (Önder, 2001).

Yine Jensen (1986), çok detektörlü tarayıcı sistemlerde, detektörlerden hiç birinin devre dışı kalmamakla birlikte kalibrasyon ayarı dışına çıkabileceğini ve bu duruma "*Dedektörler Arası Algılama Farklılığı Hatası*" adı verildiğini belirtmiştir. İlgili detektör aynı spektral band için diğer detektörlerin algıladığı parlaklık değerlerinin iki misline kadar farklı okumalar yapabilir. Ancak bu hata sonucu elde edilen veriler geçerli kabul edilmelerine karşın, diğer detektörlerle aynı genel kontrastlığa sahip olabilmeleri için her taramada düzeltilmeleri gerekir (Önder, 2001).

Bazen tarayıcı sistemler, tarama satırının başında veri toplama işlemine başlayamazlar. Jensen'e (1986) göre bu durum "*Satır Başlama Hatası*" dır. Öte yandan detektör, satır boyunca herhangi bir yerde veri toplama işlemini ansızın kesebilir ve satır boşluğu hatasına benzer sonuçlar ortaya çıkabilir. Landsat 2 ve 3' te yer alan MSS' in topladığı verilerin büyük çoğunluğu bu soruna sahiptir. Eğer bu hata, sadece bir satır için geçerliyse basit bir yatay düzenleme ile hata giderilebilir. Ancak hatanın rastgele bir yapıda olması durumunda, satır-satır operatör etkileşimli bir düzeltme çalışması gereklidir (Önder, 2001).

♦ **Atmosferik hatalar ve düzeltilmesi:** Güneşten yayılan radyasyon uzay boşluğunda ilerlerken, genellikle bir etkileşim söz konusu değildir. Ancak, elektromanyetik radyasyonun içinden geçmek zorunda olduğu atmosfer; gaz molekülleri, su buharı ve toz zerrecikleri gibi çok değişik parçacıklar içerdiğinden bir etkileşme yeteneğine sahiptir. Yeryüzünü kuşatan bu atmosfer ağının etkisi; algılanan enerji sinyalinin büyüklüğü, mevcut atmosferik koşullar ve dalga boyuna bağlı olarak değişir. Bu etki ile, enerjinin atmosferde bir doğrultu boyunca yayılımında kat ettiği yolun uzunluğu değişebilir (Önder, 1993).

Elektromanyetik enerjinin atmosferdeki etkileşimleri saçılma (scattering) ve soğurmadır (absorption). Atmosferik saçılma; atmosferdeki parçacıklar nedeni ile radyasyonun önceden bilinmeyen dağılması olup, etkileşime giren parça çapının dalga boyundan küçük, eşit veya büyük olmasına göre "Rayleigh saçılma" , "Mie saçılma" ve "Nonselective saçılma" adlarını alır. Saçılmanın tersine atmosferik soğurma, atmosfer içinde enerjinin etkili bir biçimde kaybolması ile sonuçlanır. Atmosferik saçılma görüntü üzerinde ilave bir parlaklık değeri yaratırken, atmosferik soğurma spektral ölçümlerden parlaklık değerini çıkartıcı etki yapar.

Atmosferik saçılmanın yarattığı olumsuz etkileri gidermede "Histogram dengelemesi" ve "Regresyon dengelemesi" adı verilen iki ayrı teknik uygulanmaktadır. Histogram dengelemesi, istenen görüntüye ait algılanmış verilerin çeşitleri bandlardaki histogramlarının değerlendirilmesinde, regresyon dengelemesi ise gölgeli ya da homojen derinlikteki berrak bir su kütesini içeren görüntülerde uygulanır (Önder, 2001).

◆ **Aydınlanma ve bakış açısı etkileri:** Uydudaki bir algılayıcının aldığı sinyal büyüklüğü çeşitli etmenlere bağlı olup bunlar; hedefin yansıtması, atmosferik etkileşimler, güneş azimutuna göre hedefin eğim ve yönü, algılayıcının bakış açısı ve güneşin yükseklik açısıdır.

Atmosferin ve karmaşık faktörlerin bulunmadığı varsayıldığında algılayıcı tarafından kayıt edilen yayılım, aydınlanma açısı ve algılayıcının bakış açısına bağlıdır. Hedefin yansıtması, bu iki açıdaki farklılığa bağlı olarak değişecektir. Işın içine atmosfer girdiğinde, burada kat edilen yol uzayacağından hedefteki yansıma azalacaktır. Güneş yükseklik açısı azaldığında ise, atmosferde kat edilen yol uzayacak ve böylece atmosferik girişim derecesi artacaktır.

3.1.2 Geometrik hatalar ve düzeltilmesi

3.1.2.1 Geometrik hatalar

Jensen (1986) ve Shresta'ya (1991) göre geometrik hatalar; algılayıcının kendi iç geometrisinden kaynaklanan hata bilgileri ve platform efemeris verilerinin kullanılmasıyla düzeltilebilen hatalar ile, yeterli sayıda yer kontrol noktaları (YKN) olmaksızın kabul edilebilir doğrulukta düzeltilemeyen hatalar şeklinde ikiye ayrılabilir. Bu durumda; platform efemeris verilerine dayalı birinci tür hataların düzeltilmesinde uydu yörünge geometrisi esas alınırken, ikinci tür hataların düzeltilmesinde YKN kullanılır (Önder, 2001).

Diğer bir ifade ile de geometrik bozulmaların kaynağı, gözlemci veya alım sistemi (platform ve görüntüleme algılayıcısı) ile gözlemlenendir (atmosfer ve yeryüzü) (Toutin, 2004a; Toutin ve diğ., 2002).

Platform nedeniyle oluşan bozulmaların temelinde yeryüzü etrafındaki eliptik hareket değişimleri yer almaktadır. Görüntünün boyutuna ve alım zamanına bağlı olarak bu eliptik hareket değişimleri;

- odak uzaklığı ve yeryüzünün şekli ile bağlantılı olarak yükseklik değişimlerinin piksel boyutlarını değiştirmesi,

- x, y ve z yönündeki değişimlerin yüksek çözünürlüklü görüntülerin şeklini değiştirmesi,
- hız değişimlerinin kolon boşluklarını değiştirmesi veya
- görüntü üzerinde satır boşlukları / bindirmeleri oluşturması gibi bazı görüntü bozulmalarına neden olurlar (Toutin ve diğ., 2002).

Görüntüleme algılayıcısı nedeniyle ise; anlık görüntü alanı ve odak uzaklığı gibi kalibrasyon parametrelerinde değişiklikler görülür. Ayrıca, eğik görüntü alanı ve pikselin yeryüzü boyutunda meydana gelen yükseklik değişimleri sonucunda oluşan bozulmalar da mevcuttur.

Enleme bağlı olarak dönme hareketi; kolon yönünde ve görüntü kolonları arasında olacak şekilde yanal kayıklıklara, *yeryüzünün eğikliği* ise; görüntü pikseli boyutunda değişimlere ve azimut açısında bir paralaksın oluşmasına neden olmaktadır. Öte yandan *harita projeksiyonu* da, bir referans elipsoidi kullanılarak gerçekleştirilen jeoid tespitinde ve bir teğet yüzeyi üzerinde belirlenen referans elipsoidinin projeksiyonunda bozulmalara neden olabilmektedir.

Algılayıcı verilerinin genellikle sistematik ve sistematik olmayan geometrik hataların her ikisini de içerdği dikkate alındığında, bazı terimlerin açıklanmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Sistematik hatalara ilişkin tanımlar aşağıda sıralanmıştır:

◆ **Tarama eğikliği:** Çapraz tarama (across - track) tekniği ile algılama yapan sistemlerde salınım sırasındaki uydu ileri hareketinden kaynaklanan bir hata türüdür. Bu durumda, yeryüzünde taranan alan yörünge izine tam dik değil aksine bir miktar eğik olur ve sonuçta çapraz tarama geometrik bozulması baş gösterir.

◆ **Tarama hızındaki değişimler:** Landsat MSS 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.

◆ **Panoramik bozulma:** Uydu veya uçak platformlarında yer alan tarayıcıların açısız "Anlık Görüş Alanı" sabittir. Bu nedenle; yeryüzündeki etkili piksel alanı,

taramanın uç noktalarında nadir noktasına (taranan satırın merkez pikseli) kıyasla daha büyük olur.

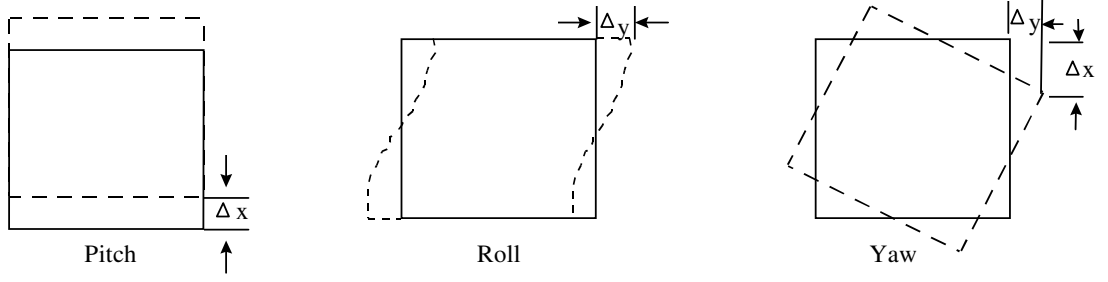
◆ **Platform hızı:** Uydu ya da uçağın yere göre hız değişikliği, sabit sayıdaki ardışık ayna salınımları ile gerçekleştirilen tarama satırlarının sıklığını değiştireceğinden, boyuna tarama yönünde ölçek bozulmasına neden olur. Ancak İnce (1986), bu bozulmanın merkezkaç kuvvetinden ve yerin tam küresel olmayan yapısından kaynaklandığını ve etkisinin göz ardı edilebileceğini belirtmiştir.

◆ **Yer dönmesi:** Gerek çapraz tarama tekniği ile çalışan, gerekse boyuna tarama (push broom) tekniğini kullanan satır tarayıcılarla bir tam görüntü elde etme işlemi sırasında, yeryüzünün de batıdan doğuya kendi eksenini etrafındaki dönüşüne devam etmesinin etkileri söz konusudur.

◆ **Yer küreselliği:** Alçak irtifada algılama yapan uçağa takılı tarayıcı sistemler, görüntüledikleri yeryüzü alanlarının küçük olmaları nedeniyle yer küreselliğinden etkilenmemektedir. Ancak Richards'a (1993) göre, 833 km yükseklikten 2700 km genişliğindeki bir alanı tarayan NOAA uydusu için bu etki, özellikle nadir dışı alanların gözlemlendiği durumlarda çok anlamlıdır.

Shresta (1991), yukarıda belirtilen sistematik hataların çoğunun uydu görüntü işleme merkezince giderildiğini ve kullanıcıya genelde sadece sistematik olmayan hataları içeren görüntüler iletilildiğini belirtmiştir. Söz konusu sistematik hataların giderilmesinde, her biri için ayrı ayrı düzeltme işlemi uygulanması yerine tümü için düzeltme matrislerinden oluşturulan tek bir sonuç dönüşüm matrisi kullanılmaktadır. Sistematik olmayan hatalar ise, uydu platformunun durum ve yükseklik değişimlerinden oluşan, sabit nitelik taşımayan ve önceden kestirilemeyen hatalardır.

Normal olarak, algılayıcının bakış eksenini yere, tarama eksenini ise gidiş yönüne diktir. Platformun hareketlerinden dolayı algılayıcının bakış ve hareket eksenleri bu nominal durumun dışına çıkınca “*durum değişimleri*” oluşur ve geometrik bozukluklar doğar. Uydu platformunun yörüngesi üzerinde ilerlerken üç eksen etrafında (roll, pitch, yaw) yaptığı küçük açısal hareketler nedeniyle oluşan bozulmalar, Şekil 3.1.'de de görüleceği üzere görüntü dönüklüğü ve boyuna / çapraz tarama ötelemeleri şeklinde ortaya çıkar. İnce'ye (1986) göre bu bozuklukların düzeltilmesi için platformun açısal durumunun sürekli olarak kaydedilmesi gerekir.



Şekil 3.1: Durum Değişimlerinin Görüntü Üzerine Etkisi

3.1.2.2 Geometrik hataların düzeltilmesi

Radwan'a (1984) göre geometrik düzeltme; girdi görüntüsünü, farklı geometri ve olabildiğince farklı ayırma gücüne sahip çıktı görüntüsü haline dönüştürme işlemidir. Bu dönüşüm; görüntüyü bir harita ile veya bir başka görüntü ile ilişkilendirmek ve yeryüzüne ait çok geniş alanları kapsayan birden fazla görüntüyü mozaikleme tekniği ile birleştirmek gibi durumlarda önem kazanır.

Jensen'e (1986) göre de, algılayıcı sistemin durum (pitch, roll ve yaw) ve / veya yükseklik değişimlerinden kaynaklanan rastgele karakterdeki geometrik hatalarının düzeltilmesi, ancak YKN'nın kullanılması ile sağlanabilmektedir. YKN, konumlarının hem görüntü (piksel değeri cinsinden) hem de harita koordinatları (derece, feet veya metre cinsinden) şeklinde belirlenebildiği yeryüzüne ait noktalardır. Radwan (1984), haritadaki noktaların yerleri ile görüntüde bunlara karşılık gelen piksellerin yerleri arasındaki ilişkinin fonksiyonlar şeklinde belirlenmesi sonucu yazılan dönüşüm eşitlikleri katsayılarının en küçük kareler yöntemi ile tespit edildiğini ifade etmektedir.

Söz konusu dönüşüm eşitliklerinin oluşturulmasında, seçilen YKN'nın sayısı kadar noktaların görüntünün bütününe dağılmış olması ve eşitlikte kullanılacak polinomların derecesi de önemlidir. Nitekim Shresta (1991), polinom derecesi yükseldikçe eğrilerin noktalara daha yakın geçtiğini belirtmiştir (Önder, 2001).

Uzaktan algılama ile elde edilen görüntüleri kullanabilmek için harita bilgilerini görüntü piksel değerleri ile coğrafi olarak ilişkilendirmek gerektiği yukarıda açıklanmıştır. Geometrik düzeltme adını verdiğimiz bu ilişkilendirmede üç farklı

yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; görüntü gridleme, görüntü düzenleme ve görüntü haritalamadır.

◆ **Görüntü gridleme:** En basit yöntemdir. Bu yöntemde; coğrafi veya kartografik izdüşüm sistemi bilinen bir çerçeve gridi, orijinal görüntü üzerine giydirilir. Böylece ilgili detayları içeren piksellerin coğrafi konumları, görüntü üzerine giydirilmiş grid değerleri esas alınarak enterpolasyon ve ekstrapolasyon ile belirlenir. Bu tekniğin en yaygın kullanıldığı yer, meteoroloji uydularından elde edilen görüntülerdir. Bu yöntemin başlıca sakıncası, doğruluk yönünden zayıf olması ve nitelikli bir analiz için görüntüler arasında kıyaslama yapılmasının zorluğudur.

◆ **Görüntü düzenleme:** Aynı algılayıcı tarafından, belirli bir bölgeye ait değişik zamanlarda alınmış görüntüleri ya da farklı algılayıcılar tarafından alınmış aynı bölgeye ait görüntüleri kıyaslayarak değişiklikleri saptama amacını taşır. Burada görüntülerden biri referans alınır ve diğer görüntü bununla karşılaştırılır.

Görüntü düzenlemenin karmaşıklığı iki görüntü arasındaki farka bağlıdır. Eğer iki görüntü aynı ölçek ve geometriye sahipse, görüntüler en iyi şekilde karşılaştırılana kadar döndürülür ve / veya ötelenir. Farklı ölçeklerde ve / veya farklı algılayıcılarla elde edilmiş görüntülerde ise karşılaştırma teknikleri oldukça karmaşık olup, görüntü yataylama (rectification) yöntemlerinin kullanılmasını zorunlu kılar.

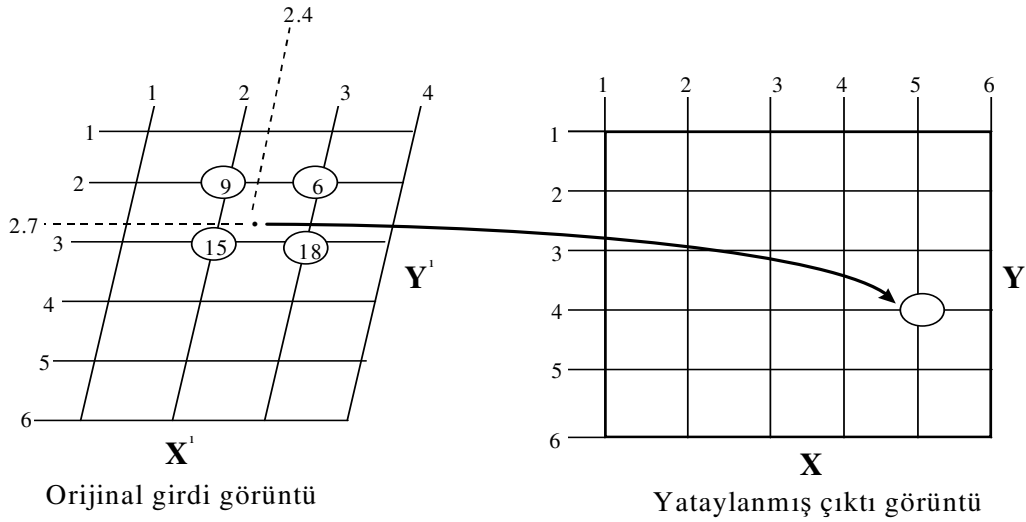
◆ **Görüntü haritalama:** Üçüncü ve en karmaşık olan bu yönteme "görüntü yataylama" adı da verilmektedir. Yataylanma sonrası, geometrik hatalardan arındırılmış yeni bir görüntü oluşturulur.

Dönüşümler iki ve üç boyutlu olmak üzere iki türdür. İki boyutlu dönüşümde, görüntüyü sadece bir düzlem üzerine izdüşürecek bilgi ilişkilendirmesi yapılır. Bu, topoğrafik yükselti verilerinin (dağ, tepe vb.) göz ardı edilmesi anlamına gelmektedir. Üç boyutlu dönüşümler ise, araziye ait yükseklik bilgilerinin kullanılması sonucunda elde edilen en hassas dönüşümler olarak değerlendirilir. Görüntü haritalama işlemi başlıca iki aşamada gerçekleştirilir.

Birinci aşamada, algılayıcı ve platforma ilişkin hatalar için bir matematik model oluşturulur. Bu aşama, girdi piksel konumu (satır ve sütun; x', y') ile aynı noktanın harita koordinatı (x, y) arasındaki geometrik ilişkinin tanımlanmasıdır. Geometrik

koordinat dönüşümünün esasını oluşturan bu işleme "konumsal enterpolasyon" adı verilir.

İkinci aşama olan geometrik hatadan arındırma işlemi ise yeterli sayıda YKN kullanılarak gerçekleştirilir. Bu aşamada hedef, yeni piksel parlaklık değerlerinin belirlenmesidir. Ancak; yataylanmış çıktı görüntüsündeki pikselin, genellikle girdi pikselinin satır ve sütun koordinatı üzerine tam olarak oturmaması nedeniyle, yataylanmış yeni piksele ait parlaklık değerinin (BV=Brightness Value) belirlenmesi gerekir. Bu işleme "yoğunluk enterpolasyonu" ya da "yeniden örnekleme (resampling)" adı verilmektedir (Şekil 3.2).

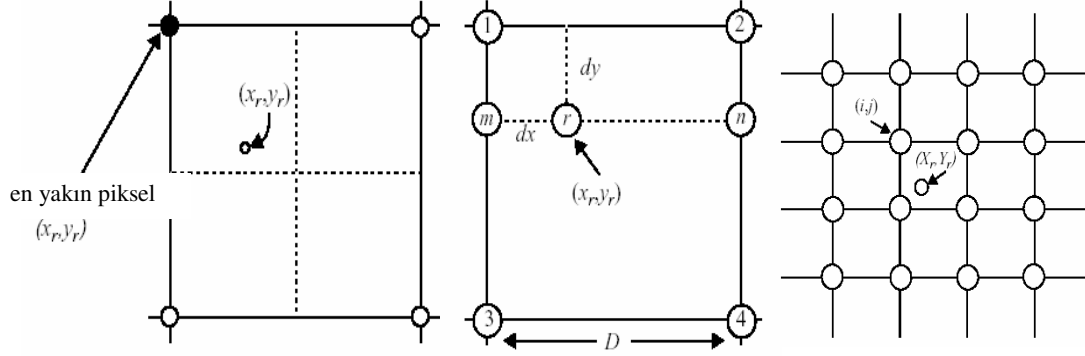


Şekil 3.2: Yataylanmış Çıktı Gridi ($x=5, y=4$) Parlaklık Değerinin, Girdi Gridi ($x^1 = 2.4, y^1 = 2.7$) Parlaklık Değeri ile Doldurulması

Yeniden örnekleme adı verilen bu parlaklık değeri enterpolasyonunda; "en yakın komşuluk (nearest neighbour)", "çift yönlü doğrusal enterpolasyon (bilinear interpolation)" ve "üçlü katlama (cubic convolution)" metotlarından biri kullanılabilir.

En yakın komşuluk metodu; sonuç değeri olarak en yakın pikselin değerini, çift yönlü doğrusal enterpolasyon metodu; 2×2 'lik bir pencerede yer alan 4 pikselin değerlerinden çift yönlü doğrusal enterpolasyon ile elde edilen sonuç değerini, üçe katlama metodu ise; 4×4 'lük bir pencerede yer alan 16 pikselin değerlerinden kübik fonksiyon ile elde edilen sonuç değerini yeni değer olarak kabul eder. Genellikle tematik verilerde kullanılan en yakın komşuluk metodunda orijinal piksel değerleri

değişmezken, çift yönlü doğrusal enterpolasyon ve üçe katlama metotlarında ise hem tamamen yeni piksel değerleri üretilmekte hem de daha keskin görüntüler elde edilebilmektedir (Şekil 3.3) (İşlem Şirketler Grubu, 2002a).



Şekil 3.3: Sırası İle; En Yakın Komşuluk, Bilineer Enterpolasyon ve Kübik Dönüşüm Metotları

3.1.2.3 Kullanılan modeller ve matematiksel fonksiyonlar

Tüm bu geometrik bozulmalar sonrasında görüntünün geometrik düzeltmelerini yapabilmek için, 2 ve 3 boyutlu (2B / 3B) parametrik olmayan (2D / 3D non-parametric) veya 3 boyutlu (3B) parametrik (3D parametric) modellere ve matematiksel fonksiyonlara ihtiyaç duyulur.

♦ **2B / 3B Parametrik Olmayan (Ampirik) Modeller:** 2B / 3B parametrik olmayan modeller, algılama sisteminin parametreleri veya zengin bir fiziksel kamera modeli mevcut olmadığı zaman kullanılırlar. Bu modeller tüm sistemin parçaları hakkında bir ön bilgiye gereksinim duymadıkları için, bozulmaların kaynağını göstermezler ve 2B / 3B polinom ve 3B rasyonel fonksiyonlar şeklinde farklı matematiksel fonksiyonlara dayanırlar (Toutin, 2003a).

2B polinom fonksiyonlar, görüntüde meydana gelen bozulmaların kaynaklarına etki edemedikleri için; sadece çok küçük bozulmalara sahip olan yani dik olarak alınmış, küçük boyutlu ve sistematik olarak düzeltilmiş görüntülerde kullanılabilirler. Ancak bu polinomlar, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinde uygun çözümleri sağlayamamaktadırlar (Toutin, 2004a; Toutin ve diğ., 2002). Bu polinom fonksiyonlar her iki ekseninde de geometriyi daha iyi yansıtır ve katsayılar arasındaki korelasyonu azaltırlar. Bu fonksiyonlar YKN'ndaki yerel bozulmaları

düzeltiltiklerinden, girdi hatalarına çok açıktırlar. Bundan dolayı YKN'nın çok sayıda ve düzgün dağılımda olmaları önemlidir. Sonuç olarak, bu fonksiyonlar çok kaynaklı ve çok formatlı veri birleşimi için hassas konumlandırma gereken yerlerde kullanılmamalıdır (Yılmaz, 2005).

2 boyutlu (2B) polinom fonksiyonlar aşağıdaki eşitlik şeklinde ifade edilebilirler:

$$P_{2D}(XY) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij} X^i Y^j \quad (3.1)$$

Eşitlikte yer alan X, Y, Z ifadeleri kartoğrafik (arazi) koordinatlarını; i, j, k ifadeleri tamsayı artış değerlerini, m, n, p ifadeleri tamsayı değerlerini ve m+n+p ifadesi ise polinom fonksiyonunun derecesini temsil etmektedir.

3 boyutlu (3B) polinom fonksiyonlar, 2B polinom fonksiyonlara arazinin üçüncü boyutuna ilişkin Z teriminin eklenmesiyle oluşan fonksiyonlardır. Ancak bu modeller, 2B parametrik olmayan fonksiyonlarda da karşılaşılan; küçük resimlere uygulanabilme, düzgün geometrik dağılıma sahip çok sayıda YKN'na ihtiyaç duyma, girdi hatalarına karşı aşırı hassasiyet ve görüntülere sistematik olarak düzeltme getirilmesi gibi bazı problemlere sahiptirler. Bu modeller Spot-HRV ve Ikonos görüntüleri gibi verilere uygulanabilirler (Toutin, 2004a; Toutin ve diğ., 2002).

3B polinom fonksiyonlar aşağıdaki eşitlik şeklinde ifade edilebilirler:

$$P_{3D}(XYZ) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^p a_{ijk} X^i Y^j Z^k \quad (3.2)$$

3 boyutlu (3B) rasyonel fonksiyonlar (RF), yüksek çözünürlüklü uyduların sahibi olan firmaların uydu ve algılayıcı hakkında bilgi vermemesi nedeniyle büyük önem kazanmış ve ilgi odağı haline gelmişlerdir. 3B rasyonel modellerin kullanımı iki farklı yaklaşımla mümkündür; halihazırda çözülmüş olan 3B parametrik modeli kullanmak veya YKN kullanarak en küçük kareler yöntemi ile dengeleme yaparak polinom fonksiyonların katsayılarını belirlemektir (Toutin ve diğ., 2002).

Araziden bağımsız olarak adlandırılan ilk yaklaşım, sayısal arazi modeline ve rasyonel fonksiyonun sistematik hatalarını kaldırmak için YKN'na ihtiyaç duyar. Bu yaklaşım iki adımda gerçekleştirilir. Öncelikle görüntülenen arazinin 3B düzenli gridi tanımlanır ve önceden çözülmüş mevcut 3B fiziksel model kullanılarak grid yer noktalarının görüntü koordinatları hesaplanır.

RF; yerel bozulmaları modellemede yetersizlik, görüntü boyutunda kısıtlama, parametrelerin tahminindeki zorluk, sıfır payda durumunda potansiyel başarısızlık ve polinom fonksiyonunun terimleri arasında potansiyel bir korelasyon gibi bazı dezavantajlara sahiptirler. Bu sınırlamaları gidermek için RF, geometrik bozulma düzeltmesi olmayan ham verilerden (örneğin Quickbird-2 veya EROS-A1) çok sistematik bozulmaları düzeltilmiş ve koordinatlandırılmış verilere (örneğin IKONOS Geo görüntüler) uygulanmalıdır.

Araziye bağımlı olarak adlandırılan ikinci yaklaşım ise, polinom fonksiyonlarında olduğu gibi aynı işlem yöntemi ile son kullanıcılar tarafından uygulanabilir. Yine de, RF görüntü algılama geometrisinin fiziksel gerçekliğini modellemezler ve 2B / 3B polinom fonksiyonlar gibi girdi hatalarına karşı duyarlıdırlar. 2B / 3B polinom fonksiyonlar gibi RF da, temel olarak YKN'nın konumlarındaki bozulmaları yerel olarak düzelttikleri ve YKN'ları arasındaki bozulmaları tamamen gideremedikleri için çok sayıda YKN'na ihtiyaç duyarlar (Petrie, 2002).

Rasyonel fonksiyon modellerinin (RFM) yüksek seviyedeki geometrik enterpolasyon yeteneği kanıtlanmış olmasına rağmen, görüntü satıcıları tarafından sağlanan Rasyonel Polinom Katsayıları (Rational Polynomial Coefficients-RPC) her zaman gerçek görüntüleme işlemini temsil etmezler. Kontrol bilgisi için gereksinimler bazen tam olarak karşılanamaz veya görüntü satıcılarının ticari stratejilerinden dolayı fiziksel algılayıcı modelini belirlemek için hiçbir yer kontrol bilgisi kullanılamaz. Bu nedenle yüksek doğruluklu ürünleri oldukça yüksek fiyatlara satın alan kullanıcılar, çalışmalarını gerçekleştirebilmek için YKN ile sayısal yükseklik modellerine (SYM) ihtiyaç duyarlar. Bu durum, topografik veriyi bu yöntemle üretenler için önemli bir problemdir.

Son zamanlardaki çalışmalar, ilave kontrol bilgisi mevcut olduğunda görüntü veya yer uzayı bazında RPC'lerin iyileştirilebileceğini ortaya koymuşlardır. Örneğin Ikonos Geo ve Standart stereo ürünleri; bir veya daha fazla yüksek kaliteli YKN ile birlikte kullanıldıklarında alt metre mutlak konum doğruluğuna ulaşabilmekte veya düşük kalitede olan YKN'nın doğruluğuna yaklaşabilmektedirler (Grodecki ve Dial, 2003; Fraser ve Hanley, 2003). Böylelikle RFM iyileştirme yöntemleri ile, düşük fiyatlı ürünleri bir çok uygulama için kullanma olanağı doğmaktadır.

RFM doğrudan veya dolaylı olarak iyileştirilebilmektedir. *Doğrudan iyileştirme yöntemleri* ile orijinal RPC'lerin kendileri güncellenmektedir. Böylelikle güncellenen RPC'ler mevcut görüntü transfer formatını değiştirmeye ihtiyaç duymaksızın transfer edilebilmektedirler. *Dolaylı iyileştirme yöntemleri* ise, obje uzayında tamamlayıcı transformasyonlar getirmektedir ve orijinal RPC'leri doğrudan değiştirmemektedir. Esas olarak dolaylı iyileştirmenin iki adımlı işlemi, her bir görüntü için bir çift 3B obje gridi ve 2B görüntü gridi ile birlikte RPC'lerin tekrar hesaplanması sonucunda tek basamaklı bir işlem adımına dönüştürülebilir (Yılmaz, 2005).

3B rasyonel fonksiyonlar ise aşağıdaki eşitlik ile ifade edilebilirler:

$$R_{3D}(XYZ) = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^p a_{ijk} X^i Y^j Z^k}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^p b_{ijk} X^i Y^j Z^k} \quad (3.3)$$

◆ **3 Boyutlu (3B) Parametrik Modeller:** 3B parametrik fonksiyonlar platforma ait bozulmaları (pozisyon, hız ve konum), algılayıcıya ait bozulmaları (görüş açısı ve panoramik etki), yeryüzüne ait bozulmaları (elipsoid ve kabartma) ve kartografik projeksiyona ait bozulmaları modelleyebilirler (Toutin, 2004a; Toutin ve diğ., 2002). Algılama geometrisini yansıtan 3B parametrik modeller ile geometrik düzeltme, her bir bozulma için bir matematiksel fonksiyonla adım adım yapılabileceği gibi, birleştirilmiş bir matematiksel fonksiyonla da aynı anda yapılabilir. Adım adım çözüm genellikle görüntü dağıtımını yapan firmalar tarafından koordinatlandırılmış ürünlerde uygulanırken, son kullanıcılar genellikle daha hassas sonuçlar veren birleştirilmiş çözümü tercih etmektedir (Yılmaz, 2005).

Nitekim 3B fiziksel geometrik modele ulaşamayan veya böyle bir model geliştiremeyen kullanıcılar için, DigitalGlobe firması her bir temel Quickbird görüntü verisi ile birlikte Quickbird kamera modelini sunmaktadır. Bu sayede, SYM kullanılarak hassas ortorektifikasyon ve 3B detay tespiti gibi fotogrametrik işlemler gerçekleştirilebilmektedir (Toutin, 2004b).

Aynı şekilde Ikonos görüntüsünün geometrik gelişimi de; Space Imaging firması tarafından sağlanan rasyonel fonksiyonlara, görüntü geometrisinin yeniden yapılandırılmasına, kontrol noktalarına dayanan rasyonel polinomal fonksiyonlara ve 3B Affin dönüşümüne bağlıdır. Ancak 3B Affin dönüşümü görüntü geometrisine çok

uygun değildir çünkü çok fazla YKN'na ihtiyaç duyar ve dağlık alanlarda problemler çıkarır (Passini ve Jacobsen, 2004).

Netice itibarı ile genel olarak kamera modeli, nesne koordinatları ile görüntü koordinatları arasındaki ilişkiyi tanımlar. Fiziksel kamera modelleri, algılayıcının iç ve dış yöneltme geometrisi ile diğer fiziksel özelliklerini temel almaktadırlar. Dış yöneltme parametreleri her bir tarama kolonu için farklı değerler alırken, iç yöneltme parametreleri görüntünün içinde genel olarak sabit kalırlar. İç ve dış yöneltme parametreleri önceden yerleştirilmiş algılayıcılar sayesinde ve yörünge kalibrasyonu esnasında belirlenir.

Uydu görüntülerinin alımında kullanılan kamera modeli, dış yöneltme parametrelerinin zamanın fonksiyonu olarak tanımlandığı doğrusallık (collinearity) eşitlikleri düzenlenerek elde edilebilir. Bu amaçla, Ikonos uydu görüntülerinde fiziksel algılayıcı model ile görüntüleme geometrisi arasındaki bağlantıyı kurmak için kullanılan RPC modeli, fiziksel Ikonos kamera modeline ilişkin tam uyumu sağlar (Grodecki ve Dial, 2001).

◆ **Parametrik ve Parametrik Olmayan Modellerin Karşılaştırılması:** 2B / 3B parametrik olmayan ve 3B parametrik yöntemlerin temel özellikleri ile farklılıkları Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Tablo 3.1: Parametrik ve Parametrik Olmayan Modellerin Karşılaştırılması

2B / 3B Parametrik Olmayan Modeller	3B Parametrik Modeller
Görüntüleme geometrisini dikkate almaz.	Görüntüleme geometrisini dikkate alır.
Geometrik bozulmaları dikkate almaz.	Geometrik bozulmaları dikkate alır.
Meta veri (efemeris ve konum) kullanmaz.	Meta veri (efemeris ve konum) kullanır.
2B modeller arazi yüksekliğini kullanmaz.	Arazi yükseklik bilgisini kullanır.
Görüntüyü YKN'nda düzeltir.	Görüntüyü genel olarak düzeltir.
Kaba hataları filtrelemez.	Geometri bilgisi ile kaba hataları filtreler.
Bir görüntüyü kendi başına dengeler.	Birden çok görüntüyü aynı anda dengeler.
Görüntüden görüntüye düzeltme yapar.	Görüntüden yeryüzüne düzeltme yapar.
Çok sayıda (20-60) YKN'na ihtiyaç duyar.	Az sayıda (3-8) YKN'na ihtiyaç duyar.
YKN'nın dağılımına karşı duyarlıdır.	YKN'nın dağılımına duyarlı değildir.
Bağlama noktası seçimi problemlidir.	Görüntü fonksiyonu olarak YKN seçeneği.

2B / 3B farkları temelde, 3B modellerin arazi yükseklik bilgisini farklı işlem adımlarına katma yeteneğiyle ilgilidir. Arazi yükseklik bilgisi, ya YKN'na Z-yükseklik değerinin, ya da yataylama işlemine SYM veya ortalama yükseklik değerinin eklenmesi ile işleme dahil edilebilir.

YKN dağılımı ve hatalarına karşı çok hassas olan ve görüntü geometrisini yansıtmayan 3 boyutlu parametrik olmayan modellerin yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinde kullanılması tavsiye edilmemektedir. Bununla birlikte, 1995 yılında Toutin (2004b) tarafından geliştirilen 3 boyutlu parametrik model (3D CCRS Multisensor Physical Model), çok iyi bilinen doğrusallık ve düzlemsellik koşullarını temsil etmekte ve global geometriye bağlı olan farklı bozulmaları dikkate almaktadır. Söz konusu model; görülebilir ve infrared veriler ile yüksek çözünürlüklü uydu ve radar verilerine 3-6 adet YKN kullanılarak uygulanmıştır. Uygulamalar sonucunda; modelin YKN dağılımına karşı hassas olmadığı ve kaliteli YKN olması durumunda orta çözünürlüklü uydu görüntüleri için $1/3$ piksel, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri için de 1 pikselden daha iyi doğruluk sağladığı belirlenmiştir.

Yine aynı model kullanılarak gerçekleştirilen uygulamalarda, parametrik modelde elde edilen hataların parametrik olmayan polinom veya rasyonel modelde elde edilen hatalara oranla daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar bize parametrik modelin daha kararlı ve sağlıklı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir (Toutin ve diğ., 2002). Ayrıca minimum 7-10 adet YKN kullanılması durumunda parametrik modellerin doğruluk konusunda çok duyarlı olduğu, Ikonos uydu görüntüleri için RPC (parametrik olmayan) verilerinin kullanımının Quickbird uydu görüntülerinden daha da iyi bir durağanlık sağladığı ve ortorektifikasyon için daha az YKN'na ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir (Wolniewicz, 2004).

Sonuç itibarı ile; parametrik ve parametrik olmayan 3B modeller, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerindeki geometrik bozulmaları düzeltmek için kullanılırlar. Parametrik olmayan polinom ve rasyonel modeller Ikonos gibi sistematik bozulmaları düzeltilmiş olan küçük boyutlu görüntülere, rasyonel modeller ise Quickbird ve Eros gibi ham formattaki görüntülere uygulanabilirler. Parametrik modeller ise her formatta ve her boyutta olan görüntülere uygulanabilirler (Toutin ve diğ., 2002).

3.2 Görüntü Zenginleştirme (Image Enhancement)

Görüntü zenginleştirme, görüntüyü gözle yorumlamaya daha uygun bir duruma getirmektir. Amaç bozulmaları düzeltmek değildir, ama çoğu kez bozulma etkileri kendiliğinden giderilir. Zenginleştirme ile görüntüde aranan bazı özellikler daha belirgin duruma gelirken diğer bazı özellikler bastırılıyor olabilir.

Sayısal görüntülerin avantajı, görüntüdeki sayısal piksel değerlerinin ustalıkla yöneltmesine olanak sağlamasıdır. Ham görüntülerde, sayısal değerlere ilişkin uygun aralıkların küçük bir kısmını içeren faydalı bilgiler bulunmaktadır. Görüntü zenginleştirme teknikleri ile nesneler arasındaki kontrastlığı geliştirmek orijinal değerleri değiştirir ve görüntünün yorumlanabilmesini sağlar. Sayısal olarak zenginleştirilmiş görüntülerin görsel olarak yorumlanmasında insan beyni ile bilgisayar yeteneklerinden birlikte yararlanılır. İnsan beyni, görüntü üzerindeki konumsal özellikleri yorumlamada oldukça yeteneklidir. Ancak göz, küçük radyometrik ve spektral farklılıkları ayırt etmede zayıf kalmaktadır. Bu nedenle bilgisayar teknikleri, görsel yorumlama işleminden önce radyometrik ve spektral ayrıntıların tespit edilmesinde çok yararlı olmaktadır (Önder, 2001).

Burada zenginleştirme ve sınıflandırma arasındaki farka da dikkat etmek gerekir. Sınıflandırma işlemi, bir dizi karardan oluşur. Bu kararlar dizisi ile görüntü, her biri belirli bir bilgiyi taşıyan özel ve birbirinden farklı sınıflara ayrılır. Bu çaba, verinin yorumlanma aşamalarından birisini oluşturur. Öte yandan, zenginleştirme işlemi veriyi daha iyi yorumlanır ve ifade edebilir hale getirir ancak verinin yorumlanması bu aşamada gerçekleştirilmez. Zenginleştirilmiş veri, analiz amacı ile yorumlayıcıya sunulur. Ancak bu aşamadan sonra görüntüden bilgi elde edilmeye geçilir.

Jensen'e (1986) göre zenginleştirme teknikleri "noktasal" ya da "lokal" işlemler biçimindedir. Noktasal işlemler her bir pikselin parlaklık değerini bağımsız olarak, lokal işlemler ise çevredeki piksellerin parlaklık değerine göre göreceli olarak değiştirir (Önder, 2001). Diğer taraftan Schenk (1999) bu tekniklere global ve geometrik (ölçeklendirme, döndürme ve yataylama gibi) işlemleri de dahil etmiştir.

Görüntü üzerine yer alan detayları daha iyi tespit edebilmek için kullanılan en yaygın ve basit görüntü zenginleştirme yöntemleri büyütme ve küçültme işlemleridir.

Orijinal görüntünün büyütülmesi, göreceli olarak küçük bir coğrafi alanın özellikleri hakkında ayrıntılı bilgi edinmek istendiğinde oldukça yararlı sonuçlar verir. Çalışma alanının tamamı görülmek istendiğinde ise, orijinal görüntü veri setini bir veya bir kaç kez küçültmek gerekir. Ancak küçültülmüş verilerde piksellerin bir çoğunun mevcut olmaması nedeniyle detay kaybının yaşanacağı ve küçültülmüş görüntüler üzerinde yorumlama işleminin yapılamayacağı açıktır.

Bu işlemlere ek olarak bir çok sayısal görüntü işleme sistemi, görüntüler üzerinde gezinme (pan) ya da dolaşma (roam) olanağı da sağlayabilmektedir. Bu durum analizciye, görüntünün daha hızlı bir biçimde gözlenmesi olanağını yaratmaktadır. Bu işlemlerden başka, görüntüyü zenginleştirmek ve kontrastlığını geliştirmek için de bir çok farklı teknik ve metot mevcuttur (İşlem Şirketler Grubu, 2002a).

3.2.1 Kontrast zenginleştirme (Contrast enhancement)

Bilindiği gibi algılayıcı sistemler, yeryüzü nesnelerinden yansıyan ve yayılan enerjiyi kayıt ederler. Bir nesne, belli dalga boylarında büyük oranda enerji yansıtırken, aynı dalga boyunda başka bir nesne daha az enerji yansıtabilmektedir. Algılayıcı sistem tarafından bu nesneler kayıt edildiğinde, ikisi arasındaki "kontrast" farklılığından yola çıkılarak tür belirlenmesi yapılabilir. Ancak bazen farklı nesneler, elektromanyetik spektrumun görünen ve yakın kızılötesi kısmında benzer yansımalar verebilmekte, bu da Jensen'e (1986) göre "düşük kontrastlı" görüntü ile sonuçlanmaktadır.

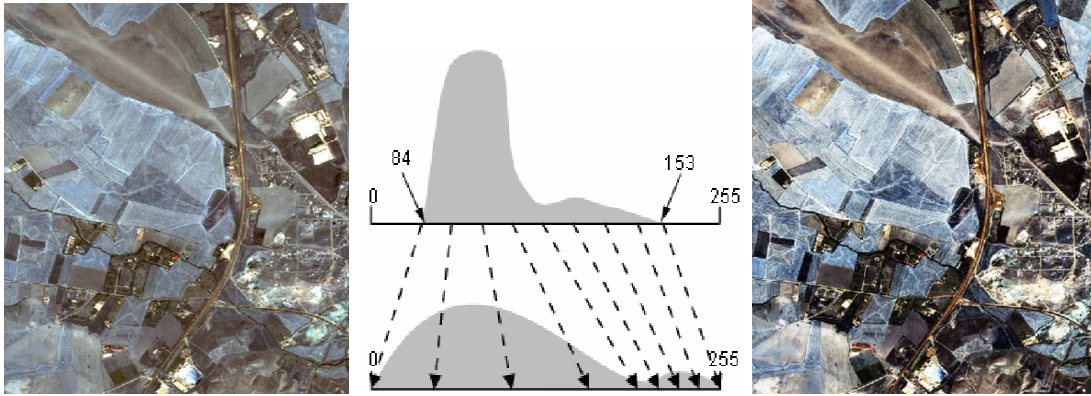
Algılayıcı sistemler, kutup bölgelerinden çöl alanlarına dek farklı aydınlanma koşullarına sahip bölgelerde görevlendirilmektedirler. Bu nedenle, uydu görüntülerinin çoğundaki piksel değerleri, olası görüntü sayısal değerlerinin oransal olarak sadece küçük bir bölümünü işgal ederler. Evsahibioğlu (1994), bu piksel değerlerinin oldukları gibi görüntülenmesi durumunda sadece çok dar bir gri ton aralığı kullanılmış olacağını ve bu durumda da düşük kontrastlığa sahip bir görüntünün ortaya çıkacağını belirtmiştir. Bu tür görüntüler üzerinde nesnelerin birbirlerinden ayırt edilmesi de oldukça zor olabilir (Önder, 2001).

Kontrast zenginleştirmede sayısal yöntemler, görüntüye uygulanabilen işlemlerin hassasiyeti ve çeşitliliği nedeni ile fotoğrafik tekniklerden çok daha elverişli

olabilmektedir. Doğrusal ve doğrusal olmayan şekilde iki tür sayısal kontrast zenginleştirme tekniği bulunmaktadır.

Doğrusal kontrast zenginleştirme, orijinal girdi parlaklık değerlerini, çıktı aletinin (Katod Işınlı Tüp - CRT ekran veya fotoğrafik film) toplam alanına veya doğruluğuna erişirmek için yapılan genişletme ya da yayma işlemidir. Gerçekte düşük kontrastlığa sahip bir görüntüyü görsel olarak yorumlamak zordur. Doğrusal kontrast zenginleştirme ile, görüntüdeki açık sahalar açık tonda, koyu sahalar ise daha koyu tonda görünecek duruma gelir. Böylece meydana çıkan detayların değerlendirme işlemleri de kolaylaşır (İşlem Şirketler Grubu, 2002a).

Şayet girdi aralıkları muntazam biçimde dağılmamış ise, düşük kontrastlı görüntülere *doğrusal olmayan kontrast zenginleştirme* uygulanabilir. En çok kullanılanı "histogram eşitleme (histogram equalization)" yöntemidir (Şekil 3.4).



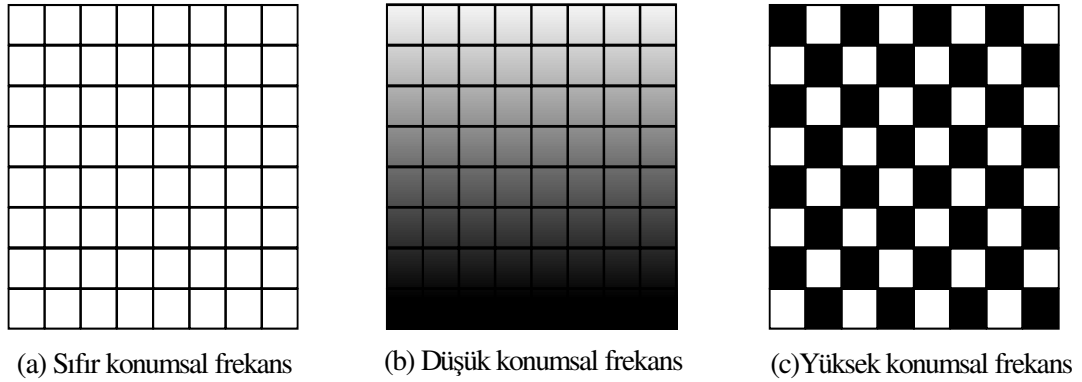
Şekil 3.4: İkonos Uydu Görüntüsünde Histogram Eşitleme İşlemi (Soldan Sağa)

Bu yöntemde önce orijinal görüntü histogramı çıkartılır. Yöntemin algoritması, çıktı gri ölçek sınıflarının her birine yaklaşık eşit sayıda piksel düşmesi esasına dayanmaktadır. Ancak pratikte, sayısal görüntülerden genellikle çok düzgün dağılımlı bir histogram elde etmek mümkün olmaz (Richards ve Jia, 1998). Histogram eşitlemesi ile parlaklık değerlerinin en çok toplandığı alana en büyük kontrast zenginleştirme uygulanır ve normal dağılmış histogram ile birleştirilen görüntünün çok parlak veya karanlık kısımlarındaki kontrastlık azaltılmış olur. Bu uygulama ile hem detaylar hem de histogramın sadece özel bir kısmındaki sahanın kontrastlığı geliştirilebilir ancak kontrast zenginleştirmelerinin pek çoğu, bazı yararlı bilgilerin kaybolmasına neden olmaktadır (Önder, 2001).

3.2.2 Konumsal zenginleştirme (Spatial enhancement)

Radyometrik zenginleştirme adı da verilen kontrast zenginleştirmede her bir piksel tek tek işlenir. Öte yandan bölgesel işlem kapsamında yer alan konumsal zenginleştirmede ise piksel değerleri, onu saran piksel değerleri esas alınarak değiştirilir. Konumsal zenginleştirme, birbirine bitişik bir piksel setinin en yüksek ve en düşük parlaklık değerleri arasındaki farkı simgeleyen "konumsal frekans" ile ilgilidir (Önder, 2001).

Şekil 3.5’de; her pikselin aynı parlaklık değerine sahip olduğu tekdüze bir görüntü ile sıfır konumsal frekans, düzgün bir biçimde gri ölçek değiştiren görüntü ile düşük konumsal frekans ve satranç ya da dama tahtası gibi siyah-beyaz pikseller içeren görüntü ile de yüksek konumsal frekans gösterilmiştir.



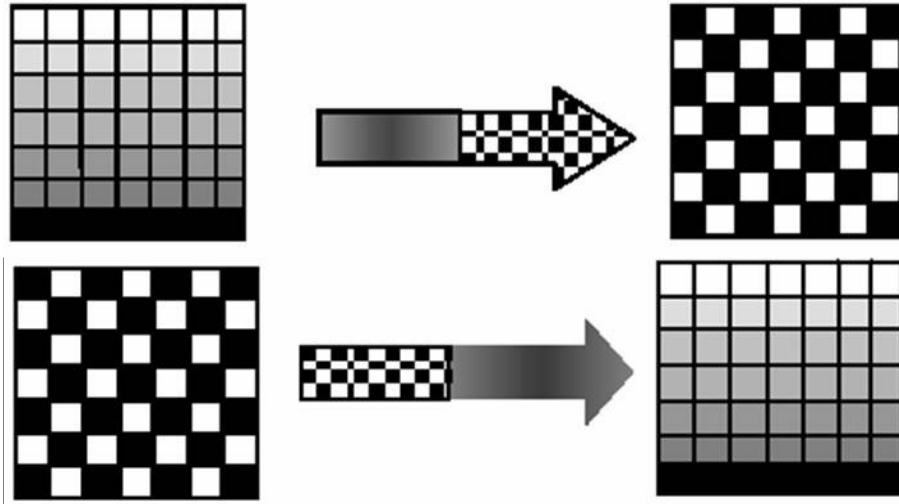
Şekil 3.5: Konumsal frekanslar

Bölgesel işlemler, piksel parlaklık değerindeki ani değişimleri vurgulamak ya da bastırmak amacı ile uygulanır ve bu yolla görüntünün dokusal görünüşü değiştirilir. Özellikle görüntüdeki karlı görünüş, verilerde önemli düzeydeki gürültüden kaynaklanır.

Gürültü değerleri, görüntü parlaklık değerlerine göre çok daha ani değişim gösterdikleri için bu tür görüntüler "yüksek konumsal frekansa" sahiptir. İşte bu yüksek konumsal frekans değerlerini bastırma ya da önleme işlemi, "düşük geçişli filtre (low pass filtering)" olarak adlandırılır. Düşük geçişli filtre işlemi, "görüntü düzgünleştirme (image smoothing)" olarak da anılır (Schenk, 1999). Bu işlem konumsal ayırma gücünü azaltmakla birlikte yorumlama için son derece yararlıdır (İşlem Şirketler Grubu, 2002a).

Düzgünleştirme işlemi görüntüdeki radyometrik bozuklukları azalttığı için bir zenginleştirme tekniği olmaktan çok bir görüntü yenileme tekniğidir. Bu teknik görsel analiz öncesinde olduğu gibi sayısal analiz öncesinde de uygulanabilir. Diğer taraftan Jensen (1986) görüntü düzgünleştirmenin, elektronik aletler ile elde edilen algılayıcı verilerinde sık sık karşılaşılan periyodik gürültüyü ortadan kaldırmada da oldukça yararlı olduğunu tespit etmiştir.

Uydu görüntülerinin yorumlanmasında "rastgele gürültü (random noise)" çok önemli bir sorun yaratmaz. Hatta; sık sık, kesik ve ani oluşan gürültü, görüntü parlaklık değerlerinin abartılması yönünden yararlıdır. Evsahibioğlu'na (1994) göre, bu tür özellikler üzerine daha fazla vurgulanarak konumsal ayırma gücü değerinde bir artış sağlanabilir (Önder, 2001). Bu işlem, "yüksek geçiş filtresi (high pass filtering)" olarak da adlandırılır. Yüksek geçiş filtresi, yavaş değişen bileşenleri ortadan kaldırmak ve sadece yüksek frekanslı lokal değişimleri korumak amacıyla uygulanır. Böylece, çevresinden parlak bir piksel daha parlak, göreceli olarak daha koyu bir piksel daha da koyu yapılarak görüntünün keskinleştirilmesi ve detayların daha iyi bir şekilde ortaya çıkması sağlanmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Yüksek (Üstte) ve Düşük (Altta) Geçişli Filtreleme İşlemi

3.2.3 Kenar zenginleştirme (Edge enhancement)

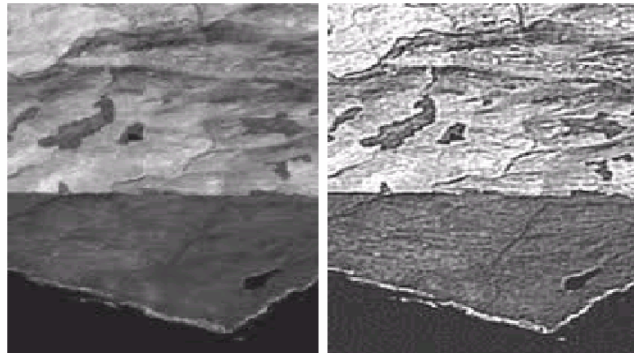
Uzaktan algılamanın çoğu uygulamalarında bir görüntüden çıkarılabilen en değerli bilgi, çeşitli nesne veya ilgili özelliği çevreleyen kenarlarla ilgilidir. Kenar zenginleştirme işlemi, bu kenarların şeklini belirginleştirmek ve bu suretle görüntüyü

daha açık ve daha kolay analiz edecek biçime dönüştürmek amacını taşır. Genelde gözün görebildiği kenarlar, iki bitişik piksel arasındaki parlaklık değerinde ortaya çıkan basit keskin değişikliklerdir. Söz konusu kenarlar doğrusal ya da doğrusal olmayan teknikler kullanılarak zenginleştirilebilir (Önder, 2001).

Görüntüdeki kenarı ortaya çıkarmada uygulanan en basit yöntemlerden olan *doğrusal tekniklerde*, orijinal görüntünün bir piksel elemanı ile değiştirilmesi ve daha sonra orijinal ile değiştirilen pikseller arasındaki farkın test edilmesi söz konusudur. Bu test işleminde; bir farka rastlanmazsa orta grilik parlaklık değeri, negatif fark çıkarsa daha koyu değer, pozitif fark çıkarsa daha açık değer orijinalin yerine konur (Richards ve Jia, 1998). Böylece açıktan koyuya geçişlerde beyaz çizgiler, koyudan açığa geçişlerde de siyah çizgiler ortaya çıkar. Sonuç, tüm nesnelerin kenarlarının siyah ve beyaz çizgilerle çevrelendiği gri zeminli bir görüntüdür.

Doğrusal olmayan kenar zenginleştirme ise, piksellerin doğrusal olmayan bileşimleri (kombinasyonları) kullanılarak gerçekleştirilir. Bunun içinde ya 2 x 2 lik ya da 3 x 3 lük piksel alanlarının kullanıldığı çeşitli algoritmalar uygulanır.

Sonuç itibarı ile yollar veya tarla sınırları gibi doğrusal özelliklerin daha belirgin olarak görülmesini sağlamak için kullanılan bu teknikler, doğrusal jeolojik yapıların tespitinde faydalı olmaktadır (Şekil 3.7) (İşlem Şirketler Grubu, 2002a).



Şekil 3.7: Kenar Zenginleştirme İşlemi Uygulanmış Görüntü

3.3 Görüntü Dönüştürme (Image Transformation)

Görüntü dönüştürme; çok bantlı bir görüntünün veya farklı zamanlarda aynı bölgeyi içerecek şekilde algılanan 2 veya daha fazla görüntü bantlarının yönetimini

kapsamaktadır. Her iki tarzda da, iki veya daha fazla kaynaktan alınan verilerden yeni bir görüntü üretilir. Böylece, muhtelif özellikleri veya ilgi alanlarını kapsayan yeni görüntünün orijinal görüntülerden daha iyi olarak görünmesi sağlanır.

Temelde görüntünün dönüştürülmesi, aritmetik işlemlere dayanmakta olup, "Image subtraction" olarak da adlandırılan bir teknikle yapılmaktadır. Bu teknik, farklı tarihlerde algılanan görüntüler arasındaki meydana gelmiş değişikliklerin ortaya çıkarılmasını sağlar. Geometrik olarak yataylanmış iki görüntüden birincisindeki pikselin parlaklık değeri, ikincisindeki aynı pikselin parlaklık değerinden çıkarılır. Bu tip görüntü dönüşümü yerleşim sahalarındaki değişikliklerin ve yok olan orman alanlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Görüntülere çok yaygın olarak uygulanan dönüştürme tekniklerinden birisi de görüntünün bölünmesi veya tayfsal oranlamadır. Bu uygulamayla, değişik satır örtülerinin tayfsal değerlerine dayanılarak, gizli kalmış özellikler ortaya çıkarılabilmektedir. Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı, "Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)" isimli yöntemdir. AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) görüntülerinin içerdiği bitkilerin durumu da NDVI yönteminin uygulanması ile tespit edilebilmektedir.

Sonuç olarak, çok bantlı veri setlerinin istatistiksel özelliklerine dayalı olarak gerçekleşen görüntü dönüşümü, veri bantlarını azaltan veya bantlar arasındaki ilişkiyi kullanan metotlarla sağlanır.

3.4 Görüntü Sınıflandırma ve Analiz (Image Classification)

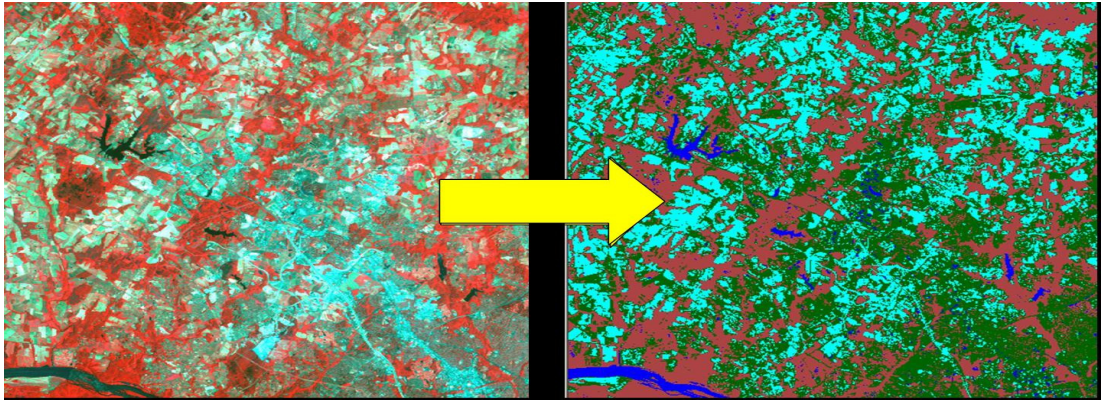
Görüntü işleme çalışmalarının son adımı olan görüntü sınıflandırma, bir görüntü veri setinden anlamlı sayısal konu haritalarını üretme işlemidir. Sayısal görüntünün sınıflandırılmasında, bir veya daha fazla tayf bandındaki sayısal numaralarla temsil edilen tayfsal bilgiler kullanılır. Sınıflandırma sonucunda elde edilen görüntü, piksellerin oluşturduğu bir mozaği içerir ve tematik harita olarak adlandırılır.

Sınıflandırma ve analiz için bilgi sınıfları ile tayfsal sınıflar arasındaki farkın bilinmesi gereklidir. Bilgi sınıfları; farklı ürün çeşitleri ile orman ve kaya tipleri gibi

jeolojik yapı bilgilerini kapsamaktadır. Tayfsal sınıflar ise; verinin farklı tayfsal bandlardaki parlaklık değerlerini temsil eden piksel gruplarını içermektedir.

Sınıflandırma, verideki tayfsal sınıflar ile ilgi duyulan özelliğe ait bilgi sınıfının karşılaştırılması ile yapılmaktadır. Sınıflandırma için yaygın olarak kullanılan iki yöntem vardır; kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma.

Kontrolsüz sınıflandırma, görüntüdeki veriye aşına olunmadığı zamanlarda kullanılan bir yöntemdir (Richards ve Jia, 1998). Başlangıçta arazi örtü tipi bilinmelidir. Yapılacak ilk iş, sınıf sayısının belirlenmesidir. Düşünüldenden daha fazla sayıda sınıf belirlenmesi uygun bir yöntemdir. Bu sınıflandırma, veri bandlarındaki yansıma değerlerine bağlı olarak ve benzer piksellerin otomatik olarak tespiti ile gerçekleştirilmektedir. Daha sonra bu pikseller sembollere, değerlere veya etiketlere atanır ve aynı tip sınıflar birleştirilerek işlem tamamlanır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: Kontrolsüz Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma ise, analizcinin kontrolünde gerçekleşen bir yöntemdir. Bu yöntemde, analizci tarafından veya hava fotoğrafları, yer bilgileri veya haritalardan sağlanan bilgiler ile örnek bir şablon oluşturulur. Tespit edilen örnek şablona göre bilgisayar benzer özellikleri ortaya çıkararak sınıflandırmayı yapar. Birkaç özelliğin sınıflandırılması istendiğinde bu yöntem kullanılmalıdır. Kontrollü sınıflandırma, kontrolsüz sınıflandırma sonucunda üretilen verileri de kullanabilmektedir.

Özellikle çok büyük veri setlerinin sınıflandırılmasında her iki yöntemin birlikte kullanılması en iyi neticeyi vermektedir. Birlikte kullanımda; kontrolsüz sınıflandırma ile temel sınıflar ortaya çıkarılırken, kontrollü sınıflandırma ile de kontrolsüz sınıflandırma ile belirlenmiş sınıfların alt bölümleri belirlenebilmektedir (İşlem Şirketler Grubu, 2002a).

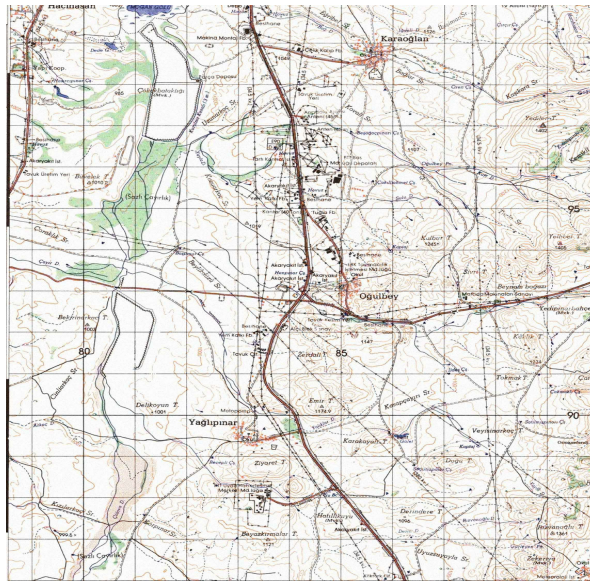
4. GEOMETRİK DOĞRULUK ARAŞTIRMASI

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerine ilişkin olarak günümüzde yürütülen çalışmaların genellikle; “Geometrik Doğruluk” veya “Detay Değerlendirme” olarak ifade edilebilecek iki temel konu üzerinde yoğunlaştığı daha önceki bölümlerde ifade edilmişti.

Bu bölümde, tez çalışmasının ilk adımı olan “Geometrik Doğruluk Araştırması” konusu ele alınacaktır. Bu konu, standart harita üretim çalışmaları ile tez çalışmasında uygulanan işlem adımlarının sıralaması dikkate alınarak sunulmuştur.

4.1 Test Alanının Seçimi

İlk olarak 1995 yılında Kinematik GPS Destekli Fotogrametrik Nirengi test çalışmaları için kullanılan ve Ankara İ 29-c1 paftası içerisinde yer alan Gölbaşı bölgesi, bu tez çalışması için de test alanı olarak seçilmiştir. Söz konusu bölge ~ 10 km x 10 km boyutlarında olup, bölgedeki yükseklik (z) değişimi ~ 440 m civarındadır (Şekil 4.1).



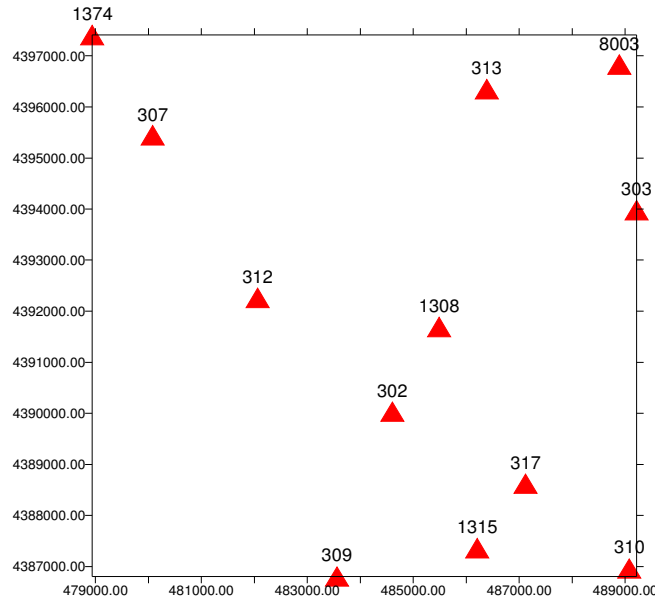
Şekil 4.1: Ankara İ 29 c1 Paftası İçerisinde Yer Alan Gölbaşı Test Alanı

Bölge ayrıca, Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından gerçekleştirilen diğer bir çok fotogrametrik ve jeodezik uygulamalarda da test alanı olarak kullanılmıştır. Bu bölgede, farklı tarihlerde yer kontrol noktaları (YKN) / nirengi koordinatları ölçülmüş ve farklı ölçeklerde fotoğraf alımları ile harita üretimleri gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca, bölgenin Ankara'ya yakınlığı ve bu nedenle arazi çalışmalarının daha kolay gerçekleştirilecek olması da, Gölbaşı bölgesinin tercih edilmesinde etkili olmuştur.

4.2 Yer Kontrol Noktalarına İlişkin Arazi Çalışmaları

Gölbaşı test sahasına giren bölgede fotoğraf çekimi ve uydu görüntüsü alımı öncesinde YKN tesisi planlanmıştır. Ankara İ29-c1 paftası içerisinde yer alan ve önceki çalışmalarda kullanılan YKN'ndan, HGK Fotogrametri Dairesi Başkanlığınca belirlenen noktaların arazide ölçümü ve işaretlenmesi HGK Jeodezi Dairesi Başkanlığınca Mayıs 2002 tarihinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Arazide Tespit Edilen ve İşaretlenen 12 YKN

Bu noktaların yerleri belirlenirken; geometrik açıdan uygun şekilde dağılmış olmalarına ve özellikle bölgenin kenarlarında da mutlaka en az bir YKN bulunmasına özen gösterilmiştir. Ancak belirlenen noktalardan sadece 12 tanesi arazi çalışmalarında bulunabilmiştir. Bu nedenle ölçülen ve işaretlenen noktaların söz konusu şartları tam anlamı ile karşıladığı söylenemez.

4.3 Hava Fotoğraflarının ve Uydu Görüntülerinin Temini

Daha önceden de ifade edildiği gibi çalışmada iki farklı uyduya ilişkin yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanılmıştır. Bu uydular Ikonos ve Quickbird uydularıdır. Bu kapsamda İnta Uzay Sistemleri (Türkiye) firmasından 4 Ağustos 2002 tarihli Ikonos uydu görüntü çifti, Eurimage (İtalya) firmasından ise 26 Mayıs 2002 tarihli Quickbird uydu görüntüsü ücretsiz olarak temin edilmiştir. Ikonos ve Quickbird uydu görüntülerine ilişkin alım bilgileri Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Ikonos Uydu Görüntülerine İlişkin Alım Bilgileri

GÖRÜNTÜ ALIM BİLGİLERİ	1.GÖRÜNTÜ	2.GÖRÜNTÜ
Tarama Açısı–Azimut (Scan Azimuth)	179.960 ⁰	179.960 ⁰
Ortalama Alım Açısı–Azimut (Nominal Collection Azimuth)	343.3970 ⁰	206.6403 ⁰
Ortalama Alım Açısı–Nadire Göre (Nominal Collection Elevation)	79.18121 ⁰	65.73238 ⁰
Güneş Açısı–Azimut (Sun Angle Azimuth)	145.5872 ⁰	146.0308 ⁰
Güneş Açısı–Yükseklik (Sun Angle Elevation)	64.08321 ⁰	64.18156 ⁰
Alım Zamanı (Greenwich Ortalama Zamanı–GMT)	08:55	08:56
Radyometrik Çözünürlük (Radiometric Resolution)	11 bit	
Piksel Boyutu (Pixel Size)	1.0 m	

Tablo 4.2: Quickbird Uydu Görüntüsüne İlişkin Alım Bilgileri

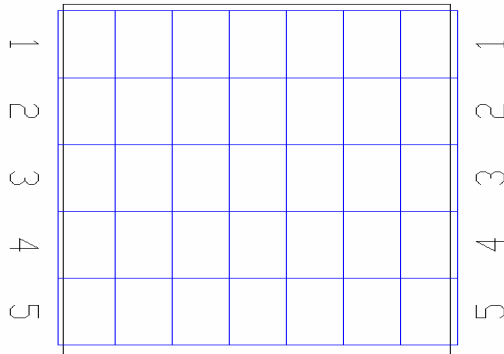
GÖRÜNTÜ ALIM BİLGİLERİ	
Ortalama Alım Açısı–Azimut (Nominal Collection Azimuth)	239.034 ⁰
Ortalama Alım Açısı–Nadire Göre (Nominal Collection Elevation)	83.0699 ⁰
Güneş Açısı–Azimut (Sun Angle Azimuth)	139.486 ⁰
Güneş Açısı–Yükseklik (Sun Angle Elevation)	67.2775 ⁰
Alım Zamanı (Greenwich Ortalama Zamanı–GMT)	08:43
Radyometrik Çözünürlük (Radiometric Resolution)	16 bit
Piksel Boyutu (Pixel Size)	0.61 m

Diğer taraftan hava fotoğrafı alımına yönelik olarak, T-Flight programında uçuş planı yapılmış ve plan bir disket ile HGK Hava Grup Komutanlığına teslim edilmiştir. Uçuş bu plana uygun olarak B-200 Beechcraft uçağı ile 29 Ağustos 2002 tarihinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: B-200 Beechcraft Uçağı

Fotoğraf alımı 1 / 16.000 ölçekli olarak, doğu-batı ve batı-doğu yönlerinde olmak üzere toplam 5 yatay kolon şeklinde ve siyah-beyaz film kullanılarak yapılmıştır. Boyuna bindirme oranı % 60, enine bindirme oranı ise % 30 olarak tespit edilen uçuşta, kinematik GPS tekniğı uygulanarak 40 adet fotoğraf alımı gerçekleştirilmiştir. Uçuşta 152.841 mm odak uzaklığına sahip olan Zeiss RMK TOP 15 kamerası kullanılmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Kolonların Durumu ve Hava Fotoğrafı Alımında Kullanılan Kamera

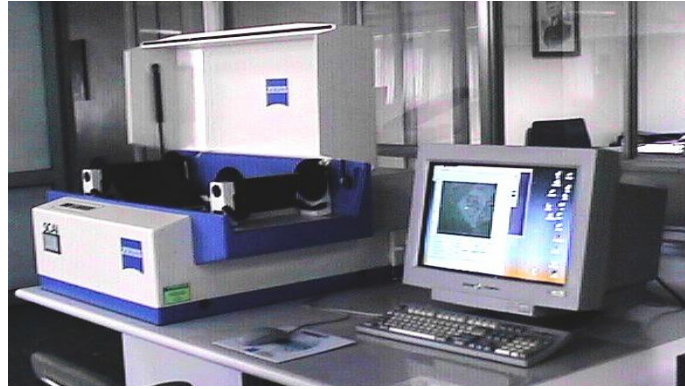
4.4 Fotogrametrik Nirengi İşlemleri

Hava fotoğrafları alımı gerçekleştirildikten sonra filmler banyo edilmiş ve fotogrametrik nirengi işlemleri uygulanmıştır. Fotogrametrik nirengi işlemlerinde

sırasıyla; fotoğraflar sayısallaştırılmış, fotogrametrik nirengi ölçümleri gerçekleştirilmiş, kinematik GPS yöntemi ile fotoğraf izdüşüm merkezlerinin koordinatları tespit edilmiş ve 11 adet YKN kullanılarak dengeleme yapılmıştır. Fotogrametrik nirengi aşamasında gerçekleştirilen çalışmaları şöyle özetleyebiliriz.

◆ **Fotoğrafların Sayısallaştırılması:** Filmler banyo edildikten sonra, Zeiss firmasına ait SCAI (Scanner with Autowinder Interface) hassas tarayıcısında SC yazılımı ile taranmıştır.

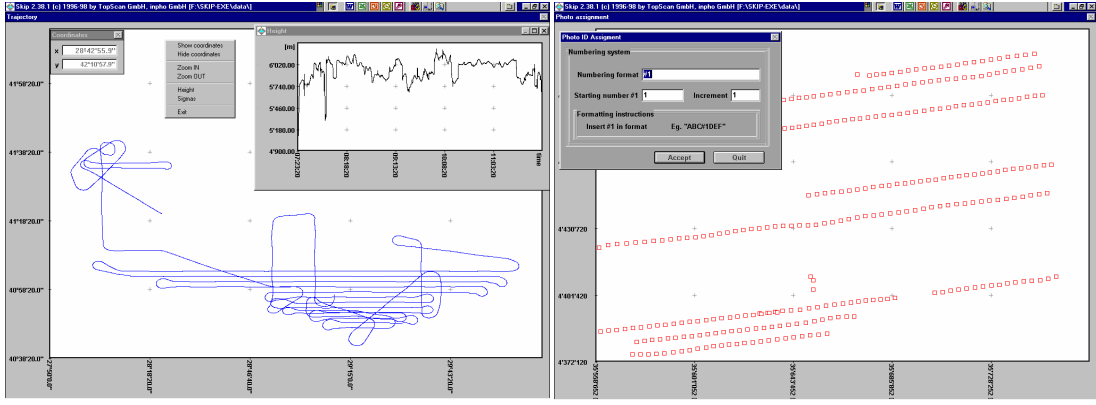
Bu şekilde proje bölgesine ait toplam 40 adet fotoğraf 21 μ m çözünürlük ile taranmıştır. Her bir fotoğrafın sayısallaştırılması için ~ 15 dakika (40 fotoğraf için ~ 600 dakika / 10 saat) harcanmıştır. Ayrıca, taranan her bir fotoğrafın bilgisayar ortamında yaklaşık 120-130 MB'lık bir alan kapladığı göz önüne alındığında, proje için yaklaşık 5 GB'lık bir disk kapasitesinin kullanıldığı söylenebilir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: Zeiss SCAI Tarayıcısı ve Çevre Donanımı

◆ **Resim çekim nokta koordinatları:** Büyük ölçekli harita yapımına yönelik olarak kinematik GPS yöntemi ile gerçekleştirilen uçuşlarda, uçakta ve yerde birer GPS alıcısı eş zamanlı olarak 0.5 sn aralıklarla ölçü yapmıştır. Uçakta ve yerde elde edilen veriler SKIP (Static and Kinematic Positioning) programı kullanılarak işlenmiş ve sonuçta her bir fotoğrafın arazi koordinat sistemindeki izdüşüm merkezi koordinatları yaklaşık olarak belirlenmiştir.

SKIP yazılımında; GPS verileri alıcı formatından (Trimble, Ashtech vb.) SKIP formatına dönüştürülmekte, yörünge hesabı ve yaklaşık çözüm yapılarak faz kesintileri (cycle slip) belirlenmekte ve GPS konumlama ile pozlama noktalarına enterpolasyon yapılarak sonuçlar analiz edilmektedir (Şekil 4.6) (Inpho, 1999).



Şekil 4.6: SKIP Programında Sonuçların Analizi

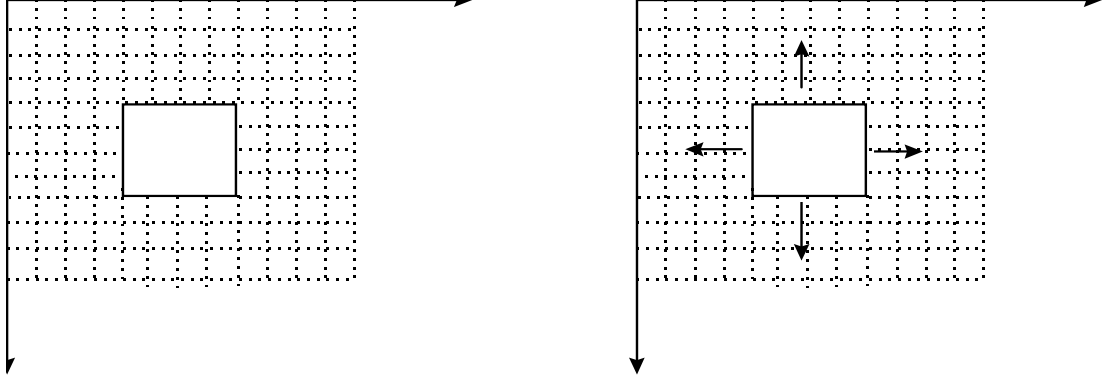
◆ **Fotogrametrik Ölçümler:** Sayısallaştırılmış olan fotoğraflar fotogrametrik ölçümlerin yapılacağı sisteme aktarılmıştır. Bu sistemde kullanılan yazılım, Zeiss firmasına ait PAT (Phodis Aerial Triangulation) yazılımıdır. Yazılıma öncelikle proje ve blokla ilgili bilgiler girilmiştir. Bu bilgiler sayesinde bloğa ait görüntü sistem tarafından operatöre gösterilebilmektedir. Daha sonra her bir fotoğrafın iç yöneltmesi yapılarak fotoğrafların piramitleri oluşturulmuş ve fotogrametrik nokta ölçümüne başlanmıştır.

Görüntü piramitleri; orijinal ayırma gücünden itibaren, ayırma gücünün bir önceki görüntüye göre $\frac{1}{2}$ oranında azaltılması suretiyle (ineden kabaya doğru azalan şekilde) elde edilen görüntülerdir. Bu görüntülerin kullanılmasıyla bilgisayarın görüntü eşleme işlemleri için harcayacağı zaman en aza indirgenir (Aksu, 1998).

Fotogrametrik nokta ölçümünde, birbiriyle ortak alana sahip görüntülerde aynı detay araştırılarak ikiden çok görüntüde bağlama özelliğine sahip noktalar elde edilir. Bağlama noktaları, modeller ve kolonlar arasında yer alan komşu görüntüleri birbiriyle ilişkilendiren eşlenik noktalar. Bağlanan görüntülerdeki noktaların resim koordinatları, en küçük kareler eşlemesi kullanılarak duyarlı bir biçimde ölçülür. Bir görüntüde tespit edilen detay diğer bir görüntüde otomatik, yarı otomatik veya manuel olarak bulunabilir. Bu detayın otomatik veya yarı otomatik olarak belirlenebilmesi için görüntü eşleme yöntemleri kullanılır.

Görüntü eşleme ile ilgili olarak kullanılacak en uygun yaklaşım çapraz korelasyon (cross correlation) tekniğidir. İki pencerenin çapraz korelasyon fonksiyonunu hesaplamak için, bir kalıp pencere daha büyük bir araştırma penceresi boyunca piksel

piksel gezdirilir ve her bir konum için kalıp pencere ile araştırma penceresinin ilgili bölümü arasındaki bir çapraz korelasyon katsayısı bulunur. Çapraz korelasyon fonksiyonunun maksimum sonucu, kalıp ve araştırma pencereleri arasındaki en iyi eşleme durumunu ifade eder (Şekil 4.7) (Heipke, 1996).



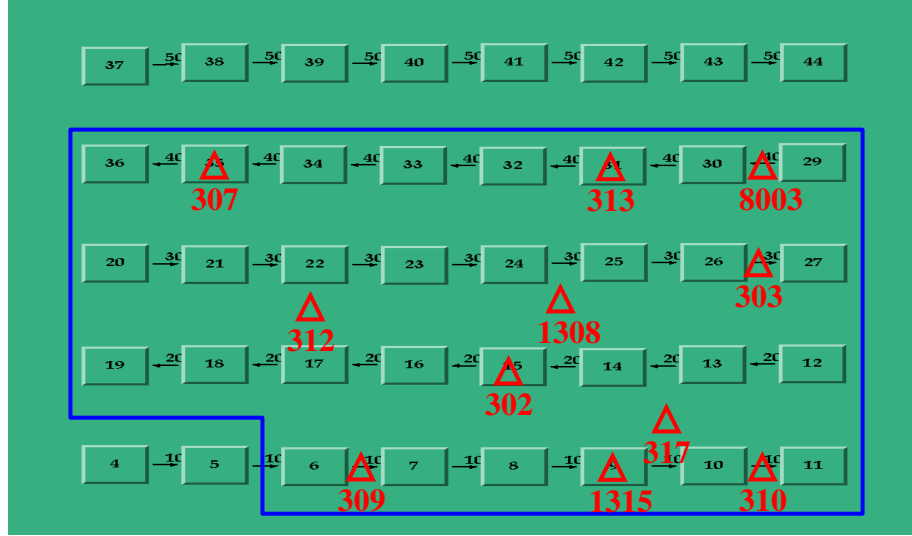
Şekil 4.7: Çapraz Korelasyon Tekniği

Çeşitli eşleme algoritmaları arasındaki en önemli fark, eşlemede kullanılan temel elemanların farklı olmasıdır. İki geniş kategori içinde yer alan elemanlar; ya gri tonlardan oluşan pencereler ya da her bir görüntüden çıkarılan detaylardır. Sonuçta ortaya çıkan algoritmalar; alana bağlı (area based matching) ve detaya bağlı eşleme (feature based matching) olarak adlandırılır. Bu çalışmada kullanılan Phodis AT yazılımında, otomatik nokta belirlemede detaya bağlı ve alana bağlı eşleme tekniklerini birleştiren kabadan inceye görüntü eşleme yaklaşımı kullanılmıştır.

Bu şekilde her bir fotoğrafta kolon ve model bağlama noktası olarak yaklaşık 20-25 noktada ölçüm yapılmıştır. Ölçüm işlemi için tercih edilen yöntem, öncelikle otomatik ölçüm tekniği olmuştur. Ancak uçuşlar esnasında; hava koşullarının değişken olması, sayısallaştırma işleminde her bir kolon için farklı ayarlar yapılması ve operatörlerin çok fazla düzeltme ihtiyacı duymaları nedeniyle, sistemin otomatik olarak detay tespit etmesi mümkün olmamıştır. Bu nedenle operatörler yarı otomatik ve manuel detay tespiti yöntemlerini kullanmışlardır. Diğer taraftan mevcut teknolojiyle YKN'nın otomatik olarak tanımlanması henüz gerçekleştirilemediği için, bu noktaların ölçümü yarı otomatik olarak gerçekleştirilmiştir.

Blokta 40 fotoğraf olmasına rağmen, arazide kireçlenen YKN'nın dağılımı ve uydu görüntülerinin kapsadığı alan dikkate alınarak, fotoğraflardan 30'u kullanılmış ve

toplam 986 fotogrametrik nokta ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda dengelemeye girdi olacak fotogrametrik ölçü dosyaları elde edilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Proje Bloğu (Mavi Çerçeve) ve YKN (Δ)'nın Dağılımı

♦ **Dengeleme:** Dengeleme işlemi için Jeodezi Dairesi Başkanlığınca tesisi ve ölçümü gerçekleştirilmiş YKN'nın koordinatlarına, SKIP programından elde edilmiş resim izdüşüm merkez noktalarının arazi koordinatlarına ve PAT yazılımı ile resim koordinat sistemi üzerinde gerçekleştirilmiş fotogrametrik nokta değerlerine ihtiyaç vardır.

Dengeleme işlemi için ışın demetleriyle blok dengeleme yapan PAT-B GPS yazılımı kullanılmıştır. Dengeleme öncesinde fotogrametrik nokta ölçümüne ilişkin standart sapma değeri olarak, tecrübeli bir operatörün detaya yanaşma doğruluğu olan ($\sim 1/3$ piksel) 6 μ m değeri girilmiştir. Diğer taraftan YKN'nın yatay ve düşey doğrulukları olarak sırasıyla 10 cm ve 15 cm, kinematik GPS verilerine ilişkin anten izdüşüm merkezi koordinatları konum doğruluğu olarak da 10 cm değeri girilmiştir.

İlk dengeleme işleminde otomatik kaba hata ayıklama yaptırılarak hatalar tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu ayıklama işlemi yaptırılmaz ise, kaba hatalar bütün ölçülere yayılarak dağıtılmaya çalışılacaktır ve bunun sonucunda da kaba hataların tespiti zorlaşacaktır. Kaba hataların ayıklanması ya da noktaların yeniden okunması sonrasında kaba hata ayıklamasız dengeleme işlemi gerçekleştirilmiş ve en uygun sonuç elde edilmeye çalışılmıştır. Dengeleme, 6 iterasyon sonunda ve $\sigma = 8.1855$ μ m'lik (0.129 m) bir doğruluk değeri ile sonlandırılmıştır (Şekil 4.9).

Project:
Revizyon

Requested adjustment features:
with automatic gross error detection (coarse)
with selfcalibration
with adjustment of kinematic GPS observations
with correction of earth curvature and refraction

Read in block data:
photographs = 243
photogrammetric measurements = 7839
planimetric control points = 4
height control points = 4
kinematic GPS-observations = 243

Status of execution:
Bundle block adjustment:
iteration step: 10 least squares
form reduced normal equations
date: 26-01-2004 start: 17:10:01 time: 17:11:12

Eliminated observations:
photogrammetric measurements = 138
planimetric control points = 0
height control points = 0
kinematic GPS-observations = 12

Iter: Terrain point: Max. change: Estimat. sigma:
1 12767 1730.721 231.222
2 14047 117.632 11.191
3 13877 1.285 10.394
4 15 5.743 7.153
5 13759 1.046 6.496
6 13801 0.567 6.281
7 13553 0.871 6.165
8 13649 0.579 6.550
9 14025 0.170 6.553

Message:
Global parameter 9 - not significant -- rejected

Stop Finish after present iteration

Şekil 4.9: PAT-B GPS Yazılımının Kaba Hata Ayıklamalı Olarak Çalıştırılması

Dengeleme sonucunda; resim koordinat sisteminden arazi koordinat sistemine olan dönüklük parametreleri elde edilerek her bir fotogrametrik noktanın ve resim izdüşüm merkezinin hassas arazi koordinatları elde edilmiştir. Nitekim bu bilgiler, değerlendirme sistemleri içinde sayısallaştırılmış fotoğraflar ile bir arada getirilerek üç boyutlu arazi modelleri elde edilmiştir.

4.5 Sayısal Yükseklik Modellerinin (SYM) Üretimi

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), kısaca yüzeyin sayısal olarak gösterimi olarak tanımlanmaktadır. Yeryüzü, matematiksel olarak tanımlanamayacak kadar düzensiz üç boyutlu bir şekildir. Yeryüzünün tam olarak tanımlanabilmesi için sonsuz sayıda noktaya gereksinim vardır. Bu da olanaksız olduğundan, belirli sayıdaki nokta kümesi seçilir ve yüzey bu noktalardan yararlanılarak temsil edilmeye çalışılır.

SYM, görüntülerden elde edilen stereoskopik modellerden stereo-çizim aletleriyle veri toplanarak üretilmektedir. Yükseklik ölçmeleri ya bir operatör tarafından elle, ya da sistem tarafından otomatik olarak yapılmaktadır.

SYM üretim çalışmalarında çeşitli enterpolasyon yöntemleri kullanılır. Bu yöntemlerin bir bölümünde ilk ölçülen yükseklik değerleri kabul edilirken bazılarında belirli bir dengeleme ya da rastlantısal hataların filtrelemesi yapılır. Seçilen enterpolasyon yöntemi ne kadar uygun ise hesaplanan yükseklik değeri ile gerçek arazi yüksekliği arasındaki farkta o kadar küçük olur. Yani hesaplanan yükseklik değerinin gerçek arazi şekline uygunluğu, enterpolasyon fonksiyonunun ve SYM'nin güvenilirliğini artırır. SYM enterpolasyon probleminin çözümünde;

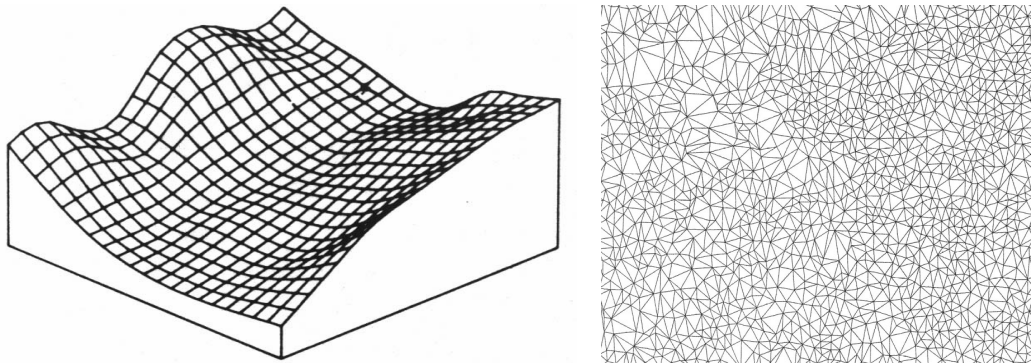
noktasal enterpolasyon, yerel olarak tanımlanmış parça parça fonksiyonlarla enterpolasyon ve tüm alanı kapsayan tek bir fonksiyonla enterpolasyon şeklinde başlıca üç yaklaşım vardır.

Noktasal enterpolasyonda, yüksekliği aranan noktayı çevreleyen bir ölçüt dairesinin / karesinin iç tarafına düşen dayanak noktaları kullanılır. Her yeni nokta, çevresindeki dayanak noktalarından hesaplandığından, fonksiyon katsayıları noktadan noktaya değişir ancak depolama işlemine gerek kalmaz. *Parça parça enterpolasyonda* SYM daha küçük parçalara bölünür. Bu durumda parçaların sınırları boyunca çatlaklar ve süreksizlikler görülebilir. Bundan kaçınmak için, parçalardaki fonksiyonların sınırlar boyunca çakıştırılması amacıyla birleştirme fonksiyonları kullanılır. *Tüm alanı kapsayan tek bir fonksiyonla enterpolasyonda* da, yüzeyi tanımlayan fonksiyonu belirlemek için tüm dayanak noktaları aynı anda kullanılır.

Günümüzde SYM'lerinin oluşturulmasında, farklı iki yapılandırma yönteminden bahsetmek mümkündür. Bunlar raster ve üçgenleme yöntemleridirler (Yılmaz, 2002).

◆ **Raster yöntemi:** Arazi üzerine karesel ya da dikdörtgensel bir grid sistemi yerleştirilir ve grid düğüm noktalarının yükseklikleri hesaplanır. Bu işlem, fotogrametrik model üzerinden doğrudan ölçmelerle veya arazi yüzeyine rastlantısal olarak dağılmış olan dayanak noktalarının ölçülmesi suretiyle gerçekleştirilir.

◆ **Üçgenleme yöntemi:** Arazi yüzeyine rastlantısal ya da düzgün olarak dağılmış bulunan dayanak noktalarının birleştirilmesi ile arazi düzlem üçgenlerden (TIN) oluşan çok yüzlü (polihedron) bir yüzeyle kaplanır. Bu amaçla noktaların tanınmasını sağlayan bir kodlama sistemi kurulur. Bu kodlama, noktalar arasındaki ilişkiyi ve noktanın bulunduğu yerin niteliğini belirtir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: Raster (Solda) ve Üçgenleme (Sağda) Yöntemi

SYM'nin (düşey) doğruluğu, SYM gridi içerisinde enterpole edilen bütün noktalardaki düşey hatanın karesel ortalama hatasıdır (KOH). Bu doğruluk; yüzeydeki seçilmiş ve dağılmış noktaların ölçülmesi, ölçme yöntemleri, örnekleme noktalarının dağılımı ve yoğunluğu, arazideki karakteristik özelliklerin değerlendirilmesi ve arazi yapısı gibi faktörlere bağlıdır.

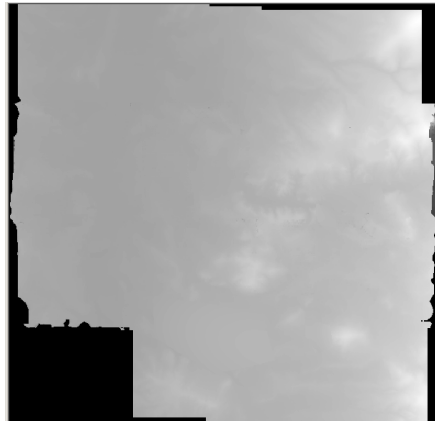
Arazinin tipine veya SYM boyutuna bağlı olarak SYM doğruluğu hakkında kabul edilen herhangi bir kıstas yoktur. Ancak, eş yükseklik eğrisi aralıkları ile eş yükseklik doğruluğu arasında tanımlanmış ilişkiler ve grid boyutunun özelliklerini tanımlayan bazı kurallar bulunmaktadır.

Bu kurallara göre düşey doğruluk, doğrusal grid boyutunun düzgün arazilerde 1 / 20'si, engebeli arazilerde ise 1 / 10'u kadarına karşılık gelmelidir (Ackerman, 1996). Diğer taraftan eş yükseklik eğrilerinin doğruluğu da, fotogrametrik olarak elde edilen doğruluğun üçte biri oranındadır (Uçar, 2001).

Tez çalışmasında birbirinden farklı üç SYM kullanılmıştır. Bunlar; hava fotoğraflarından (HF-SYM) ve Ikonos görüntülerinden (Ikonos-SYM) elde edilmiş SYM ile basılı paftalardan sayısallaştırılmış yükseklik paftalarıdır (YÜKPAF).

4.5.1 Hava fotoğraflarından sayısal yükseklik modelinin üretimi

Uygulamalarda kullanılan ilk SYM, 1 / 16.000 ölçekli hava fotoğraflarından elde edilen modeldir (HF-SYM). Bu SYM, Softplotter 3.0 yazılımındaki Surfer Tool modülü kullanılarak ve stereo modeller üzerinde 20 m aralıklarla otomatik olarak okunan noktalardan elde edilmiştir (Şekil 4.11) (İşcan ve diğ., 2004).

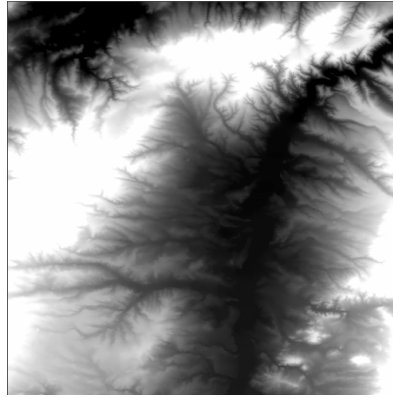


Şekil 4.11: Hava Fotoğraflarından Üretilen SYM

Surfer Tool modülünde; ilgili fotoğraf çiftleri (modeller) seçilmiş, kaç metre aralıklarla yükseklik noktalarının toplanacağı belirlenmiş ve ilgili alan tespit edilerek otomatik olarak nokta toplama işlemine başlanmıştır. Noktaların toplanmasını takiben her bir model için toplanan sayısal yükseklik verileri kontrol edilmiş ve düzeltilmiştir. Söz konusu kontrol ve düzeltme işlemleri yaklaşık 2 ay sürmüştür. Bu SYM'nin doğruluğunun ± 1 m civarında olduğu söylenebilir.

4.5.2 Mevcut haritalardan sayısal yükseklik paftasının üretimi

Kullanılan sayısal yükseklik modellerinden ikincisi, HGK tarafından üretilmiş olan yükseklik paftasıdır (YÜKPAF). Bu pafta üretilirken öncelikle paftaya ait maylar münhani kalıbı pozitif filme çekilmiştir. Bu işlemten sonra pozitif film taranarak münhanilerin otomatik vektöre dönüştürme işlemi yapılmış ve en son olarak da vektöre dönüştürme işleminde oluşan hatalar ayıklanmıştır. Bu şekilde yarı otomatik bir yöntem kullanılarak eş yükseklik eğrileri sayısallaştırılmış ve yükseklik paftaları üretilmiştir. Bu SYM'nin doğruluğunun da ± 5 m civarında olduğu söylenebilir (Şekil 4.12).



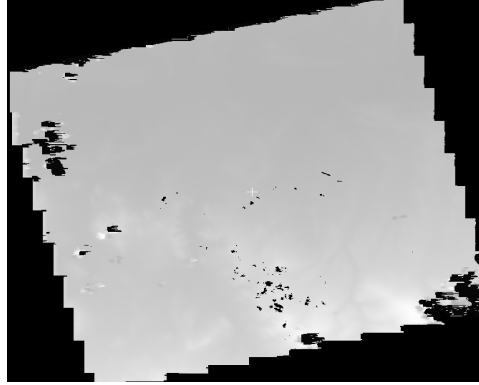
Şekil 4.12: Bölgenin HGK'nce Üretilmiş Sayısal Yükseklik Paftası

4.5.3 Ikonos uydu görüntülerinden sayısal yükseklik modelinin üretimi

Çalışmada kullanılan son SYM, Ikonos uydu görüntü çiftinden PCI yazılımının OrthoEngine modülü kullanılarak üretilen SYM'dir (Ikonos-SYM).

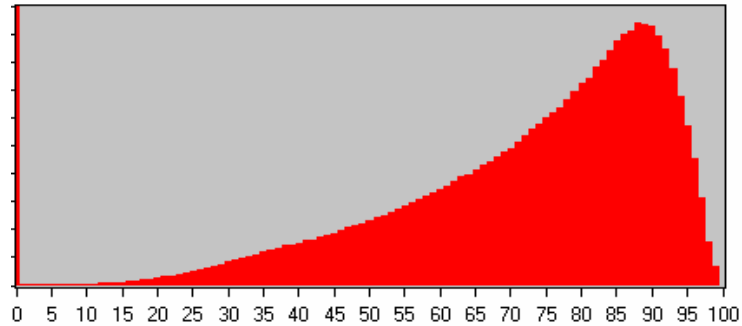
Üretim aşamasında görüntüler üzerinde 8 adet YKN'nın ve 34 adet bağlama noktasının ölçümü yapılmıştır. Bu işlemler sonucunda elde edilen korelasyon başarı yüzdesi % 97.2919'dur. SYM, epipolar geometrideki görüntüler kullanılarak

otomatik görüntü eşleme ile üretilmiştir. Bu adımda yeniden örnekleme metodu olarak epipolar geometri seçilmiştir. Otomatik eşlemenin başarısız olduğu değerlendirilen ve 7 piksel büyüklüğüne kadar olan boşluklar enterpolasyon ile doldurulmuş ve elde edilen SYM filtrelenmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13: İkonos-SYM Görüntüsü

Otomatik eşlemenin hiç yapılamadığı durumu % 0, eşlemenin tam doğrulukla yapılabildiği durumu da % 100 olarak kabul edildiğinde elde edilen eşleme doğruluğu Şekil 4.14’de sunulmuştur. Şekil 4.14’de, nokta dağılımını sergileyen kırmızı histogramda eşlemenin yoğun olarak % 85 - % 95 aralığında gerçekleştiği görülmektedir. Tüm bu sonuçlar, üretilen SYM’nin yeterli kalite ve doğruluğa sahip olduğunu göstermektedir. İkonos-SYM’nin doğruluğunun ± 2 m civarında olduğu söylenebilir (Erdoğan, 2006)



Şekil 4.14: İkonos-SYM Görüntüsündeki Eşleme Doğruluğu

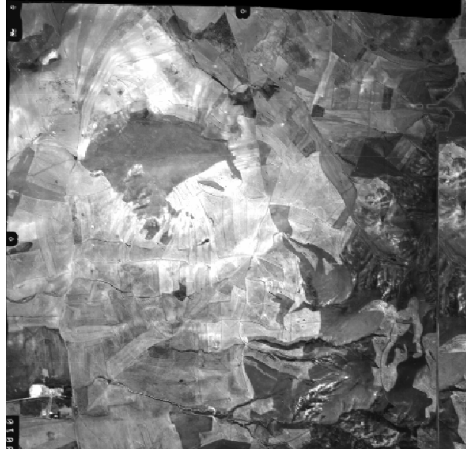
4.6 Ortofoto ve Mozaik Görüntü Üretimleri

SYM üretiminden sonra Erdas Imagine 8.6 yazılımı kullanılarak ortofoto ve mozaik görüntülerin üretimi gerçekleştirilmiştir.

4.6.1 Hava fotoğraflarından ortofoto ve mozaik görüntü üretimleri

İlk adımda, dengeleme işlemleri tamamlanmış olan hava fotoğraflarından çeşitli ortofotoların üretimi gerçekleştirilmiştir. Hava fotoğraflarından elde edilen ortofotolarda, hem yükseklik paftaları (YÜKPAF) hem de hava fotoğraflarından elde edilen SYM (HF-SYM) kullanılmıştır. Böylece her bir fotoğraf için, iki farklı sayısal yükseklik modeli kullanılarak iki farklı ortofoto elde edilmiştir. Bu işlemler esnasında Erdas Imagine 8.6 yazılımının OrthoBase modülü kullanılmıştır.

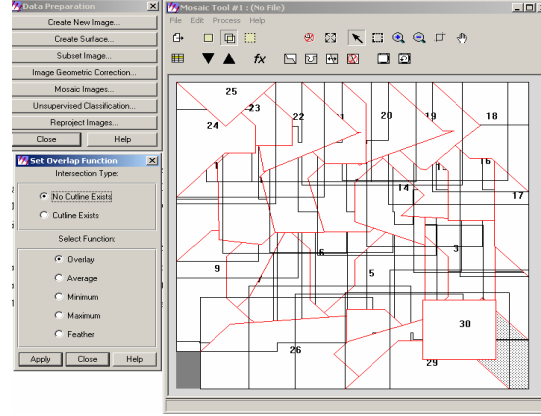
Fotogrametrik nirengi işlemleri ile dengeleme sonuçlarından elde edilen resim izdüşüm merkezi koordinatları ve dönüklük bilgileri sisteme tanıtılmıştır. Bu sayede, yeniden bağlama noktaları toplanmasına gerek kalmadan dış yöneltme parametrelerinin sistem tarafından otomatik olarak algılanması sağlanmıştır. Ortofoto oluşumunda; yeniden örnekleme (resample) metodu, iş alanı sınırı koordinatları ve sonuç ürünün piksel boyutları belirlenmiştir. Bu bölümde 1 / 16.000 ölçekli fotoğrafların 21 µm çözünürlük ile taranması ile elde edilen 33.6 cm'lik piksel boyutu göz önüne alınarak, sonuç ürünün piksel boyutu için 0.5 m değeri girilmiştir. Ayrıca yeniden örnekleme metodu olarak bilineer enterpolasyon seçeneği tercih edilmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15: 10 Numaralı Fotoğrafa İlişkin Ortofoto Görüntü

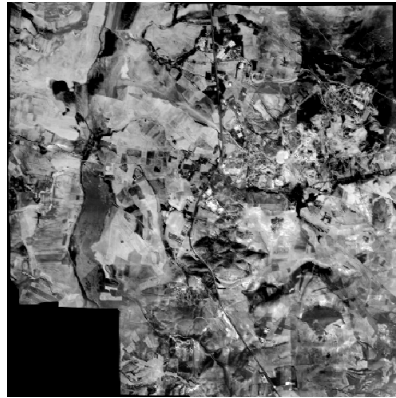
Hava fotoğraflarından elde edilen ortofotolar mozaikleme işlemi ile birleştirilmiştir. Mozaikleme, birbiri ile bindirmeli iki veya daha fazla ortofoto görüntünün birleştirilerek tek bir görüntü haline getirilmesidir. Mozaikleme işlemleri, harita ve projeksiyon bilgilerini içeren yöneltmiş ve / veya kalibre edilmiş görüntülerin kullanılması ile yapılmaktadır (İşlem Şirketler Grubu, 2002b).

Mozaikleme işlemi, Erdas Imagine 8.6 yazılımının Veri Hazırlama (Data Preparation) modülü altında yer alan Mozaikleme (Mosaic Images) alt modülü kullanılarak yapılmıştır. Bu adımda; mozaiklenecek resimler, görüntü eşleme seçenekleri ve bindirme alan fonksiyonları belirtilerek gerekli renk düzenlemeleri yapılmıştır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16: Hava Fotoğraflarının Mozaiklenmesi

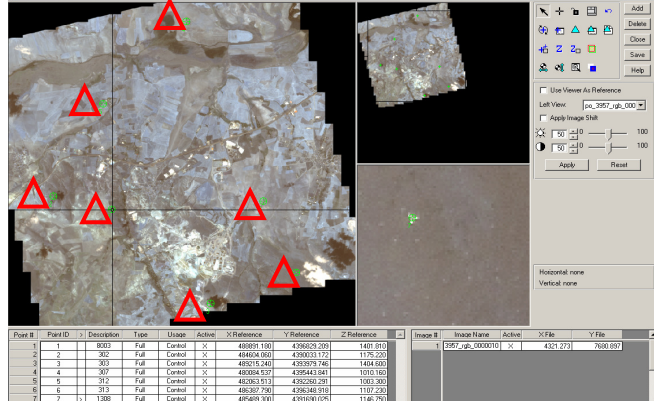
Gerçekleştirilen mozaikleme işleminde programın birleşme hatlarını otomatik olarak belirlemesi istenmiştir. Bu şekilde hem SYM hem de YÜKPAF kullanılarak elde edilmiş ortofotolardan iki adet mozaiklenmiş görüntü elde edilmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17: YÜKPAF İle Üretilmiş Ortofotolardan Elde Edilmiş Mozaik Görüntü

4.6.2 Uydu görüntülerinden ortofoto görüntü üretimleri

İkinci adımda, uydu görüntülerinden farklı sayı ve dağılımdaki YKN ile; YÜKPAF, HF-SYM veya Ikonos-SYM kullanılarak farklı özelliklerde ortofotolar oluşturulmuştur. YKN'nın sayı ve dağılımlarına karar verilirken *ilk aşamada*, uydu görüntülerinde yer alan tüm YKN kullanılmıştır. Bu durumda; Ikonos uydusu görüntüsüne 7, Quickbird uydusu görüntüsüne ise 9 adet YKN girmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18: İkonos Uydu Görüntüsü İçine Giren 7 YKN (▲)

Öte yandan bilindiği gibi, fotogrametri ve uzaktan algılamanın en önemli amaçlarından birisi de, harita üretim sürecinde kullanılan YKN'nın sayısını ve dolayısı ile arazide gerçekleştirilen koordinat ölçüm çalışmalarını azaltmaktır. Çünkü; YKN'nın arazide tesisi, ölçümü, hesabı ve işaretlenmesi, oldukça zaman alıcı ve yüksek maliyetli çalışmalardır (Atak ve Aksu, 2005).

Bu maksatla fotogrametrik yöntemler sayesinde, fotoğrafların değerlendirilmesi için gerekli olan YKN'nın koordinatları sadece arazi çalışmaları ile değil, daha ekonomik olarak fotogrametrik yöntemlerle de elde edilebilmektedir.

Tarihsel gelişimleri içinde; Havuz Yöntemi, Dizi Yöntemi, Fotogrametrik Nirengi (FN) Yöntemi ve Kinematik GPS Destekli Fotogrametrik Nirengi Yöntemi şeklinde sıralayabileceğimiz nokta sıklaştırma yöntemlerinden ilk ikisinde, YKN tamamen arazide yapılan çalışmalarla tesis edilmektedirler. Öte yandan, fotogrametrik nirengi yönteminde nokta koordinatlarının çok az bir kısmı arazide yapılan çalışmalarla, büyük bir bölümü ise fotogrametrik yöntemle ve büro çalışmalarıyla elde edilmektedir. Kinematik GPS destekli fotogrametrik nirengi yönteminde ise, YKN sayısında ilk yönteme göre yaklaşık % 90'lık bir tasarruf sağlanmakta, noktaların büyük bir kısmı büroda tespit edilmektedir. Bu nedenlerle *ikinci aşamada*;

- ◆ “Kinematik GPS Destekli Fotogrametrik Nirengi Yöntemi” kullanılarak yapılan harita üretim faaliyetleri ile tez çalışmasında üretilen ortofotoları karşılaştırmak ve

- ◆ minimum YKN ile yapılan uygulamaların sonuçlarını görebilmek amacıyla, en uygun geometrik dağılımı sağlayan daha az sayıda YKN'nın kullanılmasına karar

verilmiştir. Ancak blok köşelerinde YKN'nın bulunmadığı durumlarda, arazide işaretlenmeyen ancak ortak detay noktası olarak tespit edilerek üzerinde GPS ölçüsü yapılmış noktalar da YKN olarak işleme sokulmuşlardır.

Son aşamada ise YKN olmaksızın, sadece görüntüler ile birlikte uydu firmalarından temin edilen yörünge bilgileri kullanılarak ortofotolar oluşturulmuştur.

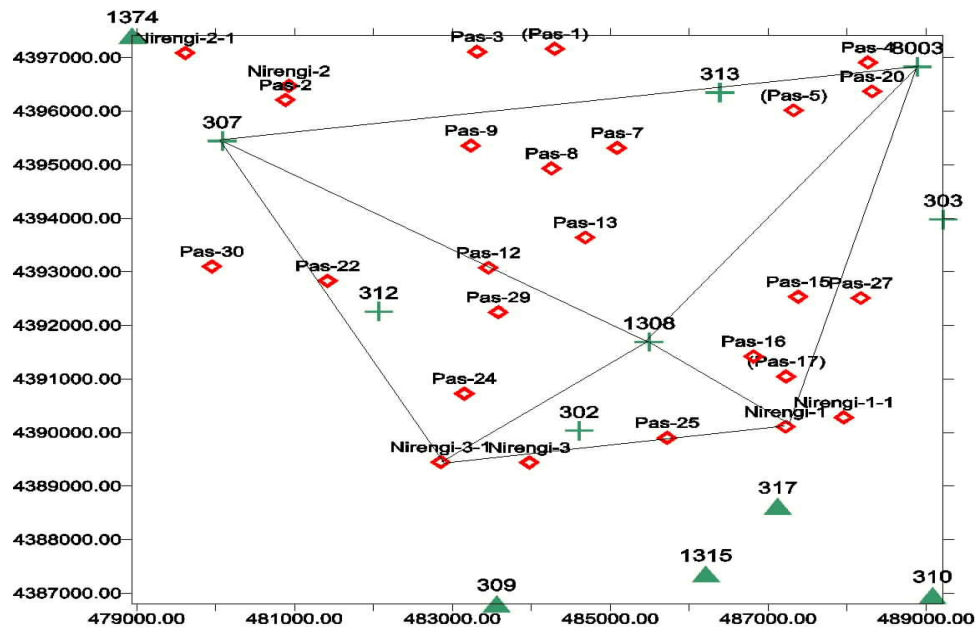
Hava fotoğraflarından ortofoto üretimleri dışında, Ikonos ve Quickbird uydu görüntülerinden üretilen ortofotolarda piksel boyutu olarak Ikonos uydu görüntüleri için 1 m, Quickbird uydu görüntüleri için ise 0.6 m girilmiş ve yeniden örnekleme metodu olarak bilineer enterpolasyon seçeneği tercih edilmiştir. Ayrıca iç ve yaklaşık dış yöneltme parametrelerinin tespiti için Rasyonel Polinomal Katsayılar (Rational Polynomial Coefficients - RPC) dosyası kullanılmıştır. Daha sonra, ölçülen YKN kullanılarak hesaplanan 3. derece bir polinom ile rasyonel fonksiyon modeli iyileştirilmiş ve iyileştirilen yeni model ile ortofoto üretimi gerçekleştirilmiştir.

Uydu görüntülerinden üretilen tüm ortofotolar Tablo 4.3'de sunulmuştur.

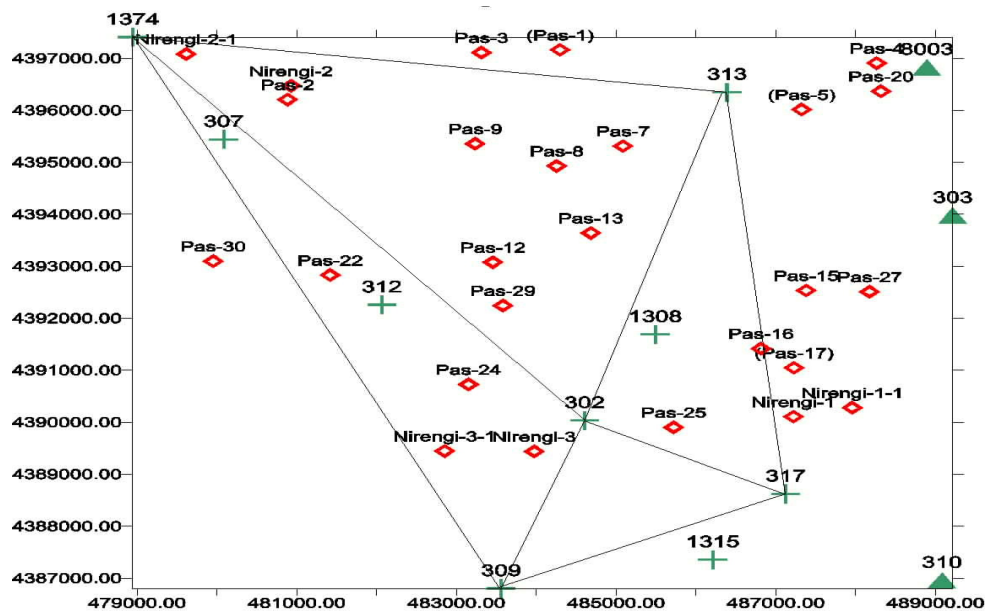
Tablo 4.3: Uydu Görüntülerinden Oluşturulan Ortofoto Görüntüler

COĞRAFİ VERİ	YKN SAYISI	SYM CİNSİ
Ikonos Uydu Görüntüsü	4 ADET	HF-SYM
Ikonos Uydu Görüntüsü	4 ADET	Ikonos-SYM
Ikonos Uydu Görüntüsü	5 ADET	HF-SYM
Ikonos Uydu Görüntüsü	7 ADET	HF-SYM
Ikonos Uydu Görüntüsü	7 ADET	Ikonos-SYM
Ikonos Uydu Görüntüsü	7 ADET	YÜKPAF
Ikonos Uydu Görüntüsü	Yöneltme Parametreleri	Ikonos-SYM
Ikonos Uydu Görüntüsü	Yöneltme Parametreleri	YÜKPAF
Quickbird Uydu Görüntüsü	4 ADET	HF-SYM
Quickbird Uydu Görüntüsü	5 ADET	HF-SYM
Quickbird Uydu Görüntüsü	9 ADET	HF-SYM
Quickbird Uydu Görüntüsü	9 ADET	YÜKPAF
Quickbird Uydu Görüntüsü	Yöneltme Parametreleri	YÜKPAF

4 ve 5 YKN kullanılarak Ikonos ve Quickbird uydu görüntülerinden üretilen ortofoto görüntülerdeki YKN konumları Şekil 4.19 ve 4.20’de sunulmuştur.



Şekil 4.19: İkonos Ortofoto Görüntülerindeki YKN (+ işaretliler) ile 4/5 YKN'lı Ağın Durumu (4 YKN'lı Çalışmada 1308 No'lu Nokta Kullanılmamıştır)



Şekil 4.20: Quickbird Ortofoto Görüntülerindeki YKN (+ işaretliler) ile 4/5 YKN'lı Ağın Durumu (4 YKN'lı Çalışmada 302 No'lu Nokta Kullanılmamıştır)

Dengelemeler sonucunda elde edilen ve dengelemenin iç doğruluğunu (modelleme duyarlılığı) gösteren KOH'lar ise Tablo 4.4'de sunulmuştur.

Tablo 4.4: Dengeleme Sonucunda Elde Edilen KOH'lar

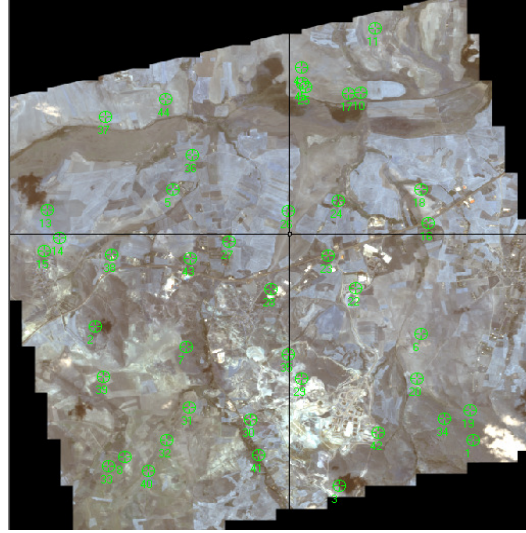
COĞRAFİ VERİ	YKN SAYISI	KOH		
		x (piksel)	y (piksel)	Toplam
Ikonos Uydu Görüntüsü	4 ADET	0.1074	1.4041	1.4082
Ikonos Uydu Görüntüsü	5 ADET	0.2439	1.5669	1.5858
Ikonos Uydu Görüntüsü	7 ADET	0.034	0.0454	0.0567
Quickbird Uydu Görüntüsü	4 ADET	0.4270	0.6874	0.8092
Quickbird Uydu Görüntüsü	5 ADET	0.5407	0.6238	0.8255
Quickbird Uydu Görüntüsü	9 ADET	0.1322	0.4442	0.4635

Ikonos uydusu 7 YKN'lı dengeleme için 0.0567 piksel ve Quickbird uydusu 9 YKN'lı dengeleme için de 0.4635 piksel olarak elde edilen değerler, 4 ve 5 YKN'lı ortofotolar da (özellikle Ikonos uydusunda y yönünde) hatırı sayılır derecede bozulmuştur. Bunun nedeni olarak, YKN sayısındaki azalma ve YKN dağılım geometrisinin bozulması gösterilebilir.

Quickbird uydusuna nazaran Ikonos uydusu dengeleme sonuçlarının daha fazla bozulmasının sebebi olarak da, mono görüntü olması nedeniyle Quickbird uydu görüntüsünün dik konuma yakın alım şeklinde (83.0699 derece), Ikonos uydusu görüntü çiftinin ise stereo alım nedeni ile eğik alım şeklinde (65.73238 ve 79.18121 derece) elde edilmesi gösterilebilir. Bununla birlikte, eğik alımlarda 1-2 piksel civarında elde edilen dengeleme sonuçlarının kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu söylenebilir.

4.7 Ortak Detay Noktalarının Tespiti ve Arazide Ölçümü

Ortofoto görüntülerin üretiminden sonra, hem hava fotoğraflarında hem de uydu görüntülerinde rahatlıkla seçilebilir özellikte olan detay / test / bağımsız kontrol noktaları (independent check points) tespit edilmiştir. Bu işlem esnasında seçilen noktaların benzer çalışmalarda olduğu gibi; yol kesişimleri, arsa köşeleri, parlak detaylar vb. gibi keskin detaylar olmalarına özen gösterilmiştir (Hanley ve Fraser, 2004; Li ve diğ., 2000; Sadeghian ve Zoej, 2004). Bu şekilde toplam 35 adet detay / test noktası seçilmiştir. Bu noktaların dağılımı Şekil 4.21'de gösterilmiştir.



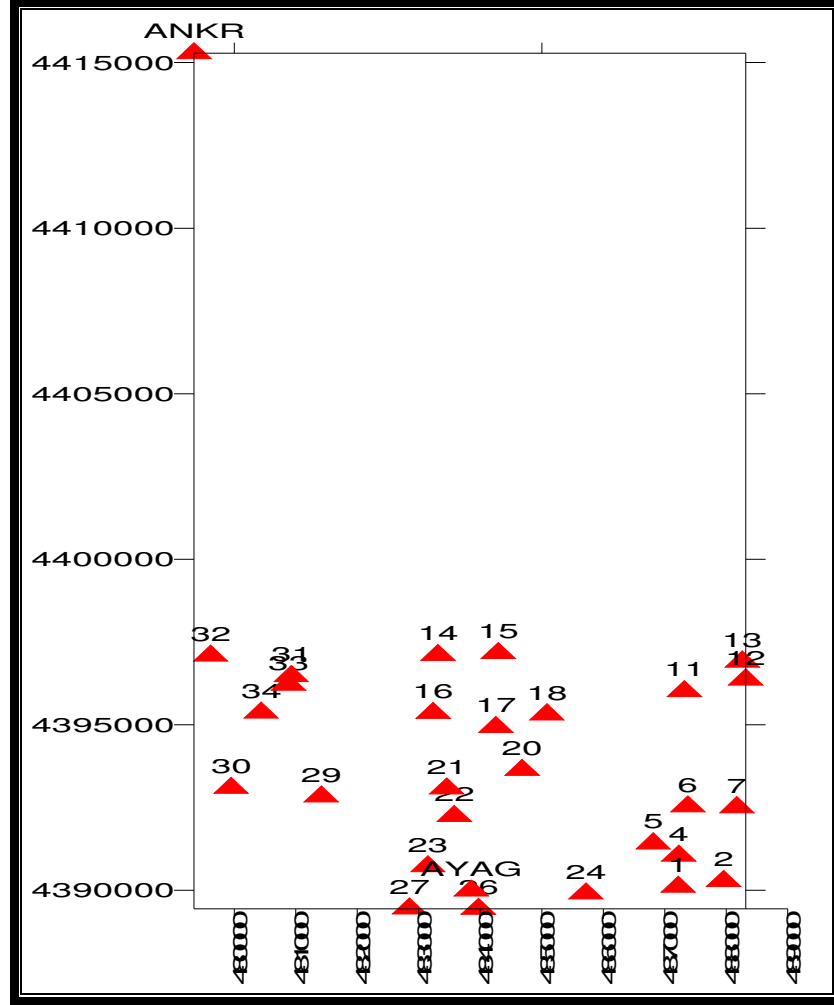
Şekil 4.21: 35 Test Noktası ve YKN'nın Ikonos Uydu Görüntüsündeki Dağılımı

Nokta seçiminden sonra HGK Jeodezi Dairesi Başkanlığı'na bir iş planı yapılmıştır. Bu iş planı gereğince, üç ölçü ekibi 25 – 26 Mart 2003 tarihlerinde 2 gün boyunca araziye çıkarak seçilen noktalar üzerinde GPS ölçüsü yapmıştır.

Arazi çalışmalarında 4 subay, 2 astsubay ve 6 er / erbaş olmak üzere toplam 12 personel görevlendirilmiştir. Ancak, görüntülerin Mayıs ve Ağustos 2002 tarihlerinde alınmış olmaları nedeniyle, Mart 2003 tarihinde gerçekleştirilebilen arazi çalışmaları ile görüntüler arasında büyük bir zaman farkı oluşmuştur. Bu nedenle görüntü üzerinde seçilen ve keskin detay olarak tanımlanabilecek bazı test noktaları, GPS ölçüsü için araziye çıkıldığında çok net bir şekilde tespit edilememiştir. Bu duruma hava ve yol şartlarının kötülüğü de eklenince, 35 test noktasının ancak 27 tanesine ulaşılarak GPS ölçüsü yapılabilmiştir. Söz konusu 27 test noktası içinde; önceden seçilmeyen ancak, ulaşılamayan noktalar yerine arazide seçilerek ölçü yapılan noktalar da vardır.

Arazi çalışmalarında seçilen test noktalarının WGS-84 datumundaki yatay koordinatları ile Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA - 99)'na dayalı ortometrik yüksekliklerinin belirlenmesi için; bir adet TUTGA noktası (AYAG) ile birlikte Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı (TUSAGA)'nın Ankara Sabit GPS İstasyonu (ANKR) referans noktası olarak kullanılmış, bu noktaların protokolleri ve koordinatları HGK Jeodezi Dairesi Başkanlığından alınmıştır. Test noktalarının koordinatları ve ortometrik yükseklikleri, ITRF - 96 koordinat sisteminde ANKR ve AYAG noktalarına dayalı olarak (25.03.2003, T = 2003.2302) hesaplanmıştır.

Ölçüler sırasında, tüm gün boyunca ölçü yapan Ankara (ANKR) noktası esas alınmıştır. AYAG (TUTGA) noktasında ise diğer noktaların gözlem süresince GPS ölçüsü yapılmıştır. İlk gün 16 adet test noktasında 10 dakikalık iki oturum GPS ölçüsü, ikinci gün 11 test noktasında 15 dakikalık bir oturum GPS ölçüsü yapılmıştır. Gözlemler süresince 15° lik yükseklik açısıyla ve 5 sn gözlem aralığında veri toplanmış, minimum uydu sayısı olarak ise 1 değeri alınmıştır (Şekil 4.22).



Şekil 4.22: Değerlendirilen Test / Referans Noktaları Durum Krokisi (Gürdal, 2003)

Projede iki adet “Trimble 4700” ve bir adet “Trimble 4000 SSE” GPS alıcısı kullanılmış olup alıcılara ait antenler “Microcentered L1 / L2 WGP”, “Choke Ring” ve “Compact L1 / L2 WGP” tipindedir.

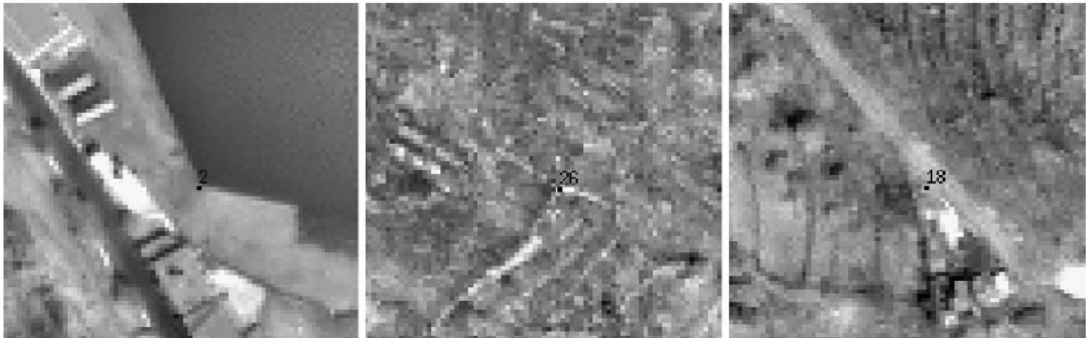
GPS ölçüleri, yayın (broadcast) efemeris bilgileri kullanılarak Trimble Geomatics Office (TGO) V1.01 yazılımı ile değerlendirilmiştir. GPS ölçülerinin

değerlendirmesi kapsamında ilk aşamada, ANKR noktası sabit alınarak minimum zorlamalı dengeleme yapılmıştır. Dengeleme sonunda uyuşumsuz ölçü testleri yapılmıştır fakat uyuşumsuz ölçülere rastlanılmamıştır. İkinci aşamada, ANKR ve AYAG noktalarının koordinatları sabit alınarak ITRF - 96 datumuna dayalı dengeleme yapılmış ve yeni noktaların $T = 2003.2302$ epochundaki ITRF - 96 koordinatları % 95 güvenle hesaplanmıştır.

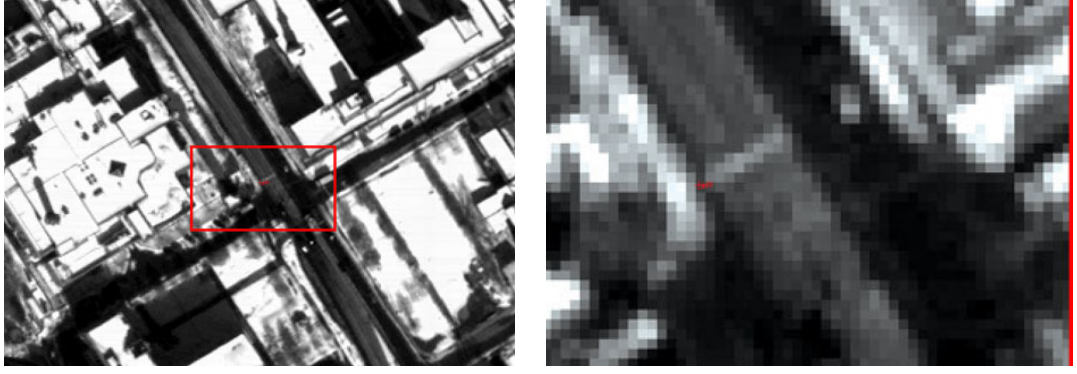
Test noktaların ortometrik yüksekliklerinin hesaplanması için, “Güncellenmiş Türkiye Jeoidi - 1999” modelinden yararlanılmıştır. Ortometrik yükseklikleri belirlenecek test noktalarında yapılan GPS ölçüleriyle, hesaplanan WGS-84 datumundaki koordinatlara (ϕ, λ, h) dayalı olarak jeoid yüksekliklerinin (N) tahmini yapılmış ve $N = h - H$ eşitliğinden yararlanarak noktaların Helmert ortometrik yükseklikleri (H) hesaplanmıştır (Gürdal, 2003).

4.8. Koordinat Okumalarının Yapılması

GPS ölçümü ve jeodezik hesaplamalar tamamlandıktan sonra arazide ölçülen 27 test noktasına ait koordinatlar ilk olarak üretilen ortofoto / mozaik görüntüler üzerinde okunmuştur. Bu okumalarda, her bir noktaya ilişkin koordinat bütün görüntüler üzerinde okunduktan sonra diğer noktanın ölçümüne geçilmiştir. Böylece her görüntüde söz konusu noktanın aynı şekilde okunmasına özen gösterilmiştir. Bu okumalarda görüntü üzerinde seçilen noktalarla arazide GPS ölçüsü yapılan noktaların eşleştirilmesinde zorluklar yaşandığı için, benzer çalışmalarda olduğu gibi (Helder ve diğ., 2003) her bir görüntü üzerinde mümkün olduğunca aynı detayı temsil eden ve aynı parlaklık değerine sahip olan pikseller tespit edilmeye çalışılmıştır (Şekil 4.23 ve Şekil 4.24).

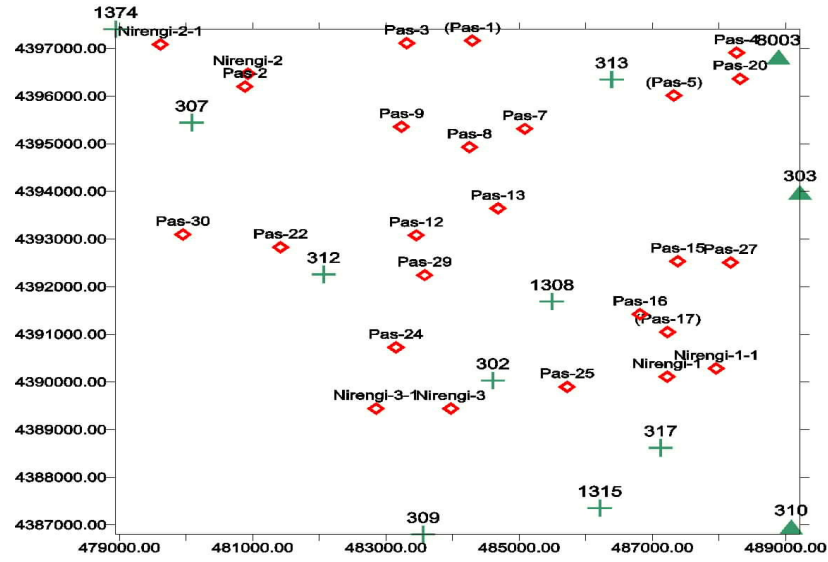


Şekil 4.23: Kullanılan Test Noktalarının Görüntülerde Tespiti; Soldaki İyi, Ortadaki Orta ve Sağdaki de Kötü Kaliteye Sahiptir (Vassilopoulou ve diğ., 2002)



Şekil 4.24: Quickbird Uydu Görüntülerinde Seçilen YKN (Toutin ve Chenier, 2004)

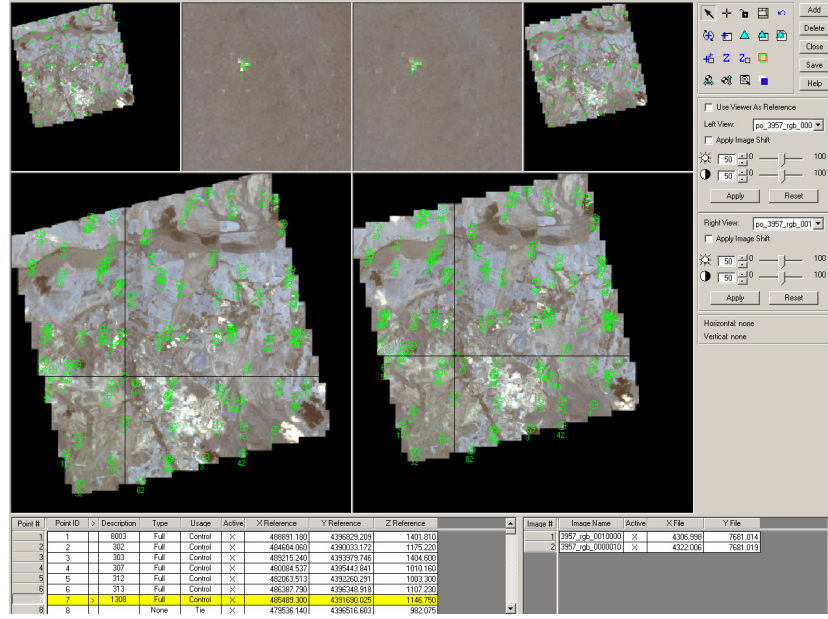
Bu prensiplere uygun olarak mümkün olan en doğru okumalar yapılmaya gayret edilmiştir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25: Quickbird Uydu Görüntüsündeki 27 Test ve 9 YKN'nın (+) Dağılımı

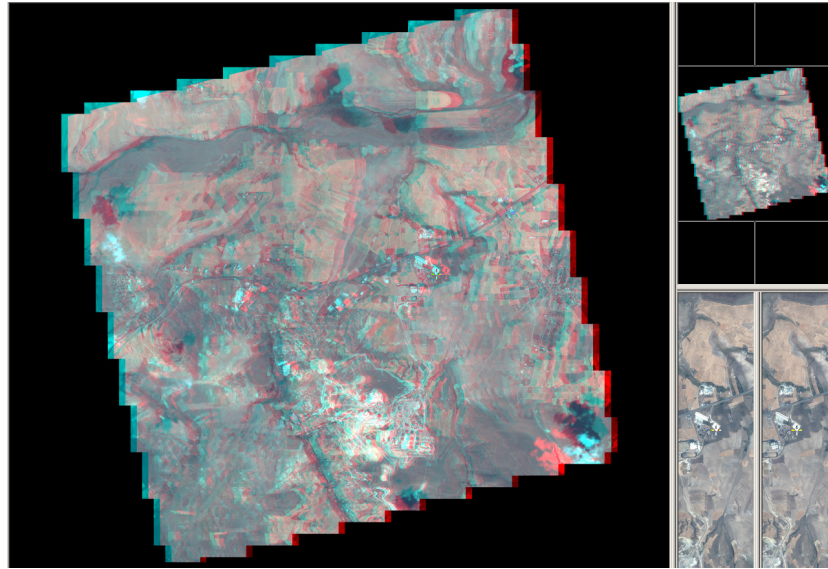
İkinci adımda ise Ikonos uydu görüntüsü çiftinden Erdas Imagine 8.6 yazılımının Stereo Analyst modülü kullanılarak stereo model oluşumu gerçekleştirilmiş ve aynı test noktaları bu görüntü üzerinde de okunmuştur. Dengeleme aşamasında, iki görüntüde de ortak olan ve Ikonos ortofoto üretimlerinde de kullanılan 7 adet YKN kullanılmıştır. Dengeleme sonucunda elde edilen KOH'lar x, y ve z yönünde sırasıyla 0.1010, 0.0378 ve 0.1090 pikseldir.

Stereo model oluşturulurken iç yönlmede uydu verisi olan RPC dosyaları kullanılmıştır. Ayrıca 91 adet bağlama noktası otomatik olarak toplanmış, kontrol edilmiş ve hatalı olanlar düzeltilmiştir (Şekil 4.26) (İşcan, 2004).



Şekil 4.26: Bağlama Noktalarının Dağılımı

Daha sonra test noktalarına yanaşılarak 3 boyutlu (3B) koordinatlar okunmuştur (Şekil 4.27).



Şekil 4.27: Stereo Uydu Görüntü Çiftinin Anaglif Görüntüsü (Stereo Modeli)

4.9 Koordinat Okumalarının Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada ilk olarak, ortofoto görüntüler üzerinde okunan test noktası koordinatlarının arazide yapılan GPS ölçülerinden farkları alınmıştır (EK-A, EK-B, EK-C ve EK-D). Bu farklar sonucunda, KOH'yı ifade eden (Deakin ve Kildea, 1999);

$$\sigma_x^2 = \sum (X_{ölçü} - X_{gps})^2 / n \text{ ve } \sigma_y^2 = \sum (Y_{ölçü} - Y_{gps})^2 / n \quad (4.1)$$

değerlerinin 3 katından büyük farklara sahip ölçüler kaba hata olarak değerlendirilmiştir. Bu şekilde kaba hata tespiti yapıldığında bütün gözlemlerin 3 σ aralığında olma ihtimali % 99.73'dür. Yani herhangi bir gözlem bu aralığın dışında kalıyorsa % 99.73 ihtimalle kaba hatadır.

Diğer taraftan, bütün gözlemlerin 1 σ aralığında olma ihtimali % 68.268 iken 2 σ aralığında olma ihtimali de % 95.45'dir. Yürütülen bir çok uygulamada gözlemlerin 2 σ aralığında olma ihtimali de yaygın olarak kullanılan bir kabul olduğu için, ortofoto görüntüler üzerinde bu ihtimal de araştırılmıştır (EK-E, F, G ve H).

Kaba hata olarak değerlendirilen ölçümler yeniden yapılmış ancak buna rağmen düzelmeyen noktalar okumalardan çıkarılmıştır. Bu nedenle her bir ortofoto görüntü üzerinde okunan ve değerlendirmeye alınan test noktası sayısı farklıdır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.5 - 4.8'de sunulmuştur.

Tablo 4.5: GPS Ölçülerinden Elde Edilen Farklar (3 σ)

COĞ. VERİ	YKN (Adet)	SYM	TEST NOKTA SI (Adet)	MUTLAK ORTALAMA HATA (m)			KOH (m)		
			n	x	y	yatay	x	y	yatay
Hava Foto	11	HF-SYM	23	0.76	0.72	1.05	0.94	0.95	1.33
Hava Foto	11	YÜKPAF	22	0.95	0.75	1.21	1.20	0.98	1.55
Ikonos	4	HF-SYM	25	1.93	1.25	2.30	2.25	1.54	2.73
Ikonos	4	Ikonos-SYM	25	1.93	1.17	2.25	2.25	1.43	2.67
Ikonos	5	HF-SYM	25	1.82	1.13	2.14	2.16	1.49	2.62
Ikonos	7	HF-SYM	26	0.99	1.15	1.51	1.28	1.55	2.01
Ikonos	7	Ikonos-SYM	26	1.00	1.11	1.49	1.28	1.54	2.00
Ikonos	7	YÜKPAF	26	1.01	1.60	1.89	1.37	2.19	2.58
Ikonos	Yön.Par.	Ikonos-SYM	27	11.84	11.72	16.66	11.97	11.84	16.84
Ikonos	Yön.Par.	YÜKPAF	27	11.38	10.50	15.49	11.58	10.66	15.74
Quickbird	4	HF-SYM	25	0.80	0.68	1.05	1.05	0.85	1.35
Quickbird	5	HF-SYM	25	0.78	0.65	1.01	1.04	0.84	1.33
Quickbird	9	HF-SYM	26	1.05	0.68	1.25	1.29	1.01	1.63
Quickbird	9	YÜKPAF	26	1.15	0.75	1.37	1.56	1.02	1.86
Quickbird	Yön.Par.	YÜKPAF	27	38.94	14.85	41.67	38.97	14.89	41.72

Tablo 4.6: GPS Ölçülerinden Elde Edilen Farklar (2 σ)

COĞ. VERİ	YKN (Adet)	SYM	TEST NOKTASI (Adet)	MUTLAK ORTALAMA HATA (m)			KOH (m)		
			n	x	y	yatay	x	y	yatay
Hava Foto	11	HF-SYM	15	0.51	0.41	0.66	0.60	0.54	0.80
Hava Foto	11	YÜKPAF	18	0.81	0.53	0.96	0.95	0.67	1.16
Ikonos	4	HF-SYM	22	1.66	0.98	1.93	1.94	1.13	2.24
Ikonos	4	Ikonos-SYM	24	1.78	1.06	2.07	2.06	1.26	2.42
Ikonos	5	HF-SYM	23	1.63	0.96	1.89	1.95	1.11	2.24
Ikonos	7	HF-SYM	15	0.51	0.57	0.77	0.61	0.68	0.91
Ikonos	7	Ikonos-SYM	14	0.48	0.45	0.66	0.59	0.53	0.79
Ikonos	7	YÜKPAF	16	0.48	0.86	0.99	0.57	1.02	1.17
Ikonos	Yön.Par	Ikonos-SYM	27	11.84	11.72	16.66	11.97	11.84	16.84
Ikonos	Yön.Par	YÜKPAF	27	11.38	10.50	15.49	11.58	10.66	15.74
Quickbird	4	HF-SYM	19	0.48	0.61	0.78	0.62	0.75	0.97
Quickbird	5	HF-SYM	16	0.48	0.44	0.66	0.59	0.54	0.80
Quickbird	9	HF-SYM	20	0.79	0.37	0.88	0.92	0.46	1.03
Quickbird	9	YÜKPAF	19	0.78	0.44	0.89	0.92	0.54	1.06
Quickbird	Yön.Par	YÜKPAF	27	38.94	14.85	41.67	38.97	14.89	41.72

Tablo 4.7: Ikonos Stereo Model Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (3 σ)

YKN (Adet)	Bağlama Noktası Sayısı (Adet)	TEST NOKTASI (Adet)	MUTLAK ORTALAMA HATA (m)				KOH (m)			
		n	x	y	yatay	düşey	x	y	yatay	düşey
7	91	24	0.60	0.72	0.94	0.80	0.77	0.89	1.17	0.94

Tablo 4.8: Ikonos Stereo Model Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (2 σ)

YKN (Adet)	Bağlama Noktası Sayısı (Adet)	TEST NOKTASI (Adet)	MUTLAK ORTALAMA HATA (m)				KOH (m)			
		n	x	y	yatay	düşey	x	y	yatay	düşey
7	91	15	0.38	0.43	0.57	0.82	0.48	0.52	0.70	0.97

4.10 Kaba Hatalı Noktalar ve Hata Vektörleri

4.10.1 Kaba hatalı noktalar

Hatırlanacağı üzere, uydu görüntülerinden ortofoto görüntü oluşturma adımında ilk olarak tüm YKN kullanılarak üretimler gerçekleştirilmişti. Daha sonra, en uygun geometrik dağılımı sağlayan ve blok köşelerinde yer alan daha az sayıda YKN

1374

Nirengi-2-1

307

Pas-30

Pas-22

312

Nirengi-3-1

309

302

1308

317

310

303

Pas-10

Pas-1

Pas-3

Pas-2

Pas-9

Pas-8

Pas-7

Pas-13

Pas-12

Pas-29

Pas-24

Pas-15

Pas-27

Pas-16

Pas-17

Nirengi-1

Nirengi-1-1

1315

1. Hava Foto + YÜKPAF

1. Hava Foto + HF-SYM

1. Hava Fotoğrafi + HF-SYM

2. Hava Fotoğrafi + YÜKPAF

1. Hava Fotoğrafi + HF-SYM

2. Hava Fotoğrafi + YÜKPAF

1. Ikonos Uydusu + 7 YKN + HF-SYM

2. Ikonos Uydusu + 7 YKN + YÜKPAF

3. Ikonos Uydusu + 7 YKN + Ikonos-SYM

4. Quickbird Uydusu + 9 YKN + HF-SYM

5. Quickbird Uydusu + 9 YKN + YÜKPAF

6. Ikonos Stereo Modeli

71

Bunlardan Şekil 4.28’de, uydu görüntülerinde yer alan tüm YKN kullanıldığı ve Ikonos uydu görüntülerinden stereo modelin üretildiği durumlarda elde edilen kaba hatalı noktalar sunulmuştur.

Şekilde Ikonos görüntüsünde kullanılan YKN ağının dış kenar çizgisi yeşil renkle, Quickbird görüntüsünde kullanılan YKN ağının dış kenar çizgisi ise kırmızı renkle gösterilmiştir. Hava fotoğraflarında, 1374 nolu nokta dışındaki tüm YKN kullanılmıştır.

Şekil 4.28’de görülen kaba hatalı noktaların YKN ağlarındaki konumları dikkate alındığında;

- ◆ Ikonos görüntülerinde okunan kaba hatalı noktaların (Nirengi 3-1 ve Pas 22) Ikonos YKN ağının dışında olduğu,

- ◆ Quickbird görüntülerinde okunan kaba hatalı noktanın (Nirengi 3-1) Quickbird YKN ağının kenarına yakın bir konumda olduğu ve

- ◆ Hava fotoğrafı görüntülerinden üretilen mozaik görüntülerde okunan kaba hatalı noktaların ise hava fotoğrafı YKN ağının hemen kenarında (Pas 20, Pas 22 ve Pas 4) ve içinde (Pas 12) yer aldığı görülmektedir.

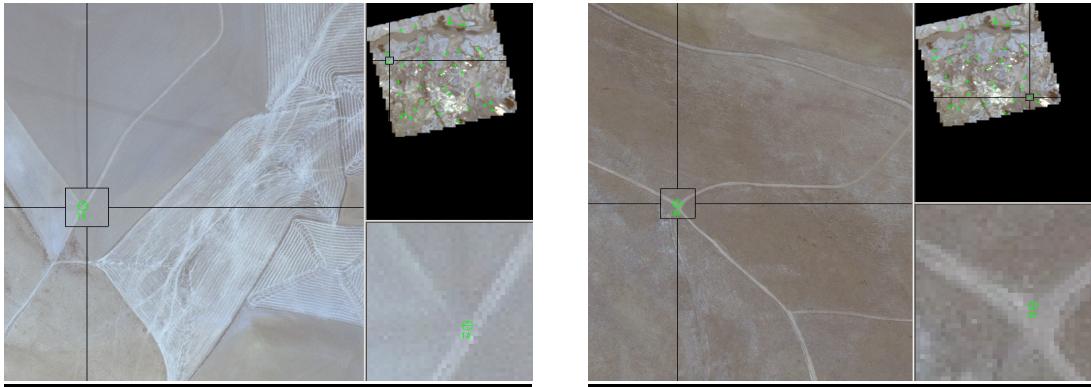
Şekil 4.29’da ise, en uygun geometrik dağılımı sağlayan ve blok köşelerinde yer alan daha az sayıda YKN’nın kullanıldığı ortofoto görüntülerde elde edilen kaba hatalı noktalar sunulmuştur. Burada da, Ikonos görüntüsünde kaba hatalı nokta bulunmadığı için sadece Quickbird görüntüsünde kullanılan YKN ağı gösterilmiştir. Ayrıca, Quickbird uydusu çalışmasında kullanılan 5 adet YKN’dan 302 nolu YKN 4 adet YKN’lı dengelemede kullanılmamıştır.

Şekil 4.29’da, 4 / 5 YKN ve HF-SYM kullanılarak üretilen Quickbird ortofoto görüntülerinde okunan iki hatalı noktadan Pas 20 adlı noktanın Quickbird YKN ağının dışında, Nirengi 3-1 adlı noktanın ise ağı kenarına yakın bir konumda olduğu görülmektedir.

Bu değerlendirmeler, beklendiği gibi özellikle nirengi ağının kenar bölgelerinde ve dışında hata oranının yükseldiğini ve bunun kaba hatalara neden olduğunu göstermektedir. YKN’nın oluşturduğu ağı içerisinde kaba hatalı olarak okunan

nokta yok denecek kadar azdır. Toplam 18 defa kaba hatalı nokta okuması yapılmıştır. 18 okumadan sadece 2 tanesi (Hava Fotoğrafı okumalarında Pas-12 nolu nokta) ağın içinde yer almıştır. Bu da oran olarak % 11.1'e karşılık gelmektedir. Söz konusu kaba hataların oluşumunda, YKN'nın konumunun çok iyi bir geometrik dağılıma sahip olmamasının da payı olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Aynı zamanda dikkat çekici bir başka nokta da, hataların belirli noktalar üzerinde yoğunlaşmasıdır.

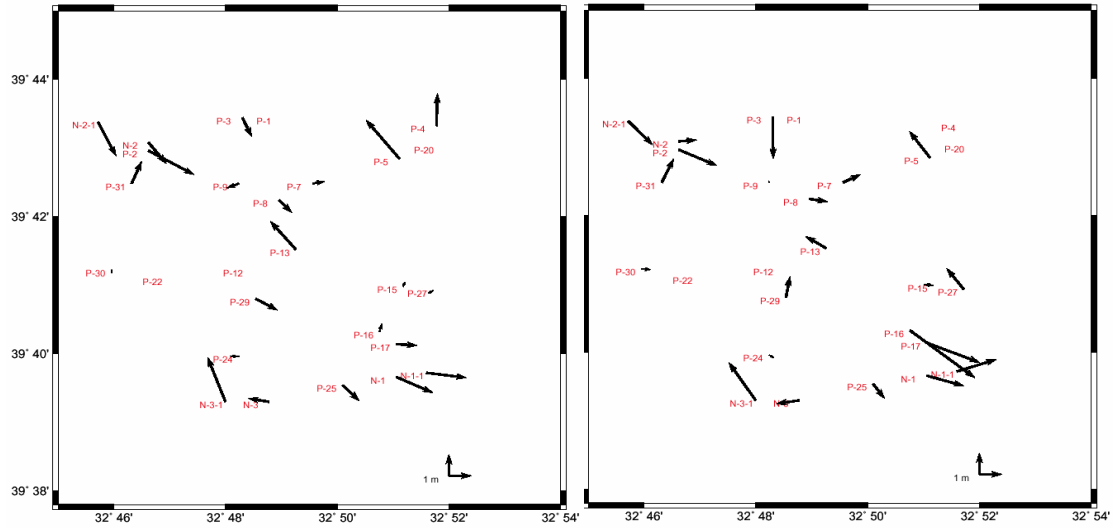
Kaba hatalı çıkan noktalar dikkate alındığında, Nirengi 3-1 noktasının 8, Pas 20 noktasının 4, Pas 22 noktasının 3, Pas 12 noktasının 2 ve Pas 4 noktasının ise 1 defa hatalı olarak okunduğu tespit edilmiştir. Bu noktalardan Nirengi 3-1 noktası ile Pas 20 noktasının defalarca hatalı nokta olarak tespit edilmesi, okumalar esnasında bu noktaların görüntülerde iyi tespit edilememiş olma ihtimalini arttırmaktadır. Bu nedenle noktaların görünüş biçimleri Şekil 4.30'da sunulmuştur. Şekillerde solda yer alan görüntü noktanın yaklaşık konumunu, sağ altta yer alan görüntü ise noktanın hassas konumunu göstermektedir. Yol kesişimlerinde yer alan bu noktaların görüntülerde çok net bir biçimde tespit edilememiş olabileceği düşünülmektedir.



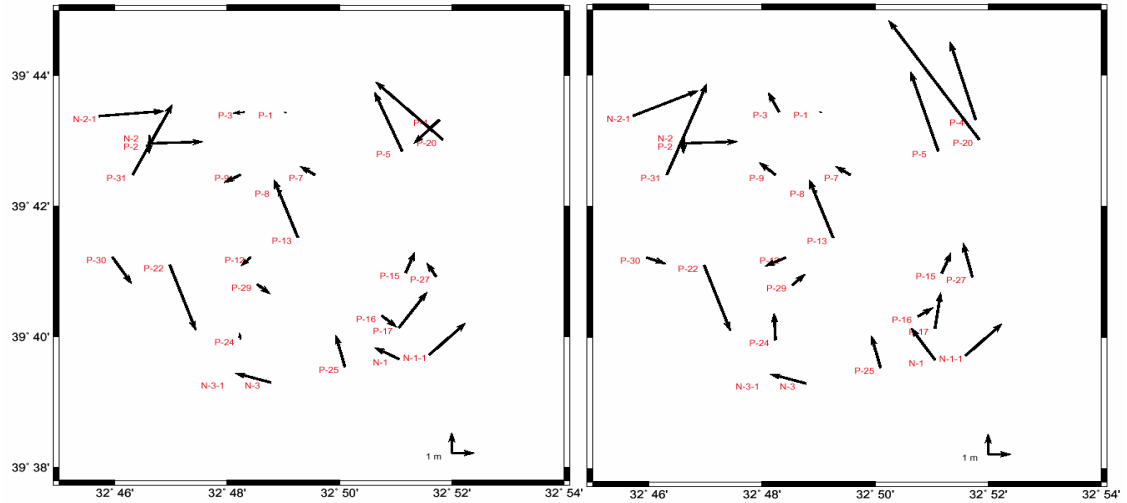
Şekil 4.30: Nirengi 3-1 ve Pas 20 Adlı Noktaların Görünümü

4.10.2 Hata vektörleri

Koordinat okumaları ve kaba hataların tespitinden sonra elde edilen tüm hataların özelliklerini ortaya koymak amacıyla da bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada elde edilen hata vektörleri; konumlarına, büyüklüklerine ve yönlerine göre grafiksel olarak gösterilmişlerdir. Elde edilen vektörler, YKN kullanılan ortofoto görüntülerde hataların sistematik bir dağılıma sahip olmadığını ve her yönde gerçekleştiğini göstermiştir. Bununla birlikte, büyük hataların özellikle görüntülerin kenar bölgelerinde olduğu da tespit edilmiştir (Şekil 4.31 ve Şekil 4.32).



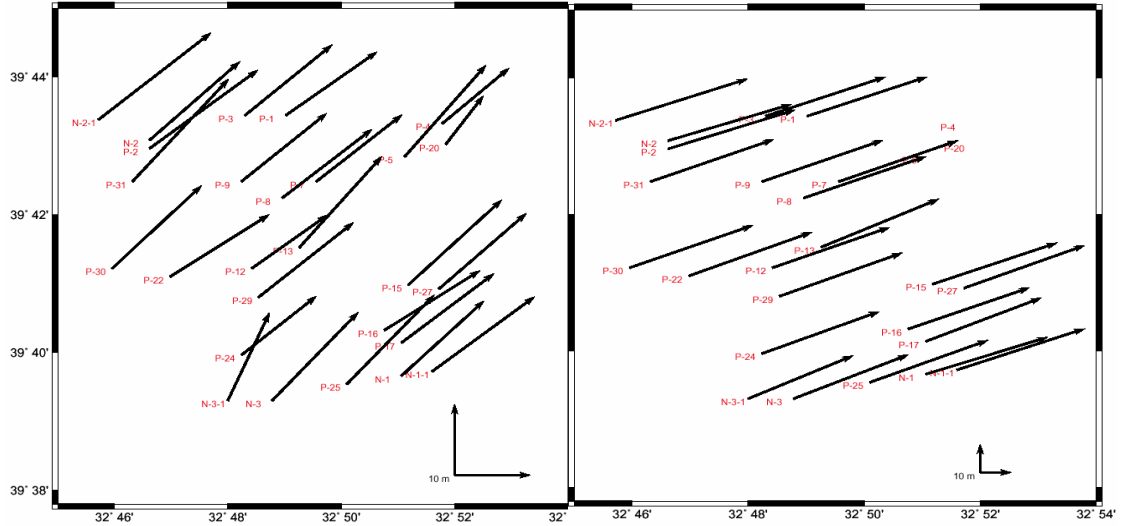
Şekil 4.31: HF-SYM (soldaki) ve YÜKPAF (sağdaki) Kullanılarak Üretilen Hava Fotoğrafları Görüntüleri Koordinatlarının Hataları



Şekil 4.32: 7 YKN ile HF-SYM (soldaki) ve YÜKPAF (sağdaki) Kullanılarak Üretilen IKONOS Uydu Görüntüleri Koordinatlarının Hataları

Diğer taraftan Ikonos ve Quickbird uydularına ait yöneltme parametreleri kullanılan çalışmalarda elde edilen hata vektörleri ise sistematik bir hata dağılımı göstermişlerdir. Bu çalışmalarda elde edilen hata vektörlerinin tamamı benzer çalışmalarda olduğu gibi (Yamakawa ve Fraser, 2004) ilerleme istikametine dik yönde ve yaklaşık doğu - kuzeydoğu yönündedir.

Hataların bu yönde sistematik olarak gerçekleşmesinin sebebi ise uydu yörünge açılarıdır. Daha önceden de ifade edildiği gibi, Ikonos uydusu 98.1, Quickbird uydusu ise 98 derece eğimli bir yörüngede hareket etmektedir (Şekil 4.33).



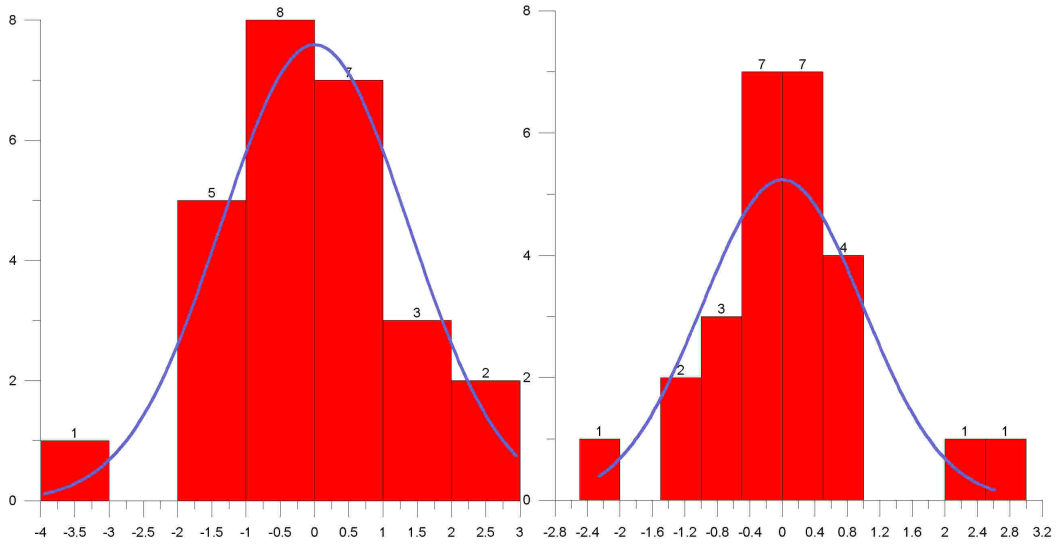
Şekil 4.33: Kendi Yöneltilme Parametreleri İle YÜKPAF Kullanılarak Üretilen İkonos (Soldaki) ve Quickbird (Sağdaki) Uydu Görüntüleri Koordinatlarının Hataları

Elde edilen hataların yüksek olmasının sebebi olarak; İkonos uydusunun stereo alım yapabilmek için ilerleme istikametinde eğik alım yapması ve Quickbird uydu görüntüleri için verilen yörünge modelinin yeterince iyi olmaması ifade edilebilir. Ancak İkonos uydusu ile eğik alım yapılmaması durumunda hataların daha da düşük çıkacağı düşünülmektedir.

Ayrıca konumlama doğruluğunu ifade eden söz konusu hatalar genellikle; uydu ilerleme istikametine dik yönde (cross-track direction) $\frac{1}{4}$ pikselin altında, ilerleme istikameti yönünde (along-track direction) ve yükseklikte ise $\frac{1}{2}$ piksele çok yakın bir doğrulukta gerçekleşmektedir (Hanley ve Fraser, 2004).

Elde edilen hataların yön ve büyüklüklerini gösteren bu vektörler, hataların özellikleri konusunda bazı değerlendirmeler yapma imkanını sağlamaktadır. Ancak özellikle ölçümler konusunda daha detaylı ve doğru karar verebilmek için söz konusu hata değerleri merkezleştirilmiştir (her bir hata değerinden ortalama hata değeri çıkarılmıştır). Daha sonra, bu şekilde elde edilen yeni ortalama değeri (0-sıfır) çevresinde kümelenen sayıların normal dağılıma uygunluğu kontrol edilmiştir.

Her ne kadar mevcut ölçü sayıları bu kontroller için çok yeterli olmasa da; yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen grafikler, gerçekleştirilen ölçümlerin genel itibarı ile normal dağılıma uyduğunu ve ölçümler esnasında sistematik hatalar yapılmadığını göstermiştir (Şekil 4.34).



Şekil 4.34: 7 YKN ve YÜKPAF Kullanılan Ikonos Görüntüsü Ölçümlerinde Sağa Değer–Ortalama Değer Grafiği (Solda) ile 9 YKN ve YÜKPAF Kullanılan Quickbird Görüntüsü Ölçümlerinde Yukarı Değer – Ortalama Değer Grafiği (Sağda)

4.11 Geometrik Doğruluk Araştırmasından Elde Edilen Sonuçlar

Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliğinde (1995) yer alan 255. maddeye göre “detay noktaları haritada en az 0.2 mm konum doğruluğunu sağlayacak nitelikte olmak üzere paftaya konur”. Aynı yönetmeliğin 217. maddesine göre de “Çizim bilgisayar destekli çizim sistemleriyle yapıldığında, bunların ayırma gücü 0.01 mm, çizim veya noktalama doğruluğu ± 0.10 mm’den daha büyük olmamalıdır”. Nitekim 0.2 mm’lik konum doğruluğu, değerlendirme çalışmalarının gerçekleştirildiği 1 / 5.000 ölçeğinde 1 m’ye karşılık gelmektedir. Bu nedenle geometrik doğruluk araştırmasından elde edilen sonuçlar yorumlanırken hep bu değer dikkate alınacaktır.

Daha önceden de ifade edildiği gibi, geometrik doğruluk çalışmasında bütün gözlemlerin hem 3 σ hem de 2 σ aralığında olma ihtimali araştırılmıştır. Burada her iki duruma ilişkin sonuçlar da maddeler halinde aşağıda yorumlanmıştır:

◆ HF-SYM ile birlikte 11 YKN kullanılan 1 / 16.000 ölçekli hava fotoğraflarından 3 σ aralığında elde edilen sonuçların, istenen doğruluğu (1 m) mutlak ortalama hatada yaklaşık olarak sağladığı (1.05 m), ancak KOH’da sağlayamadığı (1.34 m) görülmüştür. Bu durumun bir nedeni olarak 3 σ değerine yakın ve KOH’yı arttırıcı yönde etki eden hataların mevcudiyeti gösterilebilir.

◆ Diğer taraftan uydu görüntülerinden elde edilen sonuçların çoğu hem mutlak ortalama hatada hem de KOH'da istenen doğruluğu sağlayamamıştır.

◆ Bununla birlikte, daha fazla nirengi okunmasının da katkısı ile, Quickbird uydu görüntülerinde 9 YKN kullanılarak elde edilen sonuçlar, Ikonos uydu görüntülerinde 7 YKN kullanılarak elde edilen sonuçlardan daha iyi performans sergilemişlerdir.

◆ Ayrıca sadece 4 / 5 YKN kullanılan Quickbird uydu görüntülerinden elde edilen sonuçlar hava fotoğrafları ile neredeyse eşittir. Benzer çalışmalarda da kaliteli 4 / 5 YKN'nın kullanılması ile yeterli doğruluklara ulaşılabilceği ifade edilmiştir (Baltasvias ve diğ., 2006; Fraser ve diğ., 2006; Reinartz ve diğ., 2006; Michalis ve Dowman, 2006). Ayrıca, 10 – 15 adet YKN kullanımı sonrasında nokta sayısının artmasının doğruluğa anlamlı bir katkı sağlamadığı da unutulmamalıdır (Li ve diğ., 2000; Volpe, 2003; Toutin, 2003b).

◆ YKN sayısının azalması ile doğrulukların Ikonos görüntülerinde kötüleştiği, Quickbird uydu görüntülerinde ise iyileştiği görülmüştür. Bunun sebebi YKN kalitesidir. Çünkü 4 / 5 YKN kullanılan Ikonos uydu görüntülerinde iki adet test noktası YKN olarak kullanılmıştır. Diğer taraftan 9 YKN kullanılan Quickbird uydu görüntülerinde en büyük hatayı veren iki YKN, 4 / 5 YKN kullanılan Quickbird uydu görüntülerinde kullanılmamıştır. Bu durum da bize geometrik doğruluk için YKN sayısı kadar YKN kalitesinin de önemli olduğunu bir kez daha kanıtlamaktadır.

◆ Stereo Ikonos görüntülerinden elde edilen değerler ise tüm okumalar içerisinde en iyi sonuçlara sahiptirler. Aslında bu beklenen bir sonuçtur çünkü stereo görüntüler üzerindeki okumalarda noktaya yanaşma doğruluğu daha yüksektir ve bu okumalar SYM kullanımının getirdiği hataları içermemektedirler.

◆ Quickbird uydu görüntülerinden elde edilen hatalar genellikle x yönünde daha büyük değerlere sahiptirler. Ikonos uydu görüntülerinde ise 7 YKN kullanıldığında y yönünde, 4 / 5 YKN kullanıldığında ise genellikle x yönünde hatalar daha büyük çıkmıştır.

◆ Uyduların kendi yöneltme parametreleri kullanıldığında ise Quickbird uydusuna nazaran Ikonos uydu görüntülerinde çok daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ancak bu sonuçların 2002 yılına ait uydu yörünge bilgilerini içeren veriler ile

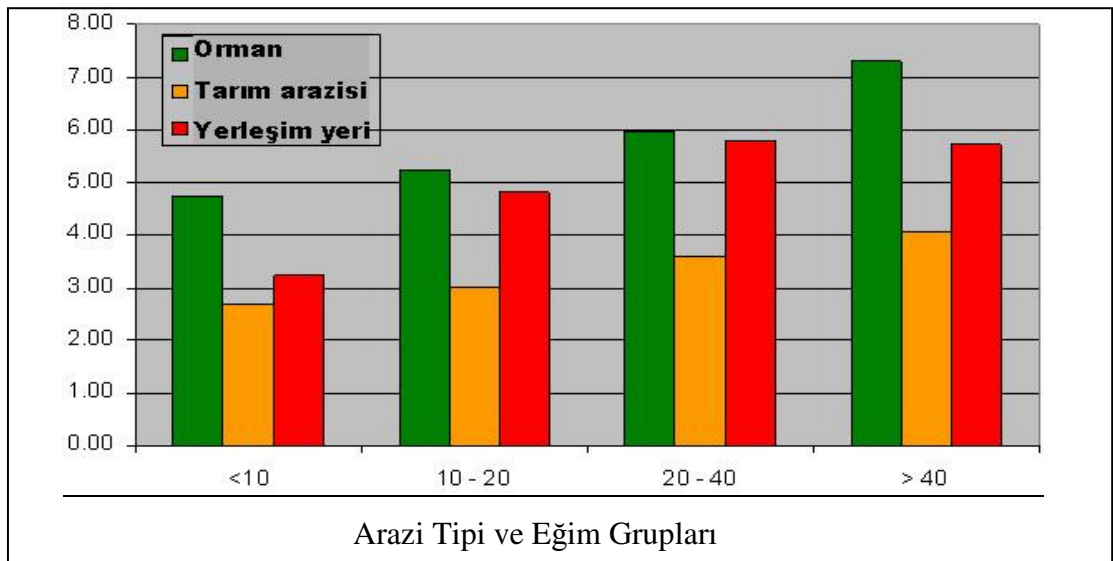
sağlandığı unutulmamalıdır. Çünkü bu veriler sürekli olarak iyileştirilmekte olup günümüzde yapılan benzer çalışmalarda daha iyi sonuçlara ulaşılmaktadır (Önder, 2006; Erbay, 2006; Fraser ve diğ., 2006)

◆ Uyduların kendi yöneltme parametreleri kullanıldığında, görüntü alım özellikleri nedeniyle her iki uydu görüntüsünde de yaklaşık doğu - kuzey doğu yönünde sistematik hatalar gözlenmiştir. YKN kullanılan çalışmalarda ise hatalar her yönde gerçekleşmiştir.

◆ 2σ aralığında ise, hem hava fotoğrafları hem de Quickbird uydu görüntülerinden elde edilen sonuçların birçoğu istenen doğruluğu karşılamaktadırlar. Ikonos uydu görüntülerinde ise sadece 7 YKN kullanılan durumlarda istenen doğruluğa erişilmiştir. Burada yine hava fotoğrafları sonuçları ile 5 YKN kullanılan Quickbird uydu görüntüsü sonuçlarının benzerliği dikkat çekicidir.

◆ Ikonos-SYM kullanılan görüntülerin, hava fotoğraflarından elde edilen HF-SYM kullanılan görüntüler kadar iyi sonuçlar verdiği ve bu nedenle Ikonos-SYM'nin HF-SYM yerine kullanılabileceği söylenebilir.

◆ Son olarak, nispeten daha büyük olan hata değerlerinin genellikle düz ve alçak alanlardan ziyade, arazi yükseklik farkının arttığı engebeli alanlarda bir araya toplandığı gözlenmiştir. Benzer çalışmalarda da eğim oranının artması ile hataların yükseldiği gözlenmiştir (Şekil 4.35) (Bouillon ve diğ., 2006).



Şekil 4.35: Eğim ve Arazi Tipine Göre KOH'nın Değişimi (m) (Kay ve diğ., 2004)

Tüm sonuçlar içerisinde 2 σ aralığında elde edilen değerler daha iyi olarak görünse de; hem daha fazla nokta kullanılması (2 σ aralığında yer alan nokta sayısı bazı görüntülerde 20'nin altına düşmüştür!) hem de daha fazla güvenilirliğe sahip olması nedeniyle 3 σ aralığında elde edilen sonuçlara daha fazla önem verilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Bu nedenle kullanılan standart harita ölçekleri dikkate alındığında, her iki uydu görüntüleri ile 1 / 10.000 ölçeğinde harita üretiminin yapılabileceği söylenebilir. Ayrıca Quickbird uydu görüntüleri ile standart dışı olacak şekilde ve 1 / 7.000 - 1 / 7.500 gibi daha büyük ölçeklerde (4 / 5 ve 9 YKN ile yatay yönde KOH = 1.33 m ve 1.63 m) harita üretiminin de mümkün olabileceği değerlendirilmiştir.

Bunlarla birlikte; Ikonos uydusu stereo görüntülerinde yapılan okumaların noktaya yanaşma doğruluğunun daha yüksek olması ve bu okumaların SYM kullanımının getirdiği hataları içermemesi nedeni ile stereo Ikonos uydu görüntüleri ile yaklaşık 1 / 6.000 ölçeğine kadar (yatay yönde KOH = 1.17 m) harita üretimi mümkündür.

Nitekim literatürde de, 1 / 6.000 – 1 / 7.000 ölçeğine kadar üretim gerçekleştirilebileceği yönünde yayınlar olmakla birlikte, uydu görüntülerinden harita üretiminin 1 / 10.000 ölçeğine kadar anlamlı ve uygun olduğu konusunda bir görüş birliği vardır (Holland and Marshall, 2004; Volpe, 2003). Hatta bazı iyimser çalışmalarda, bu görüntülerin bazı limitlerine rağmen 1 / 5.000 ölçekli klasik harita çalışmaları için kullanılabilecekleri dahi belirtilmiştir (Amato ve diğ., 2004; Alexandrov ve diğ., 2004; Kaczynski ve diğ., 2004).

Ancak netice itibarı ile tüm bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin henüz tam olarak büyük ölçekli (1 / 5.000) harita üretim çalışmaları için gereken doğruluğa ulaşamadıklarını göstermektedir.

5. DETAY DEĞERLENDİRME ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, haritacılık çalışmalarında her zaman “Geometrik Doğruluk” ile birlikte değerlendirilmesi gereken “Detay Değerlendirme” konusu ele alınacaktır. Bu iki konu temel olarak; piksel boyutu ile harita ölçeği arasındaki ilişkiye, kontrast bilgilerine (spektral aralık ve renk), atmosfere ve güneş yükseklik açısına, kağıt basım teknolojisine ve insan gözünün okuma mesafesindeki çözünürlüğüne bağlıdır (Topan ve diğ., 2004).

Detay tespiti ve teşhisi çalışmalarını kapsayan fotogrametrik değerlendirme işlemi, konusunda uzman ve deneyimli operatörler tarafından gerçekleştirilebildiğinden, genellikle harita üretimi ile ilgilenen kurumlar tarafından araştırılmaktadır. Nitekim literatürde harita üretimi konusuna yoğunlaşmış çok az projeye rastlanmıştır.

Bu projelerden ilki, Avrupa Deneysel Fotogrametri Araştırma Organizasyonu (OEEPE) önderliğinde ve bir çok Avrupa haritacılık kurumunun katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Bir diğeri ise; İngiltere Ulusal Harita Kurumunca (Great Britain’s National Mapping Agency/Ordnance Survey-OS) orta (1/25.000–1/50.000) ve büyük ölçekli (1 / 10.000 ve daha büyük) haritaların güncellenmesinde uydu görüntülerinin kullanılabilirlik potansiyelini araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Ancak bu uygulamaların ilkinde sadece Ikonos, ikincisinde ise sadece Quickbird uydu görüntüleri kullanılmıştır. Özellikle ikinci çalışmada, tüm detayların görülme ihtiyacı üç farklı seviyeye ayrılmıştır. En üst seviyede tespit edilmesi zorunlu olan detaylar, orta seviyede karakteristik özelliklerinin tespit edilmesi arzu edilen detaylar ve en alt seviyede ise ikinci derecede tespit edilmesi hedeflenen detaylar yer almaktadır. Bu çalışmalarda detaylar harita üretiminde olduğu gibi tek tek değerlendirilmemiş, yalnızca farklı ölçeklerdeki harita üretimlerine yönelik olarak görülüp görülemedikleri tespit edilmiştir. Bu tespitler; *evet* (yes) - tespit edilebilir, *hayır* (no) – tespit edilemez ve *belki* (maybe) – bazı durumlarda tespit edilebilir şeklinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca değerlendirilen detaylar; çeşme, kuru ve sulu

dere, patika, yaz araba yolu vb. gibi tek tek değil de, su kaynakları, yollar, enerji hatları vb. gibi belirli sınıflandırmalara tabi tutularak karşılaştırılmışlardır (Holland ve Marshall, 2004; Holland ve diğ., 2006).

Bu proje dışındaki çalışmalar ise genellikle volkanik bölgeler, su detayları, sahil haritacılığı, orman sınıflandırması vb. gibi özel detaylarla (Vassilopoulou ve diğ., 2002; Sawaya ve diğ., 2003; Wang ve diğ., 2004) veya otomatik yol/bina çıkarımı, kadastral haritacılık, değişim tespiti gibi konularla ilgilenmişlerdir (Fraser ve diğ., 2002; Baltsavias ve diğ., 2004; Alexandrov ve diğ., 2004; Kemper ve diğ., 2004).

Çalışmanın bu bölümünde temel olarak; uydu görüntülerinden detay tespit ve teşhis imkanlarının araştırılması ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden büyük ölçekli (1 / 5.000) harita üretilebilirliğinin test edilmesi hedeflemiştir.

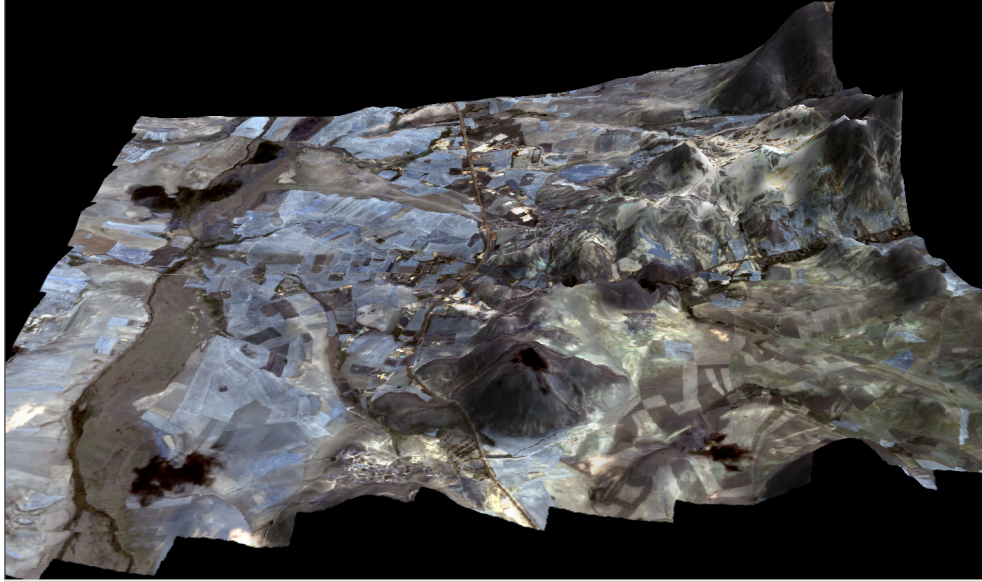
Ayrıca yapılan değerlendirmelerde ölçek olarak 1 / 5.000 değerinin seçilmesinin uygun olacağı düşünülmüştür. Daha önceden de ifade edildiği gibi bunun nedeni, uydu görüntüsü alımı gerçekleştiren kuruluşların ve bazı araştırmacıların uydu görüntülerinden 1 / 5.000 ölçekli pafta üretiminin sorunsuz olarak gerçekleştirilebileceği konusundaki yayınlarıdır (Amato ve diğ., 2004; Alexandrov ve diğ., 2004; Kaczynski ve diğ., 2004). Şu ana dek incelenen yayınlarda; uydu görüntülerinden 1/6.000–1/7.000 ölçeğine kadar harita üretimi gerçekleştirilebileceği yönünde düşünceler mevcut olsa da, hem konum doğruluğu hem de detay tespiti açısından üretimin genellikle 1 / 10.000 ölçeğine kadar anlamlı ve uygun olduğu konusunda bir görüş birliği vardır (Holland ve Marshall, 2004; Volpe, 2003).

5.1 Değerlendirilecek Alanların Seçimi

Detay değerlendirme aşamasında ilk olarak değerlendirilecek bölgeler ve değerlendirme ölçekleri seçilmiştir. Değerlendirilecek bölgelerin;

- ◆ Hem hava fotoğrafı hem de uydu görüntülerinde kullanılan yer kontrol noktalarının (YKN) oluşturduğu ağın içinde ve merkeze yakın bir konumda olması,
- ◆ Farklı özellikteki detayları barındırması (pınar, cami, okul vb. gibi nokta detaylar, farklı tipteki yollar, enerji nakil hattı, telefon hattı, dere vb. gibi çizgi detaylar ve yerleşim yeri gibi alan detaylar),

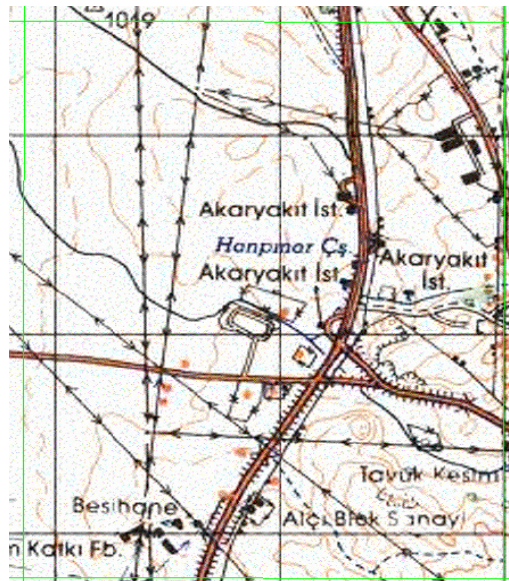
- ◆ Arazi kontrol çalışmalarına uygun ulaşım imkanlarına sahip olması ve
- ◆ Karşılaştırma yapmaya imkan verecek tarzda uygun ve anlamlı bir yükseklik (z) farkına sahip olması istenmiştir (Şekil 5.1).



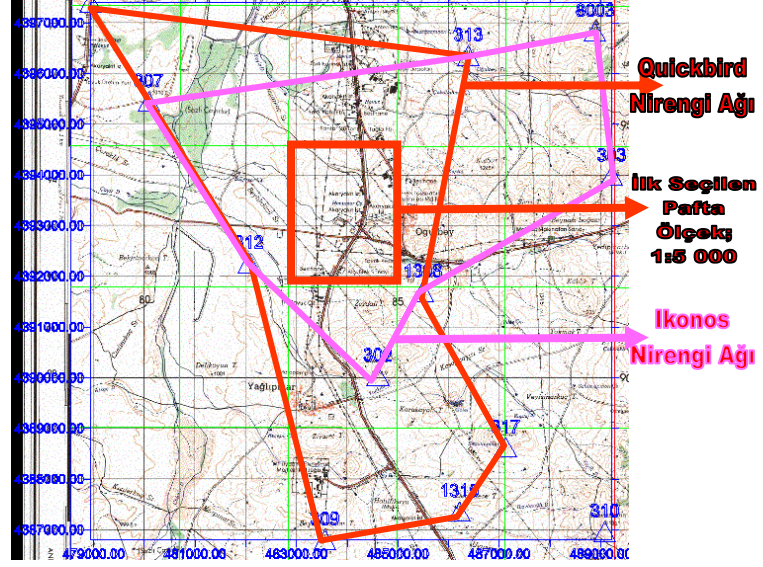
Şekil 5.1: İş Bölgesinin Perspektif Görünüşü

Bu kriterler çerçevesinde değerlendirilecek ilk bölge olarak 1 / 5.000 ölçekli Ankara İ 29 c-07-a paftası seçilmiştir. Çalışma bölgesindeki toplam yükseklik farkı ~ 500 m civarında iken seçilen ilk bölgedeki yükseklik farkı ~ 110 m’dir.

Paftadaki detaylar ile paftanın YKN ağındaki konumu Şekil 5.2-5.3’de sunulmuştur.



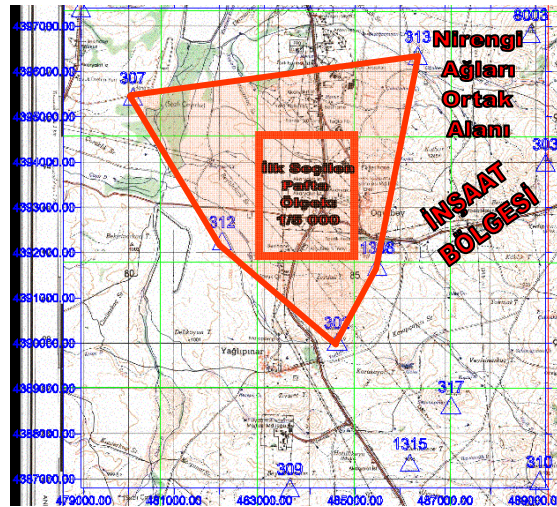
Şekil 5.2: 1 / 5.000 Ölçekli Ankara İ 29 c-07-a Paftasının Durumu



Şekil 5.3: Paftanın YKN Ağındaki Konumu

Dikkat edilirse seçilen pafta uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları YKN ağının tam ortasında kalmaktadır. Bu şekilde hem YKN’ndan maksimum istifade edilmekte hem de bir çok detay çeşidi değerlendirilebilmektedir.

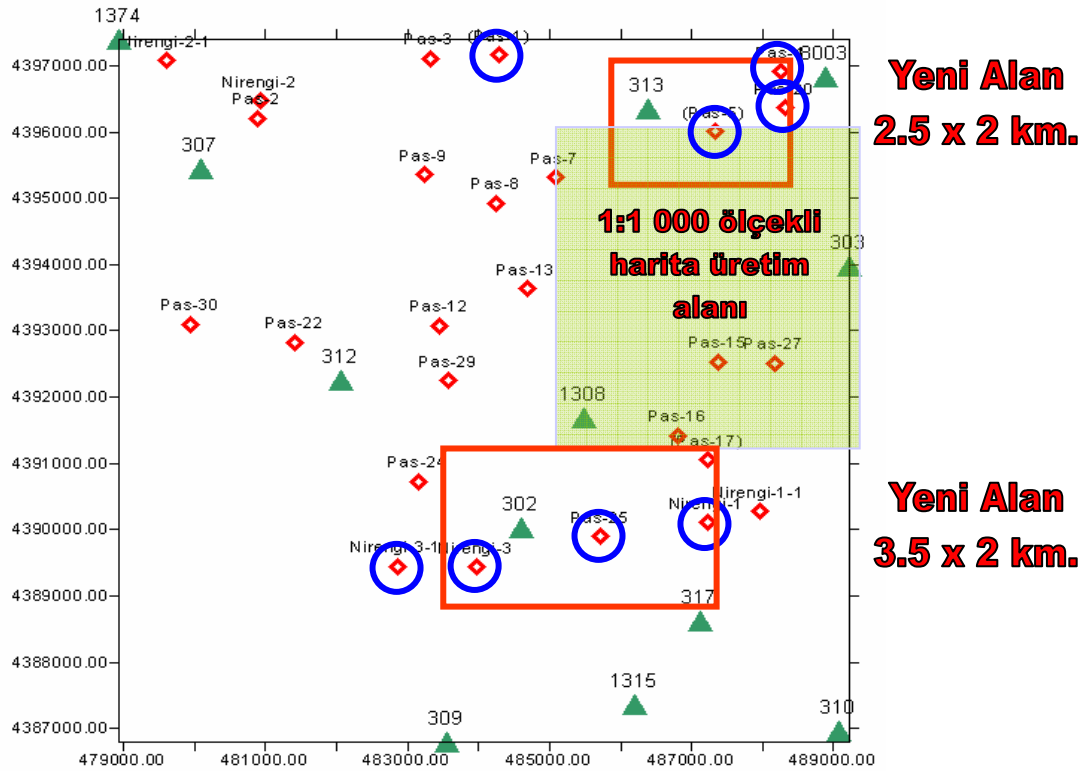
Bu aşamada, daha belirgin yükseklik farkına ve ilk paftada yer almayan değişik özellikte detaylara (orman ve su detayları gibi) sahip olan alanların da değerlendirilebilmesi amacıyla yeni bölgeler tespit edilmiştir. Ancak, YKN ağları ortak alanının çok küçük olması nedeniyle yeni bölgelerin bu alanda seçilemeyeceği ve dolayısı ile YKN desteği olmadan yapılacak değerlendirme çalışmalarında doğruluk yönünden zafiyet oluşabileceği değerlendirilmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4: YKN Ağlarının Ortak Alanı

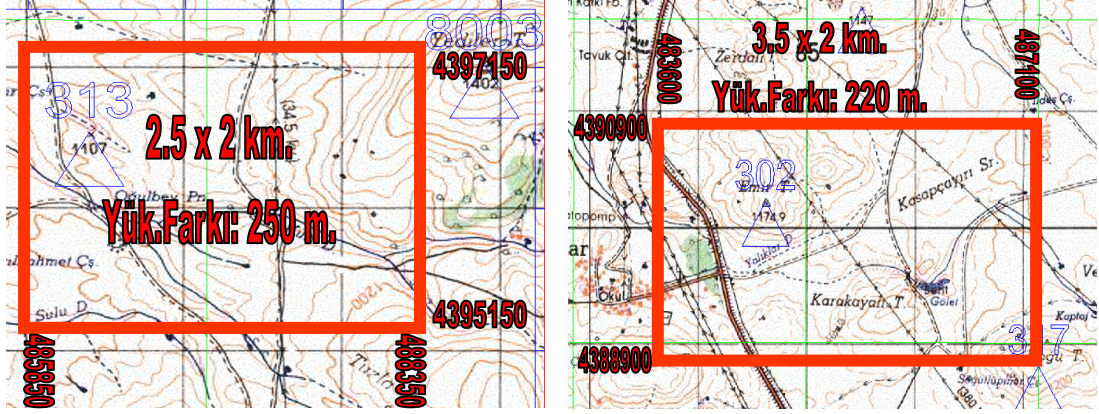
Bu nedenle yapılan araştırmalarda; çalışma bölgesinde, görüntülerle aynı tarihlerde ve 1 / 10.000 ölçekli olarak harita üretim faaliyetlerinin gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Ayrıca alışmamızda kullanılan bağımsız kontrol noktası (check point) / test noktası koordinatlarının GPS ile ölçülmüş olması da dikkate alınarak, bu iki çalışmadaki noktaların YKN olarak kullanılması dşnlmştir. Bu şekilde değerlendirmeye yönelik yeni ortofoto görüntüler oluşturulabileceği ve bu sayede doğruluk konusundaki yaşanabilecek muhtemel sıkıntıların aşılabileceği değerlendirilmiştir.

Nitekim değerlendirme işleminin yapılacağı yeni ortofoto görüntülerin üretim çalışmalarında, mevcut YKN (İkonos uydusu için 7, Quickbird uydusu için ise 9 nokta) ile birlikte şekil 5.5’de mavi ile işaretlenmiş bağımsız kontrol noktalarının / test noktalarının YKN olarak kullanılmasına karar verilmiştir.



şekil 5.5: Seçilen Yeni Alanların Konumu

Bu düşüncelerle belirlenen ikinci ve üçüncü bölgeler; yükseklik değişiminin fazla olduğu (250 ve 220 m) ve ilk paftada olmayan dere, pınar, gölet, ağaçlık ve mezarlık gibi detayların yer aldığı 2.5 x 2 km ve 3.5 x 2 km boyutlarında bölgelerdir (şekil 5.6).



Şekil 5.6: Seçilen İkinci ve Üçüncü Bölgeler

5.2 Değerlendirme İşlemlerine Yönelik Yeni Ortofoto Görüntülerin Üretimi

Şekil 5.5’de mavi daire içinde gösterilen ve değerlendirme çalışmaları için üretilen ortofoto görüntülerde ek YKN olarak kullanılan test noktaları; ikinci bölge için Pas 1, Pas 4, Pas 5 ve Pas 20 nolu, üçüncü bölge için ise Nirengi 1, Nirengi 3, Nirengi 3-1 ve Pas 25 nolu noktalar olmak üzere toplam 8 tanedir. Dengeleme ve ortofoto üretimi aşamalarında, daha önceden yapılan çalışmalarda uygulanan yöntemlere sadık kalınmıştır. Dengeleme sonunda elde edilen ve dengelemenin iç doğruluğunu gösteren karesel ortalama hatalar (KOH) Tablo 5.1’de sunulmuştur.

Tablo 5.1: Dengeleme Sonucunda Elde Edilen KOH’lar

COĞRAFİ VERİ	YKN SAYISI	KOH		
		x (piksel)	y (piksel)	Toplam (piksel)
Ikonos uydusu	Mevcut 7 + Ek 8 adet	0.5622	0.8026	0.9800
Quickbird uydusu	Mevcut 9 + Ek 8 adet	1.0957	0.9372	1.4418

5.3 Değerlendirme İşlemleri

Fotogrametrik değerlendirme işlemleri büyük oranda stereo modeller üzerinden yapılır. Stereo görüntüleme programlarında genel olarak kontrast ve parlaklık ayarı gibi kısıtlı görüntü zenginleştirme olanakları bulunmaktadır. Bu nedenle görüntü kalitesinin düşük olduğu durumlarda, bir görüntü işleme sistemi kullanılarak görüntülerin zenginleştirilmesi, oluşacak stereo modelin kalitesini artırır.

Oluşturulan stereo modellerde veri toplama işlemlerine başlamadan önce model üzerinde en az 4-6 noktada koordinat ölçümleri yapılır. Bu noktalardaki hata miktarı (sağa, yukarı ve yükseklik değerleri) fotogrametrik blok dengeleme işlemleri sonucunda bulunan KOH miktarının (± 10 mikron) 3 katını geçmemelidir. Ayrıca stereo modellerde paralaksa olup olmadığı kontrol edilir ve paralaksa giderilmeden hiçbir şekilde fotogrametrik vektör veri toplama işlemlerine geçilmez. Daha sonra da ilgili vektör dosyası açılarak kullanılacak özel işaretler yüklenir ve değerlendirme işlemine geçilir.

Bu tez çalışmasında, stereo hava fotoğrafları ile Ikonos ve Quickbird uyduları mono görüntüleri farklı uzman operatörler tarafından değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerin farklı operatörler tarafından yapılmasından maksat, aynı operatörün aynı bölgede yer alan aynı detayları değerlendirmesini ve bu şekilde bir görüntüde gördüğü detayı diğer görüntüde hatırlaması engellemektir. Aynı zamanda bu şekilde operatörlerin hataları ve detayların tipini tespit etme konusundaki performansları da ortaya konabilmektedir (Helder ve diğ., 2003).

Bu şekilde hem hava fotoğraflarında hem de uydulara ait mono görüntülerin değerlendirilmesinde önceki paragraflarda yer alan esaslar dikkate alınmıştır. Bu değerlendirmelerde Autometric Softplotter, MicroStation ve VirtuoZo programları kullanılmış olup bölgede yer alan yollar, binalar, ağaçlık bölgeler, dereler vb. gibi bir paftada yer alması gereken tüm detaylar değerlendirilmiştir (şekil 5.7).



şekil 5.7: Sayısal Değerlendirme Sistemi

Değerlendirme işlemleri, HGK’nda yürütülen tüm fotogrametrik üretim çalışmalarında uygulanan esaslar dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Sayısal fotogrametrik sistemler ile standart sayısal harita üretiminde uygulanan işlem adımları özet olarak aşağıda sıralanmıştır:

- ◆ Değerlendirme hazırlığı aşamasında taranmış görüntüler, dengeleme sonuçları ve gerekli diğer bilgiler bir araya getirilir.

- ◆ Değerlendirme işlemleri aşamasında ise kamera ve projeksiyon sistemi bilgilerinin hazırlanması, iç yönleltmelerin yapılarak stereo modellerin oluşturulması, çalışılacak vektör dosyalarının açılması ve sembolojinin yüklenmesi sonrasında detaylar değerlendirilir.

- ◆ Değerlendirme sonrasında kontrol çıktısı alınarak, format dönüşümleri ile bu dönüşümler sırasında meydana gelebilecek detay kayıplarının kontrolü yapılır ve eksik bilgiler tamamlanır.

Bu işlemlerde; bir çizgi detayın veya bir nokta detayın başka bir çizgi detay ile çakışması gereken durumlarda, birleşim yerlerinde boşluklar bulunmayacak tarzda mevcut çizgi yakalama yöntemleri kullanılarak detayların üst üste çakışması sağlanmıştır. Ayrıca vektör haritada kullanılabilecek çizgi detaylar, detay ortasından tek hat olacak şekilde ve kesintiye uğramaksızın, alan detaylar ise kapalı poligon şeklinde değerlendirilmiştir.

Değerlendirmeler esnasında operatörler, HGK Fotogrametri Dairesi Başkanlığı tarafından büyük ve küçük ölçekli harita üretim çalışmalarında kullanılmak üzere hazırlanmış olan semboloji dosyalarını kullanmışlardır. Bu dosyalarda her bir detay kodu numarasına (feature code) karşılık gelen; katman numarası (level), renk özelliği numarası (color), ağırlık özelliği numarası (weight), çizgi kodu numarası (line code) ve detay isimleri gibi bilgiler yer almaktadır.

Bu dosyalarda yer alan detaylar değerlendirme programlarının menülerine de eklenmiştir. Bu sayede operatör herhangi bir detayı değerlendireceği zaman, önce ilgili menülerden söz konusu detayı seçmiş ve daha sonra değerlendirme işlemini gerçekleştirmiştir.

Değerlendirmeler esnasında Ikonos uydusuna ait stereo görüntüler mevcut olmasına rağmen mono görüntü değerlendirmesi yapılmıştır. Bu durumun nedenlerini şu şekilde sıralayabiliriz;

- ◆ Ikonos uydu görüntülerinin değerlendirilmesinde kullanılan Autometric Softplotter yazılımı stereo görüntüleri kullanamamaktadır.

- ◆ Değerlendirmeler arasında doğru bir karşılaştırma yapabilmek için bütün değerlendirmelerin aynı veri sözlüğü ve semboloji kullanılarak yapılması gerekmektedir. Daha önceden de ifade edildiği gibi, değerlendirmelerde HGK Fotogrametri Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanmış olan semboloji dosyaları kullanılmıştır. Bu dosyalarda her bir detay kodu numarasına (feature code) karşılık gelen tüm bilgiler tek bir dosyada birleştirilmiş ve sonuçların daha kolay şekilde yorumlanabilmesine olanak sağlanmıştır.

Autometric Softplotter yazılımının dışında başka bir yazılımda (örneğin PCI) stereo değerlendirme yapılması durumunda ise değerlendirilen detayların sembolojilerinin karşılaştırılması çok doğru olmayacaktır.

- ◆ Yeni semboloji dosyalarının oluşturulması ise ancak deneyimli bir grup tarafından ve aylarca sürececek bir çalışma neticesinde mümkündür. Çünkü toplam 62 katmanda 437 detay mevcuttur ve her bir detay için tek tek semboloji çalışması yapılmalıdır.

Sonuç itibarı ile stereo / mono şeklinde farklı değerlendirmenin getireceği sıkıntı; detayın görülmesinde değil sadece bazılarının yorumlanmasında ortaya çıkacaktır. Yani görülen detayın yol veya ağaç olmasında değil; detay hakkında “daimi araba yolu mu / yaz araba yolu mu?” yada “çam ağacı mı / meşe ağacı mı?” şeklinde akla gelebilecek soruların cevaplanmasında sıkıntı yaşanabilecektir.

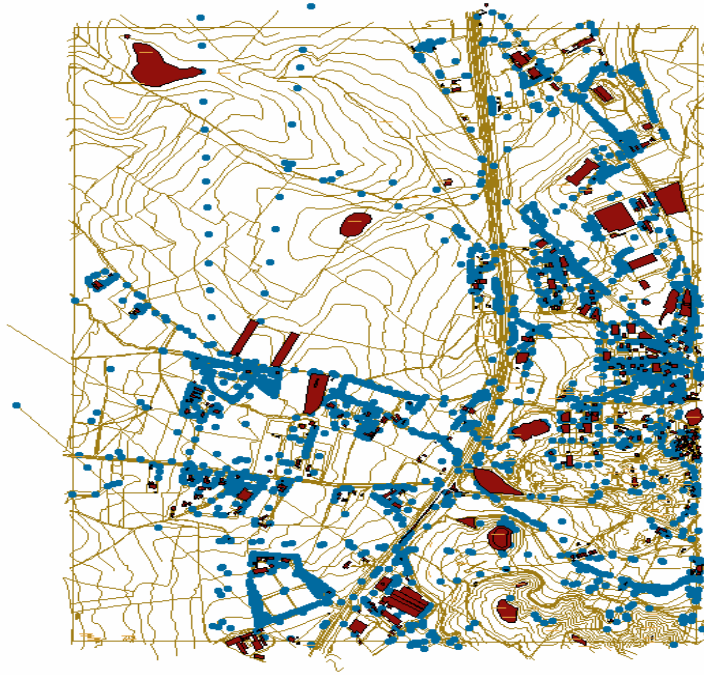
5.4 Değerlendirme İşlemlerinin Karşılaştırılması

Önceki bölümde izah edilen nedenlerle değerlendirmelerin sonuçları incelenirken, detayların yorumlanması her bir detaya ilişkin sonuçlardan ziyade detayların katman katman değerlendirilmesi dikkate alınarak yapılmıştır.

Değerlendirilen DGN uzantılı dosyalar MicroStation V8, Arcview 3.3 ve internetten indirilen ve 15 günlük deneme süresi olan MaverickPro isimli yazılımlar ile incelenmiştir.

5.4.1 Format dönüşümleri ve değerlendirmelerden elde edilen detay sayıları

Değerlendirme işlemi sonrasında dosyalar ilk olarak MaverickPro yazılımı ile shape - SHP formatına dönüştürülmüştür. Daha sonra Arcview 3.3 programı ile yazı, çizgi, alan ve nokta katmanlarında kaç adet detay bulunduğu incelenmiştir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8: Hava Fotoğrafından Değerlendirilmiş Birinci Bölgenin Arcview 3.3 Programındaki Görüntüsü

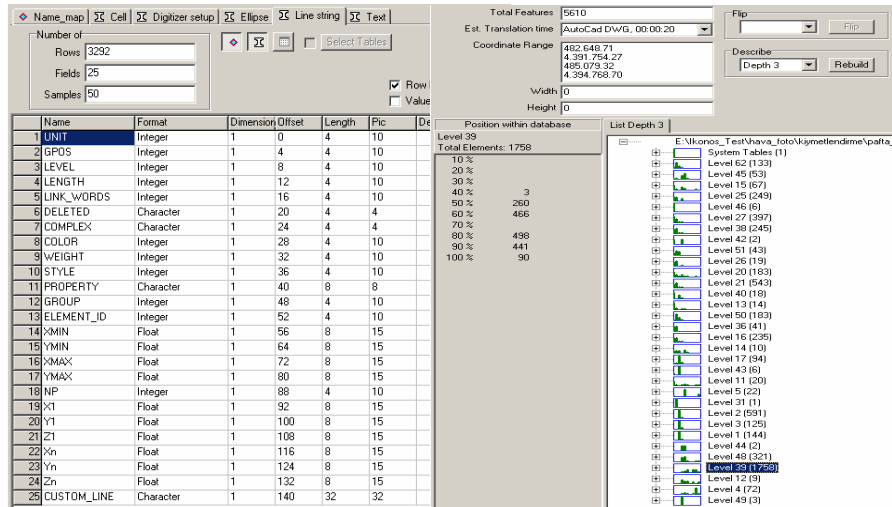
Bunun için ilgili katman seçilmiş ve Theme menüsü altındaki Table komutu çalıştırılmıştır. Detaylara ilişkin olarak her bir bölgede elde edilen sayılar Tablo 5.2’de sunulmuştur.

Değerlendirilen bölgelerdeki detaylara ilişkin esas inceleme ise, sonuçları daha düzenli bir şekilde sunması nedeniyle MaverickPro yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Öncelikle Arcview 3.3 programından ve bu programdan elde edilen sayılar karşılaştırılarak kontrol edilmiştir. Daha sonra da her bir katmanda yer alan detay sayıları incelenmiştir.

Tablo 5.2: Detay Sayıları

BÖLGE	COĞRAFİ VERİ	Yazı (Text)	Çizgi (Line)	Alan (Polygon)	Nokta (Point)
1. Bölge	Hava Fotoğrafları	72	2738	557	2242
	Ikonos	-	776	338	1189
	Quickbird	-	891	348	1068
2. Bölge	Hava Fotoğrafları	14	529	53	242
	Ikonos	-	295	26	186
	Quickbird	-	285	18	111
3. Bölge	Hava Fotoğrafları	23	746	84	384
	Ikonos	-	397	77	471
	Quickbird	13	424	61	475

Burada örnek olarak hava fotoğrafı ile değerlendirilmiş olan 1. bölgeye ilişkin bazı sonuçlar verilmiştir. MaverickPro yazılımından elde edilen sayılar Tablo 5.2 ile uyumludur; Nokta (cell) sayısı 2242, yazı (text) sayısı ise 72'dir. Ayrıca çizgi (line) alanında elde edilen 3292 detay ile elips alanında elde edilen 3 detayın toplamı olan 3295 sayısına, Arcview 3.3 programında 2738 adet çizgi ve 557 adet alan detaylarının toplamı ile ulaşılmaktadır. Aynı şekilde toplamda elde edilen 5610 sayısı ise; Arcview 3.3 programında 2738 adet çizgi, 557 adet alan, 2242 adet nokta ve 72 adet yazı detaylarının toplamından 1 fazladır. Bunun sebebi, MaverickPro yazılımının otomatik olarak bir sistem tablosu oluşturmasıdır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9: MaverickPro Yazılımındaki Çizgi (Line) Katmanı ile Toplam Detay Sayıları ve Yüzde Dağılım Bilgileri

Her bir katmanda yer alan detay sayıları ile ilgili örnek Şekil 5.10’da sunulmuştur.

Level	Detail Type	Count
Level 1	Line String	133
Level 2	Line String	133
Level 3	Line String	133
Level 4	Line String	133
Level 5	Line String	133
Level 6	Line String	133
Level 7	Line String	133
Level 8	Line String	133
Level 9	Line String	133
Level 10	Line String	133
Level 11	Line String	133
Level 12	Line String	133
Level 13	Line String	133
Level 14	Line String	133
Level 15	Line String	133
Level 16	Line String	133
Level 17	Line String	133
Level 18	Line String	133
Level 19	Line String	133
Level 20	Line String	133
Level 21	Line String	133
Level 22	Line String	133
Level 23	Line String	133
Level 24	Line String	133
Level 25	Line String	133
Level 26	Line String	133
Level 27	Line String	133
Level 28	Line String	133
Level 29	Line String	133
Level 30	Line String	133
Level 31	Line String	133
Level 32	Line String	133
Level 33	Line String	133
Level 34	Line String	133
Level 35	Line String	133
Level 36	Line String	133
Level 37	Line String	133
Level 38	Line String	133
Level 39	Line String	133
Level 40	Line String	133
Level 41	Line String	133
Level 42	Line String	133
Level 43	Line String	133
Level 44	Line String	133
Level 45	Line String	133
Level 46	Line String	133
Level 47	Line String	133
Level 48	Line String	133
Level 49	Line String	133
Level 50	Line String	133
Level 51	Line String	133

Şekil 5.10: Her Bir Katmanda Yer Alan Detay Sayıları

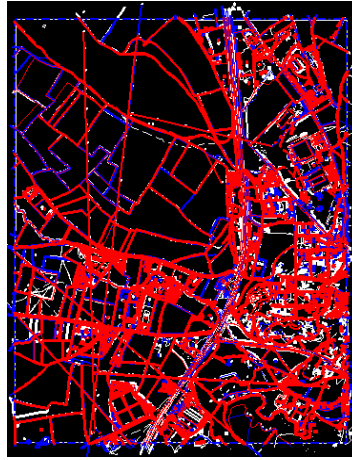
Kullanılan katmanlar MicroStation programında da kontrol edilerek incelemeye tabi tutulmuştur. İncelemeler sonucunda en fazla detay sayısının hava fotoğrafları ile yapılan değerlendirmelerde yer aldığı görüldüğünden, hava fotoğrafları ile yapılan değerlendirmeler referans kabul edilmiştir. Uydu görüntüleri ile yapılan değerlendirmeler söz konusu referans değerlendirmelerdeki detaylar ile karşılaştırılmış ve hangi katmanda yer alan detayların % cinsinden ne oranda tespit edilebildiği belirlenmiştir (Şekil 5.11).

Name	Number	File	Logical	Used
Level 14	14	hava_f...	Master	•
Level 15	15	hava_f...	Master	•
Level 16	16	hava_f...	Master	•
Level 17	17	hava_f...	Master	•
Level 18	18	hava_f...	Master	•
Level 19	19	hava_f...	Master	•
Level 20	20	hava_f...	Master	•
Level 21	21	hava_f...	Master	•
Level 22	22	hava_f...	Master	•
Level 23	23	hava_f...	Master	•
Level 24	24	hava_f...	Master	•
Level 25	25	hava_f...	Master	•
Level 26	26	hava_f...	Master	•
Level 27	27	hava_f...	Master	•
Level 28	28	hava_f...	Master	•
Level 29	29	hava_f...	Master	•
Level 30	30	hava_f...	Master	•
Level 31	31	hava_f...	Master	•
Level 32	32	hava_f...	Master	•
Level 33	33	hava_f...	Master	•
Level 34	34	hava_f...	Master	•
Level 35	35	hava_f...	Master	•
Level 36	36	hava_f...	Master	•
Level 37	37	hava_f...	Master	•
Level 38	38	hava_f...	Master	•
Level 39	39	hava_f...	Master	•
Level 40	40	hava_f...	Master	•
Level 41	41	hava_f...	Master	•
Level 42	42	hava_f...	Master	•
Level 43	43	hava_f...	Master	•
Level 44	44	hava_f...	Master	•
Level 45	45	hava_f...	Master	•
Level 46	46	hava_f...	Master	•
Level 47	47	hava_f...	Master	•
Level 48	48	hava_f...	Master	•
Level 49	49	hava_f...	Master	•
Level 50	50	hava_f...	Master	•
Level 51	51	hava_f...	Master	•

Şekil 5.11: Üçüncü Bölgenin Hava Fotoğrafları ile Değerlendirilmesinde Kullanılan Katmanlar

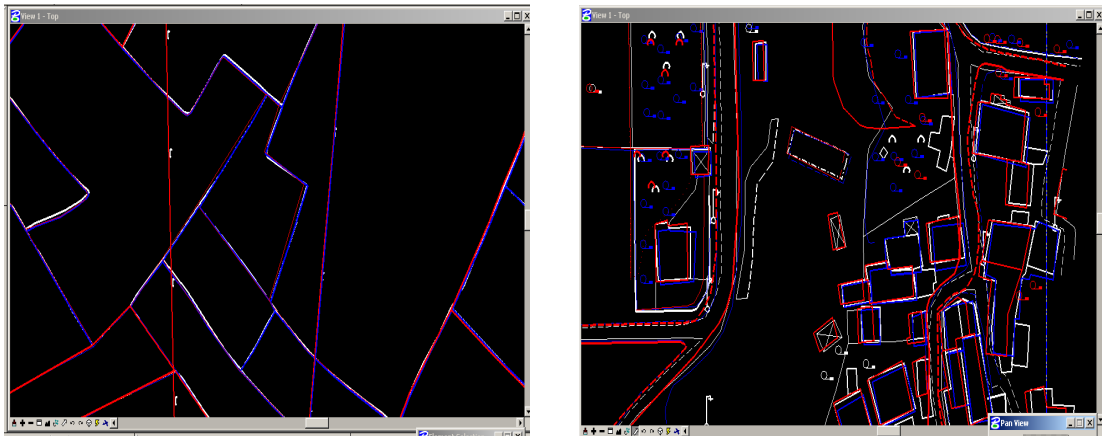
5.4.2 Değerlendirilen detayların konumsal olarak karşılaştırılması

Yapılan bir diğer karşılaştırma ise farklı operatörler tarafından değerlendirilen detayların çizimlerinin karşılaştırılmasıdır. Bu karşılaştırma için değerlendirme dosyaları aynı görüntü içinde referans olarak farklı renklerde görüntülenmiş ve detayların çiziminden dolayı oluşan farklılıklar tespit edilmeye çalışılmıştır. Şekil 5.12’de sunulan karşılaştırmada; hava fotoğrafları değerlendirmesi “Beyaz”, İkonos uydu görüntüsü değerlendirmesi “Mavi” ve Quickbird uydu görüntüsü değerlendirmesi ise “Kırmızı” renk ile temsil edilmiştir.



Şekil 5.12: Birinci Bölge Değerlendirmelerinin Karşılaştırılması

Yapılan incelemelerde; değerlendirilen bölgelerin bazı bölümlerinde çizimlerin çok düzgün bir şekilde üst üste bindiği, bazı bölümlerde ise çizimler arasında farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Bu tür çalışmalarda beklenen, çizimlerin büyük oranda aynı şekilde gerçekleştirilmesidir. Oluşabilecek kayıklıkların ise maksimum konum farklılığı düzeyinde yani yaklaşık 1-2 m civarında olması beklenir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13: Üst Üste Binen ve Aralarında Farklılıklar Olan Çizimler

Ancak bu çalışmada; yapılan değerlendirmelerin stereo ve mono olarak gerçekleştirilmesi, operatörlerin yorumlama farklılıkları, görüntülerin farklı tarihlerde ve farklı mevsim şartlarında alınmış olmaları gibi etkenler nedeniyle, bazı farklılıkların yine de beklenenden daha büyük oranda gerçekleştiği gözlenmiştir (Şekil 5.14).



Şekil 5.14: Farklı Tarih ve Mevsim Şartlarında Alınmış Görüntülerin Farkları

Detayların konumsal olarak karşılaştırılmasının anlatıldığı bu bölümde vurgulanmak istenen asıl konu; aynı bölgeye ait olsalar da, farklı mevsim şartlarında alınmış olan görüntülerin farklı operatörler tarafından değerlendirildiğinde doğal olarak farklı vektörel sonuçlara ulaşılabileceğidir. Hatta farklı mevsim şartlarında alınmış olan görüntüler aynı operatör tarafından değerlendirilse bile farklı vektörel sonuçlara ulaşılması normal karşılanmalıdır. Çünkü mevsim şartlarına bağlı olarak; toprak örtüsünde, güneşin yeryüzüne geliş açısında ve bunlara bağlı olarak yansıma değerlerinde meydana gelen değişimler, görüntüler üzerinde yapılan değerlendirmelere birinci dereceden etki etmektedirler.

Elbette buradan elde edilen konumsal farklılıklar “konumsal hata” olarak da değerlendirilmemelidir. Çünkü bilindiği gibi konumsal doğruluk konusundaki araştırma, her üç görüntüde de aynı biçimde görünen ve koordinatı hassas biçimde ölçülen YKN kullanılarak bu çalışmanın ilk bölümünde gerçekleştirilmiş ve sonuçları ayrıca sunulmuştur.

5.5 Değerlendirme İşlemlerinden Elde Edilen Sonuçlar

Renkli görüntülerde farklı nesnelerin tespit edilebilmesi için gerekli olan piksel boyutları, pankromatik görüntüler için ihtiyaç duyulan değerlerin 1.5 katı büyüklüğündedir (Tablo 5.3) (Topan ve diğ., 2004).

Tablo 5.3: Nesne Tespiti İçin Gerekli Piksel Boyutları

	1.1 Görüntünün Piksel Boyutu	
	1.2 Siyah Beyaz	1.3 Renkli
Şehir Bölgesinde Yer Alan Binalar	2 m	3 m
Patikalar	2 m	3 m
Küçük Yollar	5 m	7.5 m
Demir Yolları	5 m	7.5 m
Hidroloji Detayları	5 m	7.5 m
Ana Yollar	10 m	15 m
Bina Blokları	10 m	15 m

Ancak pratik uygulamalarda sadece bu piksel boyutlarına sahip olmak, detayların doğru olarak tespit ve teşhis edilebilmesi için yeterli olmamaktadır. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin piksel boyutları Tablo 5.3’de sunulanlardan daha iyi seviyededir. Ancak buna rağmen söz konusu görüntüler üzerinde, sınırlı detaylar (çıkıntı ve direk gibi) ile karmaşık şekillerin düzgün ve açık bir şekilde görülebilmesi, bina uzantıları ile ayrık yapıların ayırt edilebilmesi ve tüm küçük doğrusal detayların (çitler, demiryolları, patikalar veya alan sınırları gibi) tespit edilebilmesi gerçekten zordur (Holland ve Marshall, 2004; Holland ve diğ., 2006).

Hava fotoğrafı kullanılarak birinci pafta bölgesinde yapılan değerlendirme işlemlerinde operatör detaylarla birlikte eşyükseklik eğrilerini de (ilk 4 katmandaki detaylar) çizmiştir. Ayrıca yazı ile ilgili veriler de her görüntüde değerlendirilmemiştir. Bu nedenle söz konusu veriler her bir değerlendirmede yer almadığından, karşılaştırmanın doğru yapılabilmesi için bu veriler (eş yükseklik eğrileri ile yazı katmanları) göz ardı edilmiştir. Oluşan yeni duruma uygun olarak karşılaştırmaların yapıldığı ve her bir katmanda yer alan detay sayılarının yer aldığı

tablolar EK-I’da sunulmuştur. EK-I ile birlikte hem MaverickPro yazılımı hem de Arcview 3.3 yazılımı kullanılarak elde edilen ve yorumlamaya esas teşkil eden sonuçlar ise Tablo 5.4’de sunulmuştur.

Tablo 5.4: Detay Sayıları ve Bölgelere Göre Değerlendirilme Yüzdeleri

BÖLGE		Çizgi (Line)	%	Alan (Polygon)	%	Nokta (Point)	%	Toplam	%
1. Bölge	Hava Foto.	1894	-	541	-	2242	-	4677	-
	Ikonos	776	41.0	338	62.5	1189	53.0	2303	49.2
	Quickbird	891	47.0	348	64.3	1068	47.6	2307	49.3
2. Bölge	Hava Foto.	529	-	53	-	242	-	824	-
	Ikonos	295	55.8	26	49.1	186	76.9	507	61.5
	Quickbird	285	53.9	18	34.0	111	45.9	414	50.2
3. Bölge	Hava Foto.	746	-	84	-	384	-	1214	-
	Ikonos	397	53.2	77	91.7	471	122.7	945	77.8
	Quickbird	424	56.8	61	72.6	475	123.7	960	79.1
TOPLAM	Hava Foto.	3169	-	678	-	2868	-	6715	-
	Ikonos	1468	46.3	441	65.0	1846	64.4	3755	55.9
	Quickbird	1600	50.5	427	63.0	1654	57.7	3681	54.8

Elde edilen sonuçlar ve bunlara ilişkin yorumlar maddeler şeklinde sıralanmıştır:

◆ **Her üç bölgede de en fazla detay hava fotoğraflarında görülebilmektedir.**

Hava fotoğraflarının stereo görüntüler üzerinden değerlendirilmiş olmasının bu duruma katkı sağladığı söylenebilir. Ancak daha önceden de izah edildiği gibi stereo değerlendirme, detay tespitienden ziyade esas olarak detayların yorumlanmasında yarar sağlamıştır.

◆ **Ikonos ve Quickbird uydularından yapılan değerlendirmelerin detay**

sayıları konusunda birbirlerine belirgin bir üstünlük sağladıkları söylenemez.

Hatta bazı durumlarda, her iki uydu görüntüsünde de neredeyse aynı sayıda detay değerlendirildiği görülmektedir (Birinci bölgede alan, ikinci bölgede çizgi ve üçüncü bölgede ise çizgi ve nokta katmanlarında). Bu durum toplam sonuçlara bakıldığında da (Tablo 5.3) açık bir şekilde görülmektedir.

◆ İlk iki bölgede uydu görüntüleri ile yapılan değerlendirmeler, hava fotoğraflarındaki detay sayısının yaklaşık yarısı kadar bir detay yoğunluğuna sahipken, üçüncü bölgedeki detay sayısı hava fotoğraflarındaki detay sayısının yaklaşık % 80'ine erişmiştir. Bu durumun gerçekleşmesindeki en önemli etken, alan katmanındaki yoğun değerlendirmeler ile hava fotoğraflarında yer alan detaylardan daha fazla sayıda gerçekleştirilen nokta katmanı değerlendirmeleridir. Ancak toplam sonuçlara bakıldığında oranların yine de % 55 - 56 seviyesinde kaldığı gözden kaçırılmamalıdır.

◆ En düşük yüzde değerleri birinci bölgedeki çizgi ve ikinci bölgedeki alan katmanlarında elde edilmiştir. Bu katmanlardaki değerler % 50'nin altındadır. Nitekim bu durum toplamda yapılan hesaplamalara da yansımıştır. Toplam sayılara bakıldığında, üç bölge içerisinde en düşük sonuçlara sahip olan yer birinci bölgedir.

◆ Toplam sonuçlara bakıldığında ise referans alınan hava fotoğraflarına en yakın değerlerin alan katmanında (% 63-65), daha sonra nokta katmanında ve en son olarak da çizgi katmanında elde edildiği belirlenmiştir.

Dikkat çekici bir başka durum ise; alan katmanında her iki uydu görüntüsünde de yaklaşık aynı oranda detay değerlendirmesi yapılabilmişken, çizgi katmanında Quickbird, nokta katmanında ise Ikonos uydu görüntüsünde daha iyi oranlarda değerlendirme yapılabilmektedir. Benzer araştırmalarda da, uzunluk ölçmelerinde en iyi sonuçları Quickbird, alan ölçmelerinde ise en iyi sonuçları Ikonos uydu görüntüsünün verdiği tespit edilmiştir (Yaşa ve diğ., 2004).

Değerlendirilen bölgelere ilişkin olarak yapılan incelemelerde, bazı katmanlarda yer alan detayların hava fotoğrafında görüldüğü halde uydu görüntüleri kullanılan çalışmalarda değerlendirilemediği, bazı katmanlardaki detayların ise referans değerlendirmenin % 10'undan daha az sayıda değerlendirildiği tespit edilmiştir. Bu arada bazı katmanlarda referans değerlendirmeden daha fazla sayıda detay değerlendirilmiş, hatta referans değerlendirmede hiçbir detay olmadığı halde detay değerlendirildiği durumlar olmuştur.

İnceleme ve yorumlara ilişkin bu ifadeleri daha anlaşılır bir şekilde ortaya koyabilmek amacı ile farklı tablolar düzenlenmiştir. Bu tablolarda hava fotoğraflarında değerlendirilen detaylardan; uydu görüntülerinde görülemeyen,

% 10'dan az görülen, fazla görülen ve yeni tespit edilen detayları bir arada gösterecek bir tablo hazırlanmıştır. Ayrıca bu tablolarda ilgili detayların katman numaraları ve bu katmanlarda yer alan detayların adları da yer almaktadır (EK-J).

EK-J'de sunulan tablolardan elde edilen sonuçlar da aşağıda sıralanmıştır;

♦ **Hava fotoğraflarında değerlendirildiği halde uydu görüntülerinde görülemeyen detaylar, büyük oranda her iki uydu görüntüsünde de tespit edilememiştir.** Birinci bölgede 5, 31, 44, 51 ve 62 nolu katmanlarda yer alan detaylar (toplam 9 katmandan 5'i; % 55.5), ikinci bölgede 13, 27, 40, 62 nolu katmanlarda yer alan detaylar (toplam 6 katmanın 4'ü; % 66.7) ve üçüncü bölgede 5, 12, 20, 26, 48, 50, 51, 62 nolu katmanlarda yer alan detaylar (toplam 13 katmanın 8'i; % 61.5) hem Ikonos hem de Quickbird uydu görüntülerinde tespit edilememişlerdir.

♦ **% 10'dan daha az olarak görülen detay sayıları da görülemeyen katmanlarla birlikte değerlendirildiğinde;** özellikle sınır detaylarının yer aldığı 62 nolu, kaya / taşlık / kumluk ve leçelik arazi detaylarının yer aldığı 5 nolu, sundurma detayının yer aldığı 27 nolu, şev ve doğal yarma detaylarının bulunduğu 50 nolu, kokurdan / hendek / set ve höyük detaylarının yer aldığı 51 nolu, tek mezar ve mezarlık detaylarının yer aldığı 44 nolu, telefon-elektrik direklerinin yer aldığı 48 nolu ve kaldırım detayının çoğunlukla çizgi şeklinde bulunduğu 20 nolu katmanlar da yığılma olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte çok az sayıda veri değerlendirilen katmanlar dikkate alınmamışlardır.

♦ **Hava fotoğrafında görülenden daha fazla sayıda uydu görüntülerinde tespit edilen detaylar incelendiğinde ise;** özellikle ikinci bölgenin Ikonos uydu görüntüsü değerlendirmesi ile üçüncü bölgenin her iki uydu görüntüsü değerlendirmelerinde, 39 nolu katmanda yer alan nokta detaylar üzerinde büyük bir yoğunluğun olduğu gözlenmektedir. 39 nolu katmanda çalılık / meyvelik / bağlık / bahçe / tek ağaç ve çit gibi detayların yer aldığı dikkate alınırsa, yoğunluğun nokta detay üzerinde toplanması nedeni ile fazladan görülen detayın tek ağaç olması ihtimali yüksektir. Bu katmanla birlikte mülkiyet sınırı detayının yer aldığı 17 nolu, yol / tünel / köprü / menfez detaylarının çizgi olarak yer aldığı 15 nolu, özel bina

detayının yer aldığı 25 nolu ve sera / orman sınırı / ağaç / orman detaylarının çizgi olarak yer aldığı 40 nolu katmanlar, bu kapsamda ön plana çıkmaktadırlar.

♦ **Hava fotoğrafında görülemeyen ancak uydu görüntülerinde tespit edilen detaylar incelendiğinde de;** bu detayların çoğunlukla çok az sayılarda (maksimum 4 tane) değerlendirildiği görülmektedir. Bununla birlikte park-bahçe detayının yer aldığı 41 nolu, telefon / radyo hattı ve istasyonunun yer aldığı 42 nolu ve şev ile doğal yarma detaylarının yer aldığı 50 nolu katmanlar diğerlerine nazaran daha fazla dikkat çekmektedirler.

♦ **Birinci ve üçüncü bölgede yer alan katmanlar tek tek incelendiğinde, her iki uydu görüntüsünde görülebilen oranı genellikle birbirine çok yakındır.** Birinci bölgede az görülebilen çok görülebilen katmana doğru sıralama yapıldığında, Ikonos ve Quickbird uydu görüntülerinde; 12 nolu katmanda % 11.1 ve % 22.2, 50 nolu katmanda % 13.1 ve % 16.9, 26 nolu katmanda % 36.8 ve % 47.4, 11 nolu katmanda % 40.0 ve % 45.0, 38 nolu katmanda % 41.2 ve % 38.8, 21 nolu katmanda % 63.5 ve % 69.1, 39 nolu katmanda % 65.9 ve % 57.7, 25 nolu katmanda % 97.2 ve % 90.4 gibi birbirine oldukça yakın oranlar elde edilmiştir.

Burada sadece iki katmanda yer alan detaylarda iki uydu görüntüsü arasında belirgin bir fark mevcuttur. Bu katmanlar; Ikonos uydu görüntüsünde % 57.1, Quickbird uydu görüntüsünde ise % 85.7 oranında görülebilen ve çeşme-havuz detaylarını içeren 13 nolu katman ile Ikonos uydu görüntüsünde % 75.3, Quickbird uydu görüntüsünde ise % 42.1 oranında görülebilen ve mülkiyet sınırı detayını içeren 16 nolu katmandır.

♦ **İkinci bölgede yer alan katmanlar tek tek incelendiğinde ise, her iki uydu görüntüsünde görülebilen oranı genellikle birbirinden farklıdır.** Az görülebilen çok görülebilen katmana doğru sıralama yapıldığında, Ikonos ve Quickbird uydu görüntülerinde; 15 nolu katmanda % 37.5 ve % 68.8, 11 nolu katmanda % 66.7 ve % 40.7, 21 nolu katmanda % 69.7 ve % 39.5, 16 nolu katmanda % 87.9 ve % 51.7 gibi birbirinden oldukça farklı oranlar elde edilmiştir.

Sadece 51 nolu katmanda yer alan detaylarda iki uydu görüntüsü arasında fark yoktur. Bu katmanda her iki uydu görüntüsünde de % 10 oranında detay

görülmüştür. Ancak kokurdan, höyük, hendek ve set gibi detayların yer aldığı bu katmanda, hava fotoğraflarında değerlendirilen toplam detay sayısı da sadece 10'dur.

Detayların az görülenenden çok görülene doğru sıralanması dikkate alındığında her üç bölgede elde edilen sonuçlar;

◆ **alt grupta (% 10 - % 40 arası) sırasıyla;** telefon / elektrik / bayrak direği ve sokak lambası detaylarının bulunduğu 48 nolu, şev ve doğal yarma detaylarının bulunduğu 50 nolu, kaldırım detayının bulunduğu 20 nolu, kuyu / kanal / sarnıç / su yolu köprüsü detaylarının bulunduğu 12 nolu, kablo yeri / elektrik hattı / trafo / some noktası / elektrik santrali detaylarının bulunduğu 45 nolu, sera / orman sınırı / ağaç / orman ve gözetleme kulesi detaylarının bulunduğu 40 nolu ve itirazlı mülkiyet sınırı detayının bulunduğu 17 nolu katmanların,

◆ **orta grupta (% 40 - % 70 arası) sırasıyla;** yapılmakta olan / harap bina detaylarının bulunduğu 26 nolu, dere / pınar / çeltik / bataklık ve şarampol detaylarının bulunduğu 11 nolu, çit / tel örgü / parmaklık ve duvar detaylarının bulunduğu 38 nolu, yol / tünel / durak / köprü ve menfez detaylarının bulunduğu 15 nolu, çeşme ve havuz detaylarının bulunduğu 13 nolu, çalılık / meyvelik / bağlık / bahçe / tek ağaç ve çit detaylarının bulunduğu 39 nolu ve mülkiyet sınırı detayının bulunduğu 16 nolu katmanların,

◆ **en üst grupta ise (% 70 - % 100 arası) sırasıyla;** toprak yol ve patika detaylarının bulunduğu 21 nolu ve özel bina detayının bulunduğu 25 nolu katmanların yer aldığını göstermiştir.

En alt dilimde yer alan katmanlarda bulunan detayların operatörlerin değerlendirme esnasında görmesi ve yorumlaması en zor detaylar olduğu anlaşılabılır. Zaten bu nedenle söz konusu detaylar, arazide gerçekleştirilen bütünleme ve kontrol işlemlerinde de en çok emek ve zaman harcanan detaylardır.

En üst dilimde yer alan detaylar (toprak yol, patika ve bina) ise en kolay tespit edilen ve yorumlanabilen detaylardır.

5.6 Arazide Gerçekleştirilen Kontrol İşlemleri

Literatürde yer alan çalışmalardan elde edilen sonuçlarda; yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanıldığında, alan sınırlarının açık bir şekilde görülebildiği ancak zor sınıflandırıldığı ve küçük - karmaşık yapıdaki binalar ile tren hatlarının çok iyi tespit edilemediği belirlenmiştir (Holland ve Marshall, 2004; Holland ve diğ., 2006). Bu tür sıkıntıların aşılması için de, kadastral verilerden ve arazi çalışmalarından (kontrol ve bütünleme) yararlanılması gerektiği ifade edilmiştir (Alexandrov ve diğ., 2004).

Bu kapsamda arazi çalışmasındaki hedef, mümkün olduğunca değerlendirmelerin doğruluk ve gerçeğe benzerlik derecesini tespit etmek (detay tespiti) ve farklı görüntülerden değerlendirilmiş olan detayların doğru olarak yorumlanıp yorumlanmadığını (detay özelliğinin teşhisi) belirlemektir.

Fotogrametrik yöntemlerle değerlendirilmiş bölgelerin doğruluk ve gerçeğe benzerlik derecesini arazide incelemek, kaçınılmaz yanlışlar dışındaki hataları düzeltmek, değerlendirilmemiş bölümleri tamamlamak, bitki ve ayrıntıları uygun bir şekilde işaretlemek ve bunların türlerini belirlemek, eksikliklerini tamamlamak, fazlalıklarını kaldırmak ve adlandırmak yoluyla eksiksiz duruma getirme işlemine “Bütünleme” adı verilir.

HGK’nda gerçekleştirilen bütünleme uygulamalarında klasik yöntemde Alidat Olometrik aleti, 2005 yılından itibaren uygulamaya başlanan sayısal yöntemde ise El Bilgisayarı, GPS ve Lazer Mesafe Ölçer aletlerinden oluşan bir ölçü seti kullanılmaktadır (Şekil 5.15).



Şekil 5.15: Sayısal Sistemde El Bilgisayarı, GPS ve Lazer Mesafe Ölçer

5.6.1 Arazi çalışmalarının temel prensipleri

Arazide yapılacak “klasik” bütünleme işlemlerinin ana esaslarını oluşturan konular; fotogrametri yöntemiyle değerlendirilememiş bölümlerin tamamlanması, değerlendirilmiş ayrıntıların doğruluk bakımından kontrolü, eksik ayrıntıların tamamlanması ve yer adlarının tespiti şeklinde özetlenebilir.

“Klasik” ve “Sayısal” çalışmalarda gerçekleştirilen arazi çalışmalarında; arazi üzerinde bulunan doğal ayrıntılar, köyler ve kentlerde bulunan ayrıntılar, kamu yararına sunulmuş kuruluşlar, sınırlar ve yollar, telgraf ve telefon hatları, su detayları ve bu detaylarla bağlantılı kuruluşlar vb. kontrol edilmekte ve eksik olanlar tamamlanmaktadır (Şekil 5.16).



Şekil 5.16: Su Detaylarından Kanalet ve Su Sifonunun Görüntüsü

Yukarıda özetle anlatılan arazi bütünlemesi faaliyetleri, sadece arazi çalışmaları hakkında bir fikir vermek amacını taşımaktadır. Uygulamada, araziye çıkmadan önce, arazide ve arazi dönüşünde yapılan daha bir çok teknik ve idari faaliyet vardır.

Tez çalışmasında uygulanan arazi kontrol çalışmalarında ise bu faaliyetler genel olarak uygulanmaya çalışılmıştır ancak yapılan çalışmalarda alidat olimetrik aleti veya sayısal sistemler kullanılamamıştır.

5.6.2 Arazi çalışmaları için yapılan hazırlıklar

Arazi kontrol çalışmaları için öncelikle her bölgeye ilişkin olarak farklı görüntülerden yapılmış değerlendirmelerin çıktısı alınmıştır. Çıktılar alınırken değerlendirilmiş verilere sadık kalınmış ve veriler herhangi bir format dönüşümü ile düzenlemeye maruz kalmamışlardır.

Standart harita üretiminin 1 / 25.000 ölçekli olması ve büyük / küçük ölçekli çalışmalarda kullanılan detay sembolojisinin farklı olması nedeni ile arazide yapılacak çalışmalarda zorluk yaşanmaması için alınan çıktılar üzerinde çalışmalar yapılmış ve detayları tanıtıcı ilave notlar alınmıştır. Bu sayede alışık olunan 1 / 25.000 ölçekli detay sembolojisi yerine çalışmamızda kullanılan büyük ölçekli detay sembolojisi konusunda tecrübe kazanılmıştır.

Çıktılar ve alınan notlarla birlikte çalışmalarda kullanılmak üzere; daha önceden hazırlanmış olan detay özellik listeleri, önceki bölümde sunulan detay değerlendirme sonuç tabloları, Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği (1995), sayısal değerlendirme verilerinin de içinde yer aldığı bir diz üstü bilgisayar ve çalışma bölgesinin 1 / 25.000 ölçekli basılı paftası (Ankara İ29-c1) araziye çıkılırken birlikte götürülmüştür.

5.6.3 Arazi çalışmaları

Arazi çalışmaları bütünleme konusunda tecrübeli bir personel ile birlikte 29-30 Ekim 2005 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları hususi araç ile gerçekleştirilmiş ve yaklaşık olarak 130 km yol kat edilmiştir. Hususi araç kullanılması nedeni ve mevsim koşullarının etkisi ile asfalt yollar dışında hareket etme imkanı çok fazla bulunamamıştır. Ancak gerekli görülen yerlerde arabadan inilmiş, arazide gezilerek ve yerleşim yeri sahipleri ile görüşülerek çalışma gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca bölgede yer alan yerleşimin çoğunun özel mülkiyet olması nedeni ile bir çok arsaya girilememiştir. Ayrıca arazi çalışmalarının gerçekleştirildiği tarih ile görüntü alım tarihleri arasındaki zaman ve mevsim farkları nedeni ile arazi çalışmasının ilk hedefi olan “değerlendirmelerin doğruluk ve gerçeğe benzerlik derecesini tespit etmek” konusunda sıkıntılar yaşanmıştır.

Arazi çalışmasında sıra ile birinci, üçüncü ve ikinci bölgelere gidilmiştir. Bölgelerin köşelerinden çalışmalara başlanmış ve çalışma parsel parsel genişletilerek gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmasında öncelikle, görüntü alım tarihlerinde mevcut olan veya 3 yıldan daha eski olduğu tespit edilen / öğrenilen detayların görülüp görülemediği araştırılmıştır. Daha sonra da görülen detayların doğru olarak teşhis edilip edilemediği ve hangi görüntüde nasıl teşhis edildiği belirlenmeye çalışılmıştır.

En fazla verinin değerlendirilmiş olması nedeni ile arazi kontrol çalışmaları öncelikle hava fotoğrafları, daha sonra da uydu görüntüleri çıktıları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca; tereddüde düşülen anlarda çıktılar üzerine notlar alınmış, detayların öznitelikleri diz üstü bilgisayarda yer alan sayısal veriler incelenerek sorgulanmış ve eldeki mevcut listelerden tüm bu veriler kontrol edilmiştir.

Arazi çalışmasının büyük bölümü detay yoğunluğu nedeni ile birinci bölgede gerçekleşmiştir. Son üç yılda yoğun olarak çalışma yürütülen bir askeri alan inşaatı nedeniyle, ikinci bölgede değerlendirilen detayların güncelliği kaybolmuş ve (bölgenin askeri yasak alan içerisine alınması sonucunda) bu bölgede etkin bir çalışma gerçekleştirilememiştir.

Arazi çalışmasının sonunda gerçekleştirilen büro çalışmalarında ise, tereddüt yaşanan konular yeniden değerlendirilmiş ve sonuçlar yorumlanmaya çalışılmıştır.

5.7 Arazide Gerçekleştirilen Kontrol İşlemlerden Elde Edilen Sonuçlar

Bilindiği üzere hava fotoğrafları 29 Ağustos 2002, Ikonos ve Quickbird uydu görüntüleri ise 4 Ağustos 2002 ve 26 Mayıs 2002 tarihlerinde alınmıştır. Arazi çalışmalarının gerçekleştirildiği 29 Ekim 2005 tarihi ile görüntü alım tarihleri arasındaki zaman ve mevsim farkları nedeni ile arazi çalışmasının ilk hedefi olan “değerlendirilmiş bölgelerin doğruluk ve gerçeğe benzerlik derecesini tespit etmek” konusunda sıkıntılar yaşanmıştır. 3 yıldan fazla olan zaman farkının Gölbaşı gibi hızlı gelişen bir ilçede oluşturduğu yoğun detay değişimleri nedeni ile değerlendirmelerin doğruluk derecesini araştırmak çok mümkün olmamıştır.

Ayrıca hava fotoğraflarının stereo görüntüler üzerinden değerlendirilmiş olmasının detay tespitinden ziyade esas olarak detayların yorumlanmasında yarar sağlamış olması da dikkate alınarak, özellikle detayların görülüp görülemediği konusuna ağırlık verilmiştir. Bu nedenle, arazide gerçekleştirilen çalışma sonucunda yapılan değerlendirmelerde; uydu görüntülerinde görülen örneğin seranın bina olarak değerlendirilmesi hata olarak kabul edilmemiştir, fakat bu detayların hiç görülememesi hata olarak kabul edilmiştir. Aynı nedenle çizgisel (enerji nakil hatları, telefon hatları, yollar vb.) ve nokta (taşlık, kayalık, elektrik ve aydınlatma direkleri vb.) detayların görülememesi ve görüşün net olduğu durumlarda yanlış yorumlanması da aynı şekilde hata olarak değerlendirilmiştir.

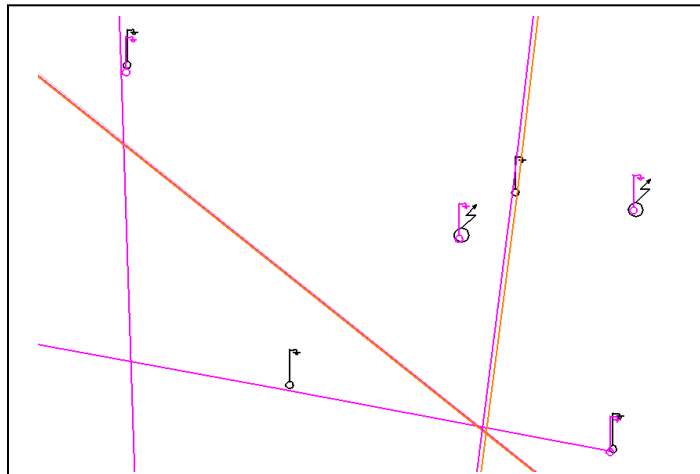
Arazi kontrolü çalışmalarından elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

◆ Bölgedeki yerleşim genelde belli bir alan üzerine kurulmuş olan bahçeli ve müstakil evler şeklinde özel mülkiyettir. Bu nedenle hemen hemen her arsanın içerisinde elektrik ihtiyacını karşılamak üzere direk tipi trafolar mevcuttur. Aynı şekilde bir çok arsada, su kullanımı için açılmış sondaj kuyuları da bulunmaktadır.

Operatörler özellikle direk tipi trafoların görülmesi konusunda sıkıntı yaşamışlardır. Benzer çalışmalarda da (Jacobsen, 2002) yaşanan bu sıkıntının bir nedeni, trafoların genelde arsanın sınırı boyunca dikilmiş olan ağaçlar arasında kalmasıdır. Bu ağaçlar ve oluşan komşu gölgeler nedeniyle trafolar operatör tarafından zor fark edilebilmektedir. Bir diğer neden ise, çok yakın mesafelerle yerleştirilmiş olan trafoların operatörün gözünden kaçmış olma ihtimalidir.

Sondaj kuyularının tespiti ve teşhisinde yaşanan zorlukların nedeni ise bazı kuyuların üst kısmının sundurma şeklinde kapatılmış olmasıdır. Bu nedenle operatörler farklı biçimde inşa edilmiş olan bu kuyuları doğal olarak ya fark edememiş, ya da farklı biçimde yorumlayabilmişlerdir.

Operatörler trafoların ve kuyuların görülmesinde ve teşhisinde genellikle uydu görüntülerinde büyük sıkıntılar yaşanmıştır. Hava fotoğraflarında ise bu sıkıntılar tespitten daha çok teşhis konusunda yaşanmıştır. Netice itibarı ile hava fotoğraflarının, direk tipi trafolar ile su kuyularının tespiti ve teşhisi konusunda, değerlendirme sonuçları ile uyumlu biçimde uydu görüntülerine çok önemli bir üstünlük sağladığı tespit edilmiştir (Şekil 5.17).



Şekil 5.17: Birinci Bölgede Görülen / Görülemeyen Elektrik Direkleri ve Hatalı Olarak Değerlendirilen Detaylar

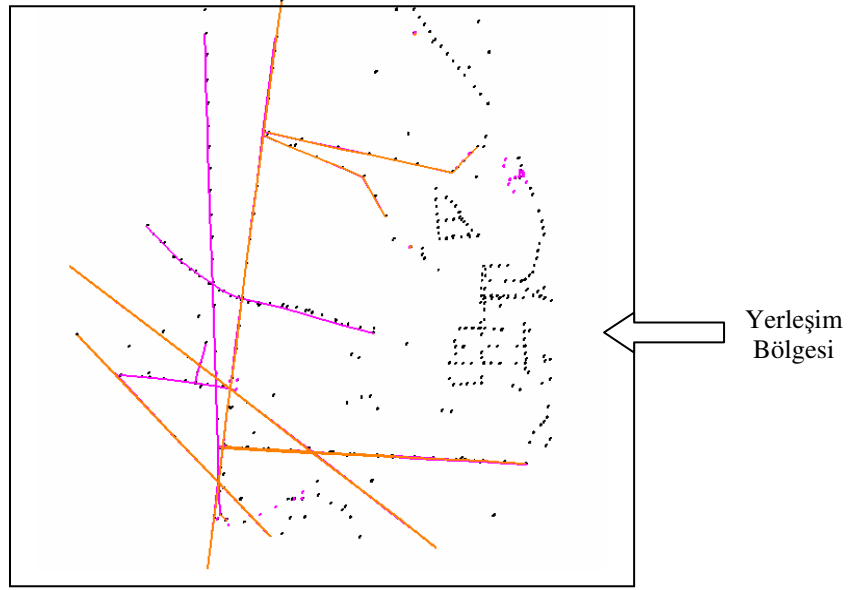
Şekil 5.17’de yer alan detaylardan siyah renkte olanlar hava fotoğrafında, pembe renkte olanlar Quickbird, kavuniçi renkte olanlar ise Ikonos uydu görüntüsünde değerlendirilmiştir.

◆ Enerji Nakil Hatları’nın (ENH) değerlendirilmesi konusunda da bazı sıkıntılar yaşanmıştır. Yerleşim yeri dışında bulunan ENH genellikle tüm görüntülerde tespit edilebilmektedir. Ancak çalışmamızda yer alan birinci bölge değerlendirmesinde arazi boyunca ilerleyen bir elektrik hattı Ikonos uydu görüntüsünde görülmemiş, bir diğeri ise telefon hattı şeklinde teşhis edilmiştir. Aynı şekilde üçüncü bölgede bulunan ana 34.5 KW’lık elektrik hatlarından birisi (hemen yanında yer alan bir başkası görülebildiği halde) Ikonos uydu görüntüsünde tespit edilememiştir.

Yoğun yerleşim yerlerinde bulunan elektrik ve telefon hatları ise sık sık gözden kaçabilmekte veya hiç görülemeyebilmektedir. Bu durum genel olarak hava fotoğraflarından ziyade uydu görüntülerinde gerçekleşmektedir. Yerleşim yerlerindeki bu detayların görülememe nedenleri, yine bu hatların yol kenarlarında dikilmiş olan ağaçlarla birlikte konumlanmış olmaları ve yerleşim yerlerinde çok sık aralıklarla operatörün karşısına çıkmalarıdır. Ağaçlar bu hatların görünümünü zorlaştırmakta veya birinci bölgede karşılaşıldığı şekilde hatların parça parça görülmesine neden olmaktadır. Operatör çalışma esnasında bölgeyi özenli ve dikkatli bir şekilde incelemeyiz ve planlı bir şekilde değerlendirmeyiz ise bu detayları gözden kaçırabilmektedir.

Bu duruma örnek olarak, birinci ve üçüncü bölgedeki yerleşim yerlerinde bulunan 34.5 KW’lık elektrik hatlarının hava fotoğraflarında genel olarak tespit edildiği halde uydu görüntülerinde çok az görülmüş veya hiç görülememiş olması gösterilebilir. Yine benzer şekilde, birinci bölgede yer alan 8 adet some noktası uydu görüntülerinde tespit edilememiştir. Bunlarla birlikte yüksek gerilim hatları (154 ve 380 KW’lık) her görüntüde tam olarak tespit edilebilmiştir (Şekil 5.18).

◆ Elektrik ve aydınlatma direkleri zor görülmektedir. Bu direklerin görülememe sebepleri enerji nakil hatları ile yaklaşık olarak aynıdır. Bu direkler de hava fotoğraflarında daha rahat görülmüş, uydu görüntülerinde ise tam olarak tespit edilememiştir.



Şekil 5.18: Birinci Bölgede Yer Alan Elektrik / Telefon Hatları

Şekil 5.18’de yer alan renkler de, Şekil 5.17’de tanımlanan renklerle aynı özelliklere sahiptirler.

- ◆ Reklam panoları hava fotoğraflarında yoğun bir şekilde tespit edilebilirken uydu görüntülerinde hemen hemen hiç görülememiştir.

- ◆ Tel çitlerin tespitinde de benzer sorunlarla karşılaşmıştır. Bazı tel çitler sadece hava fotoğraflarında görülebilirken bazıları (örneğin üçüncü bölgede dik şevin hemen alt tarafında yer alan uzun tel çit gibi) hiçbir bölgede görülememiştir.

- ◆ Küçük kulübeler (köpek kulübesi gibi) hiçbir görüntüde tam olarak görülememiştir.

- ◆ Vinçler de tam olarak görülememektedir. Görülebilen vinçlerin tamamı ise hava fotoğraflarında yer almaktadır. Örneğin birinci bölgede görülen 4 vinç her iki uydu görüntüsünde de görülememiştir.

- ◆ Sundurmalar çoğunlukla hava fotoğraflarında görülebilirken, uydu görüntülerinde çoğunlukla görülememektedirler. Örneğin üçüncü bölgede yapılan değerlendirmelerin arazi incelemesi esnasında, hava fotoğrafında görülen 6 adet sundurmadan; Ikonos uydusunda 4, Quickbird uydusunda ise 5 adedinin görülememiştiği ve görülenlerin de bina olarak değerlendirildiği tespit edilmiştir.

◆ Operatörler yerleşim yerlerinde bulunan ağları da iyi teşhis edememişlerdir. Bunun en büyük nedeni; operatörlerin ağları genellikle yerleşim yeri dışında değerlendiriyor olmalarıdır. Nitekim operatörler, küçük ölçekli çalışmalarda edindikleri bu tecrübelerle güvendikleri için, tez için yapılan büyük ölçekli değerlendirmelerde karşılaştıkları ve yerleşim yerlerinde binalar arasında kalmış ağları bina veya sundurma şeklinde yorumlamışlardır.

◆ Yollar, büyük köprüler, meyvelikler ve tek top ağaçlar bütün bölgelerde büyük oranda görülmüş ve doğru olarak teşhis edilmiştir (Şekil 5.19).



Şekil 5.19: Görüntülerde Kolaylıkla Tespit Edilebilen Beton Köprü Detayı

5.8 Detay Değerlendirme Çalışmasından Elde Edilen Genel Sonuçlar

Elde edilen sonuçları genel olarak özetlersek;

- ◆ Her üç bölgede de en fazla detay hava fotoğraflarında görülebildiği,
- ◆ Ikonos ve Quickbird uydu görüntülerinin detay değerlendirme sayıları konusunda birbirlerine belirgin bir üstünlük sağlayamadıkları,
- ◆ Toplam sonuçlara bakıldığında, hava fotoğraflarına en yakın değerlerin sırasıyla alan, nokta ve çizgi katmanında elde edildiği,
- ◆ Çizgi katmanında Quickbird, nokta katmanında ise Ikonos uydu görüntüsünde daha iyi oranlarda değerlendirme yapılabildiği,
- ◆ Direk tipi trafolar, sondaj kuyuları, yerleşim yerlerinde bulunan enerji nakil hatları ve ağlar, elektrik ve aydınlatma direkleri, reklam panoları, tel çitler, küçük

kulübeler, vinçler ve sundurmalar gibi detayların uydu görüntülerinde çok zor tespit edilebildiği ve

- ◆ Yollar, büyük köprüler, meyvelikler ve tek top ağaçlar gibi detayların ise bütün bölgelerde büyük oranda görüldüğü ve doğru olarak teşhis edildiği belirlenmiştir.

Yapılan tüm bu çalışmalar; deneyimli bir operatörün stereo hava fotoğrafları üzerinde gerçekleştireceği özenli bir değerlendirme ile; yukarıda sıralanan ve görülmesi zor detayları tam anlamı ile tespit ve teşhis edilebileceğini göstermektedir. Nitekim bu nedenle günümüzde 1 / 5.000 ölçekli harita üretimi halen uydu görüntüleri yerine stereo hava fotoğrafları ile gerçekleştirilmektedir.

Tabii ki stereo hava fotoğrafları kullanılsa dahi; bulut, gölge, mevsim koşulları, görüntü alım saati, aydınlık durumu vb. etkenler nedeni ile değerlendirme sonrasında arazide gerçekleştirilecek bir kontrol ve bütünleme işlemine mutlaka ihtiyaç duyulacağı da, bu çalışma ile bir kez daha ortaya konmuştur. Hava fotoğraflarının ölçeğini büyütmeyle arazi çalışmasına olan ihtiyacı azaltmak mümkündür ancak aynı olanak uydu görüntüleri için geçerli değildir.

Dünya literatüründe incelenen çalışmalarda da,

- ◆ İyi bir geometrik doğruluk sağlayabilmelerine karşılık yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinde nesne tanımlama ve görüntü kalitesi konularının hala zayıf olduğu,

- ◆ 61 cm piksel boyutuna sahip Quickbird görüntüsünde gözlenen performansın, 1 m piksel boyutuna sahip Ikonos verisinden daha iyi olduğu ancak 60 cm piksel boyutuna sahip hava fotoğraflarından daha düşük bir veri değerlendirme yeteneğine sahip olduğu tespit edilmiştir (Baltasvias ve diğ., 2004).

Diğer taraftan;

- ◆ Ikonos görüntüsünün bütün bantlarda daha yüksek bir varyansa (karşıtlık) ve entropi değerine sahip olduğu,

◆ Quickbird görüntüsünün de orman bitki örtüsü alanlarında daha iyi detay tespit ve teşhisi imkanı verdiği,

◆ Sadece multispektral bantlar denendiğinde Quickbird görüntüsüne oranla Ikonos görüntüsünün spektral açıdan daha iyi bir şekilde ince ayrıntıları fark edebilmekte olduğu,

◆ Ikonos pankromatik bandını temel alan sınıflandırmaların, detayların tespiti konusunda Quickbird görüntülerindeki sınıflandırmalara nazaran daha iyi sonuçlar verdiği (Wang ve diğ., 2004),

◆ Aster uydu görüntülerinin Landsat uydu görüntüleri kadar detaylı bilgi göstermediği ve bu görüntülerde geniş yollar görünmekle birlikte topoğrafik haritalarda gösterilen bazı detayların, KVR1000 uydu görüntüleri kullanıldığında da küçük yol ağlarının görülemediği (Topan ve diğ., 2004),

literatürde yer alan çalışmalarla tespit edilmiştir.

Netice itibarı ile yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile büyük ölçekli (1 / 5.000) harita üretim çalışmaları yapıldığında, bütün detayların operatörler tarafından tam olarak görülebilmesi ve doğru olarak değerlendirilmesi şu an için mümkün görülmemektedir. Ayrıca bu görüntülerle yapılacak değerlendirmelerin çok yoğun ve zahmetli arazi çalışmaları gerektireceği de unutulmamalıdır.

6. SONUÇ VE TEKLİFLER

Günümüz haritacılık çalışmalarının temel yöntemi olan uzaktan algılama ilk olarak 2000 yıl önce Roma devrinde kullanılmıştır. 1900'lü yıllarda kullanılmaya başlanan klasik hava fotoğrafçılığının sınırlı kalması sonucunda ise insanoğlu, daha geniş alanları daha hızlı ve ayrıntılı biçimde inceleyebilmek amacıyla uydu teknolojisini kullanmaya başlamıştır. Nitekim 4 Ekim 1957' de fırlatılan Sputnik-1 uydusu ile başlayan uzay yarışında, Ikonos ve Quickbird uydularının 1999 ve 2001 yıllarında hizmete girmesi ile yeni bir döneme girilmiştir. Bu yeni dönemde, yüksek çözünürlükte görüntüler elde edilebilecek kadar üstün bir seviyeye ulaşılmıştır.

Erişilen bu üstün kalite düzeyi, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin farklı bir çok haritacılık çalışmalarında kullanılabileceğini ve hatta büyük ölçekli harita üretim çalışmalarında dahi iyi bir veri kaynağı olabileceğini göstermiştir. Ayrıca toplanan veriler artık sadece harita üretiminde değil, Coğrafi Bilgi Sisteminde (CBS) yer alan veri tabanlarında da kullanılmak istenmektedir. Çünkü bu sayede veriler, çok disiplinli çalışmalarda kullanılabilmekte, sorgulanabilmekte ve analiz edilebilmektedir.

Bu bağlamda yapılan tezin hedefi, “yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden büyük ölçekli (1 / 5.000) harita üretilebilirliğini” araştırmak olarak belirlenmiştir. Bu hedefle gerçekleştirilen çalışmalarda sadece farklı sayı ve dağılımdaki YKN'nın kullanıldığı geometrik doğruluk konusu incelenmemiştir. Bu konu ile birlikte literatürde pek rastlanmayan detay değerlendirme konusunun da araştırılmasına özellikle önem verilmiştir.

Bu kapsamda; farklı detaylara ve farklı arazi özelliklerine sahip bölgelerde, büyük ölçekli harita üretimine yönelik değerlendirme işlemleri farklı operatörler tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha sonra da bu değerlendirmeler, arazide gerçekleştirilen çalışmalarla kontrol edilmiştir.

Bu bölümde, yapılan araştırmalardan elde edilen ve 4.11, 5.5, 5.7 ve 5.8 bölümlerinde detaylı olarak sunulan sonuçlar genel olarak özetlenmiştir.

6.1 Geometrik Doğruluk Araştırmasının Sonuçları

Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliğine (1995) göre “detay noktaları, haritada en az 0.2 mm konum doğruluğunu sağlayacak nitelikte olmak üzere paftaya konur”. Tez çalışmasının yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden büyük ölçekli (1 / 5.000) harita üretilebilirliği konusuna cevap aradığı düşünülerek, geometrik doğruluk araştırmasından elde edilen sonuçlar hep bu ifade dikkate alınarak yorumlanmıştır. Nitekim söz konusu ölçekte 0.2 mm’lik konum doğruluğu 1 m’ye karşılık gelmektedir.

Ayrıca bu araştırmada bütün gözlemlerin hem 3 σ hem de 2 σ aralığında olma ihtimali değerlendirilmiştir. Ancak hem daha fazla test noktası kullanılması hem de daha fazla güvenilirliğe sahip olması nedeniyle 3 σ aralığında elde edilen sonuçlara daha fazla önem verilmiştir.

Geometrik doğruluk araştırmasından elde edilen sonuçlar incelendiğinde;

- ◆ HF-SYM kullanılan 1 / 16.000 ölçekli hava fotoğraflarından elde edilen sonuçların istenen doğruluğu (1 m) mutlak ortalama hatada yaklaşık olarak sağladığı, ancak 3 σ değerine yakın hatalar nedeniyle karesel ortalama hatada (KOH) sağlayamadığı,

- ◆ Uydu görüntülerinden elde edilen sonuçların hem mutlak hem de KOH’da istenen doğruluğu çoğunlukla sağlayamadığı,

- ◆ Ancak 4 / 5 YKN kullanılan Quickbird uydu görüntülerinden elde edilen sonuçların hava fotoğrafları sonuçlarına neredeyse eşit olduğu,

- ◆ Noktaya yanaşma doğruluğunun yüksekliği ve SYM kullanımının hatalarını içermemesi nedeniyle, stereo Ikonos uydu görüntülerinden elde edilen sonuçların tüm okumalar içerisinde en iyi değerlere sahip olduğu,

◆ Ikonos-SYM kullanılan görüntülerin, hava fotoğraflarından elde edilen HF-SYM kullanılan görüntüler kadar iyi sonuçlar verdiği,

◆ Daha fazla YKN okunmasının da katkısı ile, Quickbird uydu görüntülerinin (9 YKN) Ikonos uydu görüntülerinden (7 YKN) daha iyi performans sergilediği,

◆ YKN kalitesine de bağlı olmakla birlikte, YKN sayısının azalması ile doğrulukların Ikonos görüntülerinde kötüleştiği, Quickbird uydu görüntülerinde ise iyileştiği,

◆ Uyduların kendi yöneltme parametreleri kullanıldığında, Quickbird uydusuna nazaran Ikonos uydu görüntülerinde çok daha iyi sonuçlar elde edildiği ancak uydu yörünge açıları nedeniyle her iki uydu görüntüsünde de yaklaşık doğu - kuzey doğu yönünde sistematik hatalar gözlemlendiği,

◆ YKN kullanılan çalışmalarda ise hataların her yönde gerçekleştiği,

◆ Kaba hataların YKN ağının kenar / dış bölgelerinde oluştuğu ve özellikle görüntülerde çok net bir şekilde tespit edilemeyen noktalar üzerinde yoğunlaştığı,

◆ Ölçümlerden elde edilen hataların genel itibarı ile normal dağılıma uyduğu ve ölçümler esnasında sistematik hatalar yapılmadığı,

◆ Nispeten daha büyük olan hata değerlerinin, düz ve alçak alanlardan ziyade eğim oranının ve yükseklik değişiminin fazla olduğu engebeli alanlarda oluştuğu tespit edilmiştir.

6.2 Detay Değerlendirme Araştırmasının Sonuçları

Küçük piksel boyutlarına sahip olmak, detayların doğru olarak tespit ve teşhis edilebilmesi için yeterli olmamaktadır. Nitekim piksel boyutları çok iyi seviyede olmasına rağmen, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinde sınırlı / doğrusal detaylar ile küçük / karmaşık şekillerin düzgün ve net bir şekilde görülebilmesi oldukça zordur. Bu nedenle görülemeyen veya eksik / hatalı olarak değerlendirilen detayların kontrolü ve tamamlanması için, diğer veri kaynaklarına veya arazi çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Detay değerlendirme çalışmalarından elde edilen sonuçlar incelendiğinde;

- ◆ Her u bölgede de en fazla detayın hava fotoğraflarında görülebildiği,
- ◆ İkonos ve Quickbird uydularından yapılan değerlendirmelerin detay sayıları ve görülebilme oranları konularında birbirlerine belirgin bir üstünlük sağlayamadıkları,
- ◆ En düşük yüzde değerlerinin birinci bölgedeki çizgi ve ikinci bölgedeki alan katmanlarında elde edildiği,
- ◆ Toplam sonuçlara bakıldığında, hava fotoğraflarına en yakın değerlerin sırasıyla; alan, nokta ve çizgi katmanlarında elde edildiği,
- ◆ Alan katmanında her iki uydu görüntüsünde de aynı oranda detay değerlendirmesi yapılabilmişken, çizgi katmanında Quickbird, nokta katmanında ise İkonos uydu görüntüsünden daha iyi oranlarda değerlendirme yapılabil-diği,
- ◆ Hava fotoğraflarında değerlendirildiği halde uydu görüntülerinde görülemeyen detayların genellikle her iki uydu görüntüsünde de tespit edilemediği,
- ◆ İçerisinde az veya hiç detay görülemeyen katmanlar bir arada değerlendirildiğinde; sınır, kaya / taşlık ve kumluk arazi, sundurma, şev ve doğal yarma, hendek / set ve hyk, mezarlık, telefon-elektrik direkleri ve kaldırım detaylarında yığılma olduğu,
- ◆ Hava fotoğrafında görülemeyen ancak uydu görüntülerinde tespit edilen detayların çok az sayılarda (maksimum 4) değerlendirildiği tespit edilmiştir.

Arazi kontrolü çalışmalarından elde edilen sonuçlar incelendiğinde ise;

- ◆ Yüksek ağaçlar ve komşu gölgeler nedeniyle operatörlerin, müstakil ve bahçeli evlerin çoğunda bulunan direk tipi trafolar ile sondaj kuyularını özellikle uydu görüntülerinde zor tespit ettikleri ve
- ◆ Bazı kuyuların st kısmının sundurma şeklinde kapatılmış olması nedeniyle farklı biçimde yorumlayabildikleri,

◆ Yerleşim yeri dışında bulunan enerji nakil hatlarının (ENH) genellikle tüm görüntülerde tespit edilebildiği ancak özellikle uydu görüntüleri değerlendirilirken, yoğun yerleşim yerlerinde bulunan elektrik ve telefon hatları ile elektrik / aydınlatma direklerinin sık sık gözden kaçtığı veya hiç görülemediği,

◆ Reklam panoları, sundurmalar, tel çitler, küçük kulübeler ve vinçlerin genel olarak hava fotoğraflarında tespit edilebildiği ancak uydu görüntülerinde hemen hemen hiç görülemediği,

◆ Ağılların genellikle yerleşim yeri dışında bulunması nedeniyle, operatörlerin yerleşim yerlerinde bulunan ağılları iyi teşhis edemedikleri ve binalar arasında kalmış ağılları bina veya sundurma şeklinde yorumladıkları,

◆ Yollar, meyvelikler ve tek top ağaçların bütün bölgelerde büyük oranda görüldüğü ve doğru olarak yorumlandığı tespit edilmiştir.

6.3 Sonuçların Değerlendirilmesi

Elde edilen geometrik doğruluk sonuçları, her iki uydu görüntüleri ile 1 / 10.000 ölçeğinde, Quickbird uydu görüntüleri ile de standart dışı olacak şekilde 1 / 7.000 - 1 / 7.500 gibi daha büyük ölçeklerde harita üretiminin mümkün olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte; stereo görüntülerde yapılan okumalarda noktaya yanaşma doğruluğunun daha yüksek olması ve bu okumaların SYM kullanımının getirdiği hataları içermemesi nedeni ile, stereo Ikonos uydu görüntüleri ile yaklaşık 1 / 6.000 ölçeğine kadar harita üretiminin de gerçekleştirilebileceğini söylemek mümkündür.

Yapılan araştırmalar ile;

- ◆ YKN sayısı kadar YKN kalitesinin de önemli olduğu,
- ◆ Kaliteli 4 / 5 YKN'nın yeterli geometrik doğruluğu (1 m) sağlayabileceği,
- ◆ Ikonos-SYM'nin HF-SYM yerine kullanılabileceği ve

◆ İkonos ile Quickbird uydularından yapılan değerlendirmelerin detay sayıları ve görülebilme oranları konularında birbirlerine belirgin bir üstünlük sağlayamadıkları kanıtlanmıştır.

Ancak, büyük ölçekli bir haritada değerlendirilmesi gereken tüm detayların yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinde operatörler tarafından tam olarak görülebilmesi ve doğru olarak değerlendirilmesi şu an için mümkün görülmemektedir. Çünkü yapılan çalışmalar, bu görüntülerdeki sınırlı / doğrusal ve küçük / karmaşık detayların tespiti ve teşhisi konularında hala sıkıntılar yaşandığını göstermiştir.

Bu nedenle elde edilen sonuçlar, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin büyük ölçekli (1 / 5.000) harita üretim çalışmaları için gereken doğruluğa henüz ulaşamadıklarını göstermektedir.

Öte yandan; deneyimli bir operatörün stereo hava fotoğrafları üzerinde gerçekleştireceği özenli bir değerlendirme çalışması ile; direk tipi trafo, anten, enerji nakil hattı, elektrik ve aydınlatma direkleri, tel çit, vinç vb. gibi görülmesi zor detayların çok büyük oranda tespit ve teşhis edilebileceği belirlenmiştir. Bu nedenle günümüzde 1 / 5.000 ölçekli harita üretimi halen stereo hava fotoğrafları ile gerçekleştirilmektedir.

Tabii ki stereo hava fotoğrafları kullanılsa dahi; bulut, gölge, mevsim koşulları, görüntü alım saati, aydınlık durumu vb. etkenler nedeni ile değerlendirme sonrasında arazide gerçekleştirilecek bir kontrol ve bütünleme işlemine ihtiyaç duyulacağı unutulmamalıdır. Hava fotoğraflarının alım ölçeği büyütülerek veya kamera özellikleri iyileştirilerek söz konusu arazi çalışmalarına olan ihtiyaç minimum seviyeye indirilebilir ancak uydu görüntülerinde böyle bir seçenek söz konusu değildir. Bu durum hava fotoğrafları lehine önemli bir avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü görülmesi ve yorumlanması en zor olan detaylar, aynı zamanda arazide gerçekleştirilen bütünleme ve kontrol işlemlerinde en çok emek ve zaman harcanan detaylardır.

Elbette amaca en uygun görüntü seçimini yapabilmek için öncelikle üretilcek coğrafi üründen beklenen doğruluğun ve üretim yapılacak ürünlerin ölçek bazında alt ve üst sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir. Beklenen doğruluk ve üretim ölçeği belirlendikten sonra yapılacak işlem, belirlenen doğrulukta fotogrametrik harita

üretimini sağlayacak en ekonomik görüntünün en kısa sürede elde edilmesi çalışmalarını yürütmektir (Yıldırım, 2004).

Uzaktan algılamada önümüzdeki dönemde; büyük uydu sistemleri yerine çok daha hafif, belirli bir amaca yönelik ve düşük maliyetli uyduların uzaya gönderilmesi, uydu görüntülerinde çözünürlük düzeyinin beş yıl içerisinde 50 cm'nin altına inmesi (DigitalGlobe firması 50 cm çözünürlüğe sahip WorldView adlı uyduyu, OrbImage firması ise 41 cm çözünürlüğe sahip OrbView-5 adlı uyduyu fırlatmayı düşünmektedir) ve arşivleme maliyetlerinin azalması beklenmektedir.

Ancak bazı uydularda görüntülerin oldukça dar alanları kaplaması nedeniyle maliyetlerin hala yüksek olması, uydunun aynı gözlem noktasına gelme süresinin birkaç güne kadar uzaması ve birbirlerinin etki alanına giren uydu yer istasyonlarında önceliklerin kimlere ait olacağı tartışmalarının da devam edeceği öngörülmektedir. Ayrıca uydu ömürlerinin tam olarak belli olmaması, yedek bir uydu sisteminin olmaması ve uyduda meydana gelecek arızaların giderilip giderilemeyeceği veya ne kadar sürede giderilebileceği konuları da uydu görüntüleri için çok büyük handikaplar olarak görülmektedir.

Bu nedenle uydu görüntülerini temel veri kaynağı olarak kullanmayı düşünen haritacılık kuruluşları çok büyük riskler almak zorundadırlar. Yıllar boyunca ve kesintisiz olarak veri desteği sağlama garantisi veremeyen uydu sistemlerini tek başlarına kullanmak, uzun dönemde haritacılık üretimlerini ve güncelleme çalışmalarını sekteye uğratabilecektir. Bunun yerine uydu görüntülerini alternatif veri kaynağı olarak kullanmak veya başka veri çeşitleri ile desteklemek daha uygun olacaktır.

Tüm bu değerlendirmeler; hava trafiği yoğun olan veya ülke sınırına yakın bölgelerde fotoğraf alımının özel izinlere tabi olması ve kayıt yeteneğinin 0.3-0.9 mikronluk spektral bölge ile sınırlanmış olması gibi dezavantajlarına rağmen, hava fotoğraflarının büyük ölçekli (1 / 5.000 ve daha büyük) harita üretim çalışmalarındaki egemenliğinin bir süre daha devam edeceğini göstermektedir. Bu nedenle;

◆ yüksek çözünürlüklü görüntü ihtiyacı duyulan ve yoğun detaya sahip yerleşim yerlerinde *hava fotoğraflarının*,

♦ orta ve düşük çözünürlüklü görüntü ihtiyacı duyulan, bitki örtüsü, toprak sınıflandırması ve değişim tespitine önem verilen araştırmalar ile az detaya sahip geniş arazi bölgelerinde ise *uydu görüntülerinin*,

kullanılmasının maliyet yönünden en uygun çözüm olacağı değerlendirilmektedir.

Tabii ki bu tez çalışmasında sunulan tüm sonuçların ve değerlendirmelerin; kullanılan görüntülerin özelliklerine, görüntü alım şartlarına (açısal ve zamansal), çalışma bölgesinin topoğrafik özelliklerine, YKN ile test noktalarının doğruluklarına ve operatörlerin kişisel hatalarına bağlı olarak elde edildikleri de gözden kaçırılmamalıdır.

6.4 Teklifler

Yapılan çalışmada bazı zorluklar yaşanmıştır. Bunlar aşağıda sıralanmıştır:

♦ Bilindiği üzere hava fotoğrafları ile Ikonos uydu görüntüleri Ağustos, Quickbird uydu görüntüleri ise Mayıs ayında alınmıştır. Ayrıca arazi çalışmalarının gerçekleştirildiği tarih ile görüntü alım tarihleri arasında 3 yıldan daha fazla bir zaman farkı vardır.

Görüntüler ve çalışmalar arasındaki bu zaman ve mevsim farklılıkları nedeni ile, değerlendirilmiş bölgelerin doğruluk ve gerçeğe benzerlik derecesinin arazide kontrolü konusunda sıkıntılar yaşanmıştır.

♦ Arazi çalışmaları esnasında; hususi araç kullanılması ve mevsim koşulları nedeni ile asfalt yollar dışında çok fazla hareket etme imkanı bulunamamıştır. Bu sıkıntıyı aşmak için gerekli görülen yerlerde yaya olarak gezilmiş ve yerleşim yeri sahipleri ile görüşülerek bilgi alınmıştır.

♦ Teknik nedenlerle görüntülerin stereo ve mono olarak farklı şekillerde değerlendirilmesi, detayların yorumlanmasında ve karşılaştırılmasında bazı karışıklıklara sebep olmuştur.

◆ Test noktalarının arazide işaretlenmemiş olması; hem görüntüler üzerinde bu noktalara yanaşılmasında daha kolay hata yapılmasına neden olmuş, hem de bu noktaların hepsinin veya bir bölümünün YKN olarak kullanılmasına engel olmuştur.

Bu nedenlerle, önümüzdeki dönemde gerçekleştirilecek çalışmalarda;

◆ Kullanılacak görüntülerin mümkün olan en kısa zaman dilimi içerisinde alınmış olmasına önem verilmeli ve bu sayede mevsim koşullarından etkilenen bitki örtüsünün her görüntüde aynı yansıma değerlerini vermesi sağlanmalı,

◆ Değerlendirme ve arazi çalışması, görüntü alımından hemen sonra ve mümkünse yaz aylarında yapılmalı,

◆ Arazi çalışmasında bütün bölgenin dolaşılabilmesi ve doğal engellerden en az seviyede etkilenilmesi için, hususi araç yerine yerden yüksek bir arazi aracının kullanılması tercih edilmeli,

◆ Test noktalarının görüntülerde tespiti konusunda yaşanan zorlukların aşılabilmesi için; noktalara insan yapımı hazır işaretleme panellerinin yerleştirilmesi (Helder ve diğ., 2003) veya bu noktaların belirli aralıklarla (örneğin 1 km) siyah renkli arka plan üzerine beyaz renkle boyanması (Li ve diğ., 2000) düşünülmeli,

◆ Geometrik doğruluk konusunun yatay düzlemle birlikte düşey düzlemde de incelenebilmesi ve detay değerlendirme çalışmalarının daha detaylı ve gerçekçi sonuçlar verebilmesi için de, hem hava fotoğraflarının hem de uydu görüntülerinin stereo olarak temin edilmesi ve kullanılması sağlanmalıdır.

Bu kapsamda gerçekleştirilecek bir yüksek lisans veya doktora çalışmasının, literatürde yer alan araştırmalara büyük katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Ackerman, F.**, 1996. Digital Photogrammetry: An Addendum to the Manual of Photogrammetry Tecniques and Strategies for DEM Generation, Chapter 6, 135, ABD.
- Aksu, O.**, 1998. Analitik ve Digital Fotogrametrik Nirengi Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alexandrov, A., Hristova, T., Ivanova, K., Koeva, M., Madzharova, T., Petrova, V.**, 2004. Application of Quickbird Satellite Imagery For Updating Cadastral Iinformation, *XX. Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) Kongresi*, Komisyon II, Çalışma Grubu II/6, 12-23 Temmuz 2004, İstanbul.
- Amato, R., Dardanelli, G., Emmolo, D., Franco, V., Brutto, M. L., Midulla, P., Orlando, P., Villa, B.**, 2004. Digital Orthophotos at a Scale of 1:5 000 from High Resolution Satellite Images, *XX. Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) Kongresi*, Komisyon IV, Çalışma Grubu IV/7, 12-23 Temmuz 2004, İstanbul.
- Atak, V.O. ve Aksu, O.**, 2004. Algılayıcı Yönelme Sistemleri, *Harita Dergisi*, Harita Genel Komutanlığı-Ankara, **132**, 26-37.
- Baltsavias, E., O’Sullivan, L., Zhang, C.**, 2004. Automated Road Extraction and Updating Using the ATOMI System-Performance Comparison Between Aerial Film, ADS40, IKONOS and QUICKBIRD Orthoimagery, *XX. Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) Kongresi*, Komisyon III, Çalışma Grubu III/7, 12-23 Temmuz 2004, İstanbul.
- Baltsavias, E., Li, Z., Eisenbeiss, H.**, 2006. DSM Generation and Interior Orientation Determination of Ikonos Images Using a Testfield in Switzerland, *Photogrammetrie-Fernerkendung-Geoinformation*, *E. Schweizbart’sche Verlagsbuchhandlung*, Stuttgart-Almanya, **1**, 41-54.

- Bayır, İ.**, 2003. Ikonos Collection Capability with the Direct Tasking from a Regional Operation Center, *Joint Workshop “High Resolution Mapping from Space”*, Hannover-Almanya.
- Bouillon, A., Bernard, M., Gigord, P., Orsoni, A., Rudovski, V., Baudoin, A.**, 2006. Spot 5 HRS Geometric Performances: Using Block Adjustment As a Key Issue to Improve Quality of DEM Generation, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **60**, 134-146.
- Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği**, 1995. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası – İstanbul Şubesi, Ankara.
- Deakin, R. E. Ve Kildea, D. G.**, 1999. A Note on Standart Deviation and RMS, The Australian Surveyor, Volume 44, **1**, 74-79.
- Erbay, Y.**, 2006. Nik Şirketler Grubu, Kişisel Görüşme.
- Erdoğan, M.**, 2006. Veri tipi, kalitesi ve üretim metotlarına Göre SYM Standartlarının Araştırılması, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (yayınlanmadı).
- Evsahibioğlu, N.**, 1994. Uzaktan Algılama Temel Eğitimi Ders Notları, UBİTEK Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Kursu, TÜBİTAK-MAM Uzak Teknolojileri Bölümü, MAM/UTB Özel Yayını, **6**, 1-36.
- Fraser, C. S., Baltsavias, E., Gruen, A.**, 2002. Processing of Ikonos imagery for submeter 3D positioning and building extraction. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, No:1209, **56 (3)**, 177-194.
- Fraser, C. S. ve Hanley, H. B.**, 2003. Bias Compensation in Rational Functions for Ikonos Satellite Imagery, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **69**, 53–58.
- Fraser, C. S., Dial, G., Grodecki, J.**, 2006. Sensor Orientation via RPC's, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **60**, 182-194.
- Grodecki, J. ve Dial, G.**, 2001. Ikonos Geometric Accuracy, *Proceedings of Joint International Workshop on High Resolution Mapping From Space*, 19-21 Eylül, 77-86, Hannover-Almanya.

- Grodecki, J. ve Dial, G.,** 2003. Block Adjustment of High-Resolution Satellite Images Described by Rational Functions, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **69**, 59–69.
- Grodecki, J. ve Lutes, J.,** 2005. IKONOS Geometric Calibrations, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing – ASPRS, Baltimore-ABD.
- Gürdal, M.A.,** 2003. İkonos Uydusu Görüntülerinin Test Edilmesi Amacıyla Yapılan GPS Ölçülerinin Değerlendirilmesi, HGK Jeodezi Dairesi Başkanlığı Çalışma Raporu, Ankara.
- Hanley, H. B. ve Fraser, C. S.,** 2004. Sensor Orientation for High-Resolution Satellite Imagery: Further Insights into Bias-Compensated RPCs, XX. *Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) Kongresi*, Komisyon I, Çalışma Grubu I/2, 12-23 Temmuz 2004, İstanbul.
- Heipke, C.,** 1996. Overview of Image Matching Techniques. *OEEPE Official Publication*, **33**, 173-189.
- Helder, D., Coan, M., Patrick, K., Gaska, P.,** 2003. İkonos Geometric Characterization, *Remote Sensing of Environment*, **88**, 69-79.
- Holland, D., Guilford, R., Murray, K.,** 2002. OEEPE Official Publication No. **44**, OEEPE Project on Topographic Mapping from High Resolution Space Sensors.
- Holland, D. ve Marshall, P.,** 2004. Updating Maps In a Well-Mapped Country Using High Resolution Satellite Imagery. XX. *Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) Kongresi*, Komisyon II, Çalışma Grubu II/6, 12-23 Temmuz 2004, İstanbul.
- Holland, D., Body, D. S., Marshall, P.,** 2006. Updating Topographic Mapping in Great Britain Using Imagery from High resolution Satellite Sensors. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **60**, 212-223.
- İnce, F.,** 1986. Uzaktan Algılamada Sayısal Görüntü İşleme. TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi (MAM), Elektronik Araştırma Bölümü, Özel Yayın No: ÖY-86/02.

- Inpho**, 1999. Static and Kinematic Positioning (SKIP) with the GPS. User Manuel Version 2.39, Stuttgart – Almanya.
- İşcan, L.**, 2004. İkonos Uydu Görüntüsünün Kullanım Olanakları, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- İşcan, L., Aksu, O., Önder, M., Atak, V.O., Lenk, O., Gürdal, M.A.**, 2004. Accuracy Assessment of High Resolution Satellite Images. XX. Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) Kongresi, Komisyon IV, Çalışma Grubu IV/7, 12-23 Temmuz 2004, İstanbul.
- İşlem Şirketler Grubu**, 2002a. Uzaktan Algılama Dokümanı, Ankara.
- İşlem Şirketler Grubu**, 2002b. Erdas Imagine Temel Yazılımı Dokümanı, Kurs Notları, Cilt 1, Ankara.
- Jacobsen, K.**, 2002. Mapping with Ikonos Images, *EARSeL Symposium: "Geoinformation for European-wide Integration"*, Millpress ISBN 90-77017-71-2, 149-156, Prag-Macaristan.
- Jensen, J.R.**, 1986. Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective, New Jersey-ABD.
- Kaczynski, R., Majde, A., Ewiak, I.**, 2004. Accuracy of DTM and Ortho Generated From Ikonos Stereo Images, XX. *Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) Kongresi*, 12-23 Temmuz 2004, İstanbul.
- Kay, S., Zielinski, R., Spruyt, P., Mihaly, S., Winkler, P., Ivan, G.**, 2004. An Independent Evaluation of the Spot Image/IGN Reference3D Digital Elevation Model and HRS Orthoimage Products, *Proceedings of the 10th Conference on Control with Remote Sensing of Area Based Subsidies*, 25-27 Kasım 2004, Budapeşte - Macaristan, http://agrifish.irc.it/marspac/cwrs/meetings/2004-11_budapest.htm.
- Kemper, G., Çelikoyan, M., Altan, O., Toz, G., Lavalle, C., Demicelli, L.**, 2004. RS-Techniques for Land Use Change Detection – Case Study of İstanbul, XX. *Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) Kongresi*, 12-23 Temmuz 2004, İstanbul.

- Li, R., Zhou, G., Yang, S., Tuell, G., Schmidt, N. J., Fowler, C.,** 2000. A Study of the Potential Attainable Geometric Accuracy of Ikonos Satellite Imagery, *IXX. Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) Kongresi*, Komisyon IV, Çalışma Grubu IV/6, 16-23 Temmuz 2000, Amsterdam-Hollanda.
- Michalis, P. ve Dowman, I.,** 2006. Sensor Model Evaluation and DEM Generation for CARTOSAT-1, *Proceedings of the ISPRS Commission IV Symposium on Geospatial Databases for Sustainable Development*, 27-30 Eylül 2006, Goa-Hindistan, IAPRS&SIS, **36**, 1009-1013.
- Önder, M.,** 1993. Uzaktan Algılama Ders Notları, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Önder, M.,** 1998. Uydu Görüntülerinden - Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemine Temel Oluşturacak Nitelikte - Topoğrafik Harita Üretimine Veya Güncelleştirmesine Yönelik Analiz ve Öneriler, *Doktora Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Önder, M.,** 1999, Uzaktan Algılama Ders Kitabı, Kara Harp Okulu Basımevi, Ankara.
- Önder, M.,** 2001. Uzaktan Algılamada Topoğrafik Uygulamalar, Harita Yüksek Teknik Okulu, Harita Genel Komutanlığı Matbaası, Ankara
- Önder, M.,** 2002. Geçmişten Günümüze Resimlerle Türk Haritacılık Tarihi, Harita Genel Komutanlığı Matbaası, Ankara.
- Önder, M.,** 2006. İnta Uzay Sistemleri, Kişisel Görüşme.
- Özbalmumcu, M.,** 2003, Uydu Görüntülerinin Temin Edilmesi ve Kullanılmasına Yönelik Temel Esaslar, Silahlı Kuvvetler Dergisi, Genel Kurmay Basımevi, Ankara, **375**, 29-50.
- Passini, R. ve Jacobsen, K.,** 2004. Accuracy Analysis of Digital Orthophotos from Very High Resolution Imagery, *XX. Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) Kongresi*, Komisyon IV, Çalışma Grubu IV/7, 12-23 Temmuz, İstanbul.
- Petrie, G.,** 2002. A Report on the Washington Meeting, The ACSM-ASPRS Conference, **5**, 42-43.

- Radwan, M.M.**, 1984. Lectures Notes on Geometric Correction of Remote Sensing Data, ITC Publications.
- Reinartz, P., Müller, R., Lehner, M., Schröder, M.**, 2006. Accuracy Analysis for DSM and Orthoimages Derived from Spot HRS Stereo Data Using Direct Georeferencing, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **60**, 160-169.
- Richards, J.A.**, 1993. Remote Sensing Digital Image Analysis (An Introduction), Second, Revised and Enlarged Edition, Springer-Verlag, Heidelberg.
- Richards, J.A. ve Jia, X.**, 1998. Remote Sensing Digital Image Analysis (An Introduction), Third, Revised and Enlarged Edition, Springer-Verlag, Heidelberg.
- Sadeghian, S., ve Zoej, M. J. V.**, 2004. Comparative Testes of Mathematical Models for Accuracy Potential of Point Measurements in IKONOS Geo Image, XX. *Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) Kongresi*, Komisyon III, Çalışma Grubu III/1, 12-23 Temmuz 2004, İstanbul.
- Sawaya, K. E., Olmanson, L. G., Heinert, N. J., Brezonik, P. L., Bauer M. E.**, 2003. Extending Satellite Remote Sensing to Local Scales: Land and Water Resource Monitoring Using High-Resolution Imagery, www.sciencedirect.com ve www.elsevier.com/locate/rse, (en son ziyaret edilen tarih; 20 Mart 2005).
- Schenk, T.**, 1999. Digital Photogrammetry, Background, Fundamentals, Automativ Orientation Procedures, Vol. 1, TerraScience, Ohio-USA.
- Shresta, D.P.**, 1991. Lectures Notes on Digital Image Processing of Remote Sensing Data, Remote Sensing Applications Course for Land Resource Surveys, ITC Publications.
- Topan, H., Büyüksalih, G., Jacobsen K.**, 2004. Comparison of Linformation Contents of High Resolution Space Images. XX. *Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) Kongresi*, Komisyon IV, Çalışma Grubu IV/7, 12-23 Temmuz 2004, İstanbul.

- Toutin, T., 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-Kanada.
- Toutin, T., 2003a.** Geometric Correction of Remotely Sensed Images, *Remote Sensing of Forest Environments: Concepts and Case Studies*, Chapter 6, 143-180.
- Toutin, T., 2003b.** Block Bundle Adjustment of Ikonos In-Track Images, *International Journal of Remote Sensing*, 2003, Vol. 24, **4**, 851-857.
- Toutin, T., 2004a.** Review Article: Geometric Processing of Remote Sensing Images: Models, Algorithm and Methods, *International Journal of Remote Sensing*, Volume: 25, **10**, 1893-1924.
- Toutin, T., 2004b.** DSM Generation and Evaluation from QUICKBIRD Stereo Imaging with 3D Physical Modelling, *International Journal of Remote Sensing*, Volume 25, **22**, 5181-5193.
- Toutin, Th. ve Chenier, R., 2004.** GCP Requirement for High-Resolution Satellite Mapping, *XX. Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Kongresi*, Vol. XXXV., Part. B3, 836-839, 12-23 Temmuz, İstanbul.
- Uçar, E., 2001.** Sayısal Yükseklik Modellerinin Üretimi ve Doğruluğunun Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Vassilopoulou, S., Hurni, L., Dietrich, V., Baltsavias, E., Pateraki, M., Lagios, E., Parcharidis, L., 2002.** Orthophoto Generation Using IKONOS Imagery and High-Resolution DEM: A Case Study on Volcanic of Hazard Monitoring of Nisyros Island (Greece), *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **57**, 24-38.
- Volpe, F., 2003.** Geometrical Processing of Quickbird High Resolution Satellite Data. Joint ISPRS/EARSEL International Workshop 'High Resolution Mapping from Space', 6-8 Ekim 2003, Hannover-Almanya.
- Wang, L., Sousa, W. P., Gong, P., Biging, G. S., 2004.** Comparison of IKONOS and QuickBird Images for Mapping Mangrove Species on the Caribbean Coast of Panama, *Remote Sensing of Environment*, **91**, 432-440.

- Wolniewicz, W.,** 2004. Assessment of Geometric Accuracy of VHR Satellite Images, *XX. Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) Kongresi*, Komisyon I, Çalışma Grubu I/2, 12-23 Temmuz 2004, İstanbul.
- Yamakawa, T. ve Fraser, C.S.,** 2004. The Affine Projection Model for Sensor Orientation: Experiences with High-Resolution Satellite Imagery, *XX. Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) Kongresi*, Çalışma Grubu IV/5, 12-23 Temmuz 2004, İstanbul.
- Yaş, F., Erbek, F. S., Ulubay, A., Özkan C.,** 2004. Geometric Accuracy of High-Resolution Data for Urban Planning, *XX. Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) Kongresi*, 12-23 Temmuz 2004, İstanbul.
- Yıldırım, A.,** 2004. Fotogrametrik Harita Üretimi Amaçlı Görüntü Sağlanması Optimizasyon, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, A.,** 2002. Farklı Kaynaklardan Üretilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluk Araştırması, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, A.,** 2005. Stereo Ikonos Uydu Görüntülerinin 3B Konumlandırma ve SYM Doğruluklarının Araştırılması, *Seminer Çalışması*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- www.spaceimaging.com/products/ikonos/index.htm, Space Imaging - Imagery Products (en son ziyaret edilen tarih; 27 Mayıs 2006).
- www.digitalglobe.com/about/quickbird.html, DigitalGlobe Imaging Systems (en son ziyaret edilen tarih; 27 Mayıs 2006).
- www.collinssoftware.com, MaverickPro Yazılımı (en son ziyaret edilen tarih; 6 Nisan 2005).

Tablo A.1: GPS ve Hava Fotoğraflı Ölçümleri

	GPS ÖLÇÜLERİ			HAVA FOTOĞRAFLARI			
				11 YKN VE HF-SYM		11 YKN VE YÜKPAF	
Nokta Adı	Sağa	Yukarı	Yükseklik	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı
Nirengi-1	487218,57	4390106,928	1110,977	487220,20	4390106,19	487220,22	4390106,45
Nirengi-1-1	487957,882	4390282,921	1124,002	487959,67	4390282,69	487959,65	4390283,49
(Pas-17)	487227,247	4391047,737	1093,639	487228,17	4391047,68	487229,61	4391046,81
Pas-16	486813,338	4391418,568	1085,005	486813,44	4391418,94	486816,24	4391416,33
Pas-15	487378,088	4392533,483	1099,036	487378,17	4392533,69	487377,66	4392533,53
Pas-27	488171,91	4392509,831	1107,58	488171,67	4392509,69	488171,15	4392510,81
(Pas-5)	487322,234	4396014,078	1141,205	487320,73	4396015,91	487321,31	4396015,33
Pas-20	488315,497	4396366,632	1291,013	488314,18	4396369,68	488309,40	4396364,28
Pas-4	488261,626	4396907,657	1221,098	488261,67	4396909,18	488257,70	4396901,62
Pas-3	483312,475	4397110,06	1005,31	483312,89	4397109,18	483312,50	4397108,09
(Pas-1)	484295,404	4397162,533	1018,344	-	-	-	-
Pas-9	483233,221	4395356,889	991,925	483232,69	4395356,68	483233,20	4395356,95
Pas-8	484254,595	4394929,784	1017,682	484255,17	4394929,19	484255,41	4394929,65
Pas-7	485084,151	4395313,085	1041,733	485084,67	4395313,19	485084,93	4395313,47
Pas-13	484681,062	4393641,139	1050,698	484679,92	4393642,46	484680,15	4393641,70
Pas-12	483454,922	4393076,427	1013,869	483451,43	4393073,94	483451,17	4393073,82
Pas-29	483579,441	4392244,473	1023,161	483580,42	4392243,93	483579,62	4392245,46
Pas-24	483149,558	4390726,177	1021,14	483149,17	4390726,19	483149,78	4390726,05
Pas-25	485718,914	4389901,926	1077,95	485719,65	4389901,19	485719,42	4389901,25
Nirengi-3-1	482850,969	4389447,093	1029,696	482850,17	4389449,18	482849,77	4389448,87
Nirengi-3	483972,088	4389440,031	1045,38	483971,17	4389440,19	483971,07	4389439,87
Pas-22	481416,343	4392829,727	987,364	481417,67	4392826,69	481417,50	4392826,48
Pas-30	479951,146	4393098,313	984,355	479951,16	4393098,18	479951,55	4393098,28
Nirengi-2	480927,527	4396468,395	984,836	480928,33	4396467,39	480928,33	4396468,46
Nirengi-2-1	479615,614	4397085,248	987,708	479616,41	4397083,65	479616,69	4397084,13
Pas-2	480883,14	4396206,423	984,928	480885,18	4396205,29	480884,86	4396205,66
Pas-31	480439,234	4395368,506	995,779	480439,68	4395369,55	480439,76	4395369,62

Tablo A.2: Hava Fotoğrafı Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (3 Sigma)

	BASİT ORTALAMA HATA				MUTLAK ORTALAMA HATA					KARESEL ORTALAMA HATA			
	11 YKN VE HF-SYM		11 YKN VE YÜKPAF		11 YKN VE HF-SYM		11 YKN VE YÜKPAF			11 YKN VE HF-SYM		11 YKN VE YÜKPAF	
	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı		Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı
	1,63	-0,74	1,65	-0,48	1,63	0,74	1,65	0,48	HATALARIN KARELERİ (HK)	2,66	0,54	2,72	0,23
	1,79	-0,23	1,77	0,57	1,79	0,23	1,77	0,57		3,21	0,06	3,14	0,32
	0,92	-0,06	2,36	-0,93	0,92	0,06	2,36	0,93		0,85	0,00	5,57	0,86
	0,10	0,37	2,90	-2,24	0,10	0,37	2,90	2,24		0,01	0,14	8,39	5,01
	0,09	0,20	-0,43	0,04	0,09	0,20	0,43	0,04		0,01	0,04	0,18	0,00
	-0,24	-0,14	-0,76	0,98	0,24	0,14	0,76	0,98		0,06	0,02	0,58	0,96
	-1,50	1,83	-0,92	1,25	1,50	1,83	0,92	1,25		2,26	3,36	0,85	1,57
	0,04	1,52			0,04	1,52				0,00	2,32		
	0,42	-0,88	0,03	-1,97	0,42	0,88	0,03	1,97		0,17	0,77	0,00	3,88
	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
	-0,53	-0,21	-0,02	0,06	0,53	0,21	0,02	0,06		0,28	0,04	0,00	0,00
	0,58	-0,60	0,82	-0,13	0,58	0,60	0,82	0,13		0,34	0,36	0,66	0,02
	0,52	0,10	0,78	0,38	0,52	0,10	0,78	0,38		0,27	0,01	0,61	0,15
	-1,14	1,32	-0,91	0,56	1,14	1,32	0,91	0,56		1,30	1,75	0,83	0,31
			-3,75	-2,61									
	0,98	-0,54	0,18	0,99	0,98	0,54	0,18	0,99		0,96	0,29	0,03	0,97
	-0,39	0,01	0,22	-0,13	0,39	0,01	0,22	0,13		0,15	0,00	0,05	0,02
	0,74	-0,73	0,51	-0,68	0,74	0,73	0,51	0,68		0,54	0,54	0,26	0,46
	-0,80	2,09	-1,20	1,78	0,80	2,09	1,20	1,78		0,64	4,36	1,44	3,16
	-0,92	0,15	-1,02	-0,16	0,92	0,15	1,02	0,16		0,84	0,02	1,04	0,03
			1,16	-3,25									
	0,01	-0,13	0,40	-0,03	0,01	0,13	0,40	0,03		0,00	0,02	0,16	0,00
	0,80	-1,00	0,80	0,07	0,80	1,00	0,80	0,07		0,64	1,01	0,64	0,00
	0,80	-1,60	1,08	-1,12	0,80	1,60	1,08	1,12		0,63	2,55	1,16	1,25
	2,04	-1,13	1,72	-0,76	2,04	1,13	1,72	0,76		4,16	1,28	2,96	0,58
	0,45	1,04	0,53	1,11	0,45	1,04	0,53	1,11		0,20	1,09	0,28	1,24
ORT.	0,28	0,03	0,33	-0,28	0,76	0,72	0,95	0,75	$\sqrt{\sum(HK)/n}$	0,94	0,95	1,20	0,98

Tablo B.1: GPS ve Ikonos Uydu Görüntüleri Ölçümleri

		GPS ÖLÇÜLERİ			IKONOS UYDU GÖRÜNTÜLERİ							
					4 YKN ve HF-SYM		4 YKN ve Ikonos--SYM		5 YKN ve HF-SYM		7 YKN ve HF-SYM	
No	Nokta Adı	Sağa	Yukarı	Yükseklik	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı
1	Nirengi-1	487218,57	4390106,93	1110,977							487217,50	4390107,50
2	Nirengi-1-1	487957,88	4390282,92	1124,002	487962,50	4390283,50	487962,50	4390283,50	487961,50	4390283,50	487959,50	4390284,50
4	(Pas-17)	487227,25	4391047,74	1093,639	487230,50	4391048,50	487230,50	4391048,50	487230,50	4391048,50	487228,50	4391049,50
5	Pas-16	486813,34	4391418,57	1085,005	486816,00	4391417,00	486816,00	4391417,00	486816,00	4391417,00	486814,00	4391418,00
6	Pas-15	487378,09	4392533,48	1099,036	487380,50	4392533,50	487380,50	4392533,50	487379,50	4392533,50	487378,50	4392534,50
7	Pas-27	488171,91	4392509,83	1107,58	488173,50	4392509,50	488173,50	4392509,50	488172,50	4392509,50	488171,50	4392510,50
11	(Pas-5)	487322,23	4396014,08	1141,205	487321,00	4396016,00	487321,00	4396016,00	487321,00	4396016,00	487321,00	4396017,00
12	Pas-20	488315,5	4396366,63	1291,013	488312,50	4396369,50	488312,50	4396369,50	488311,50	4396369,50	488312,50	4396369,50
13	Pas-4	488261,63	4396907,66	1221,098	488259,50	4396906,50	488259,50	4396906,50	488259,50	4396906,50	488260,50	4396906,50
14	Pas-3	483312,48	4397110,06	1005,31	483312,00	4397109,00	483312,00	4397109,00	483312,00	4397109,00	483312,00	4397110,00
15	(Pas-1)	484295,4	4397162,53	1018,344	484295,50	4397161,50	484295,50	4397161,50	484295,50	4397161,50	484295,50	4397162,50
16	Pas-9	483233,22	4395356,89	991,925	483233,50	4395355,50	483233,50	4395355,50	483233,50	4395355,50	483232,50	4395356,50
17	Pas-8	484254,6	4394929,78	1017,682	484255,50	4394928,50	484255,50	4394928,50	484255,50	4394928,50	484254,50	4394929,50
18	Pas-7	485084,15	4395313,09	1041,733	485084,50	4395312,50	485084,50	4395312,50	485083,50	4395312,50	485083,50	4395313,50
20	Pas-13	484681,06	4393641,14	1050,698	484681,00	4393643,00	484681,00	4393643,00	484681,00	4393643,00	484680,00	4393644,00
21	Pas-12	483454,92	4393076,43	1013,869	483456,50	4393075,00	483456,50	4393075,00	483456,50	4393075,00	483454,50	4393076,00
22	Pas-29	483579,44	4392244,47	1023,161	483582,00	4392243,00	483582,00	4392244,00	483582,00	4392243,00	483580,00	4392244,00
23	Pas-24	483149,56	4390726,18	1021,14	483151,50	4390726,50	483151,50	4390726,50	483151,50	4390726,50	483149,50	4390726,50
24	Pas-25	485718,91	4389901,93	1077,95	485721,50	4389902,50	485721,50	4389902,50	485721,50	4389902,50	485718,50	4389903,50
26	Nirengi-3-1	482850,97	4389447,09	1029,696							482844,50	4389449,50
27	Nirengi-3	483972,09	4389440,03	1045,38	483973,50	4389439,50	483973,50	4389439,50	483973,50	4389439,50	483970,50	4389440,50
29	Pas-22	481416,34	4392829,73	987,364	481419,50	4392826,50	481419,50	4392826,50	481419,50	4392826,50	481417,50	4392826,50
30	Pas-30	479951,15	4393098,31	984,355	479953,00	4393098,00	479953,00	4393098,00	479953,00	4393098,00	479952,00	4393097,00
31	Nirengi-2	480927,53	4396468,4	984,836	480928,50	4396466,50	480928,50	4396466,50	480928,50	4396466,50	480927,50	4396467,50
32	Nirengi-2-1	479615,61	4397085,25	987,708	479618,50	4397084,50	479618,50	4397084,50	479618,50	4397084,50	479618,50	4397085,50
33	Pas-2	480883,14	4396206,42	984,928	480886,50	4396205,50	480886,50	4396205,50	480886,50	4396205,50	480885,50	4396206,50
34	Pas-31	480439,23	4395368,51	995,779	480442,00	4395372,00	480442,00	4395371,00	480442,00	4395372,00	480441,00	4395372,00

Tablo B.2: Ikonos Uydu Görüntüleri Ölçümleri

IKONOS UYDU GÖRÜNTÜLERİ							
7 YKN ve Ikonos-SYM		7 YKN ve YÜKPAF		Yön. Par. ve Ikonos-SYM		Yön. Par. ve YÜKPAF	
Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı
487217,50	4390107,50	487217,51	4390108,50	487230,50	4390118,50	487229,50	4390117,50
487959,50	4390284,50	487959,50	4390284,50	487971,50	4390294,50	487971,50	4390293,50
487228,50	4391049,50	487227,50	4391049,50	487240,50	4391059,50	487239,50	4391057,50
486814,00	4391418,00	486814,00	4391419,00	486826,00	4391429,00	486826,00	4391427,00
487378,50	4392534,50	487378,50	4392534,50	487391,50	4392545,50	487390,50	4392545,50
488171,50	4392510,50	488171,50	4392511,50	488183,50	4392521,50	488183,50	4392520,50
487321,00	4396017,00	487321,00	4396018,00	487333,00	4396028,00	487333,00	4396027,00
488312,50	4396369,50	488311,50	4396372,50	488324,50	4396380,50	488320,50	4396373,50
488260,50	4396907,50	488260,50	4396911,50	488271,50	4396915,50	488270,50	4396915,50
483312,00	4397110,00	483312,00	4397111,00	483324,00	4397121,00	483324,00	4397120,00
484295,50	4397162,50	484295,50	4397162,50	484307,50	4397173,50	484307,50	4397171,50
483232,50	4395356,50	483232,50	4395357,50	483244,50	4395367,50	483244,50	4395366,50
484254,50	4394929,50	484254,50	4394929,50	484266,50	4394940,50	484266,50	4394939,50
485083,50	4395313,50	485083,50	4395313,50	485095,50	4395323,50	485095,50	4395322,50
484680,00	4393644,00	484680,00	4393644,00	484692,00	4393655,00	484692,00	4393654,00
483454,50	4393076,00	483454,00	4393076,00	483466,50	4393087,00	483465,00	4393084,00
483580,00	4392245,00	483580,00	4392245,00	483592,00	4392256,00	483592,00	4392255,00
483149,50	4390726,50	483149,50	4390727,50	483161,50	4390738,50	483159,50	4390734,50
485718,50	4389903,50	485718,50	4389903,50	485731,50	4389914,50	485730,50	4389914,50
482844,50	4389449,50	482844,51	4389449,50	482856,50	4389460,50	482856,50	4389459,50
483970,50	4389440,50	483970,50	4389440,50	483982,50	4389451,50	483983,50	4389452,50
481417,50	4392826,50	481417,50	4392826,50	481429,50	4392838,50	481429,50	4392838,50
479952,00	4393097,00	479952,00	4393098,00	479964,00	4393110,00	479963,00	4393110,00
480927,50	4396467,50	480927,50	4396467,50	480939,50	4396479,50	480939,50	4396479,50
479618,50	4397085,50	479618,50	4397086,50	479629,50	4397097,50	479630,50	4397097,50
480885,50	4396206,50	480885,50	4396206,50	480897,50	4396218,50	480897,50	4396217,50
480441,00	4395372,00	480441,00	4395373,00	480453,00	4395385,00	480452,00	4395383,00

Tablo B.3: İkonos Uydu Görüntüsü Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (3 Sigma) – Mutlak Ortalama Hata

	4 YKN ve HF-SYM		4 YKN ve İko-SYM		5 YKN ve HF-SYM		7 YKN ve HF-SYM		7 YKN ve İko-SYM		7 YKN ve YÜKPAF		Yön. Par. ve İko-SYM		Yön. Par. ve YÜKPAF	
	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı
							1,07	0,57	1,07	0,57	1,06	1,57	11,93	11,57	10,93	10,57
4,62	0,58		4,62	0,58	3,62	0,58	1,62	1,58	1,62	1,58	1,62	1,58	13,62	11,58	13,62	10,58
3,25	0,76		3,25	0,76	3,25	0,76	1,25	1,76	1,25	1,76	0,25	1,76	13,25	11,76	12,25	9,76
2,66	1,57		2,66	1,57	2,66	1,57	0,66	0,57	0,66	0,57	0,66	0,43	12,66	10,43	12,66	8,43
2,41	0,02		2,41	0,02	1,41	0,02	0,41	1,02	0,41	1,02	0,41	1,01	13,41	12,02	12,41	12,02
1,59	0,33		1,59	0,33	0,59	0,33	0,41	0,67	0,41	0,67	0,41	1,67	11,59	11,67	11,59	10,67
1,23	1,92		1,23	1,92	1,23	1,92	1,23	2,92	1,23	2,92	1,23	3,92	10,77	13,92	10,77	12,92
3,00	2,87		3,00	2,87	4,00	2,87	2,99	2,86	3,00	2,87	4,00	5,87	9,00	13,87	5,00	6,87
2,13	1,16		2,13	1,16	1,13	0,16	1,13	1,16	1,13	0,16	1,13	3,84	9,87	7,84	8,87	7,84
0,47	1,06		0,47	1,06	0,47	0,06	0,47	0,06	0,47	0,06	0,47	0,94	11,53	10,94	11,53	9,94
0,10	1,03		0,10	1,03	0,10	0,03	0,10	0,03	0,10	0,03	0,10	0,03	12,10	10,97	12,10	8,97
0,28	1,39		0,28	1,39	0,28	1,39	0,72	0,39	0,72	0,39	0,72	0,61	11,28	10,61	11,28	9,61
0,91	1,28		0,91	1,28	0,91	1,28	0,10	0,28	0,09	0,28	0,09	0,28	11,91	10,72	11,91	9,72
0,35	0,58		0,35	0,58	0,65	0,58	0,65	0,42	0,65	0,42	0,65	0,42	11,35	10,42	11,35	9,42
0,06	1,86		0,06	1,86	0,06	1,86	1,06	2,86	1,06	2,86	1,06	2,86	10,94	13,86	10,94	12,86
1,58	1,43		1,58	1,43	1,58	1,43	0,42	0,43	0,42	0,43	0,92	0,43	11,58	10,57	10,08	7,57
2,56	1,47		2,56	0,47	2,56	1,47	0,56	0,47	0,56	0,53	0,56	0,53	12,56	11,53	12,56	10,53
1,94	0,32		1,94	0,32	1,94	0,32	0,06	0,32	0,06	0,32	0,06	1,32	11,94	12,32	9,94	8,32
2,59	0,57		2,59	0,57	2,59	0,57	0,41	1,57	0,41	1,57	0,41	1,57	12,59	12,57	11,59	12,57
													5,53	13,41	5,53	12,41
1,41	0,53		1,41	0,53	1,41	0,53	1,59	0,47	1,59	0,47	1,59	0,47	10,41	11,47	11,41	12,47
3,16	3,23		3,16	3,23	3,16	3,23	1,16	3,23	1,16	3,23	1,16	3,23	13,16	8,77	13,16	8,77
1,85	0,31		1,85	0,31	1,85	0,31	0,85	1,31	0,85	1,31	0,85	0,31	12,85	11,69	11,85	11,69
0,97	1,89		0,97	1,89	0,97	1,89	0,03	0,89	0,03	0,89	0,03	0,89	11,97	11,11	11,97	11,11
2,89	0,75		2,89	0,75	2,89	0,75	2,89	0,25	2,89	0,25	2,89	1,25	13,89	12,25	14,89	12,25
3,36	0,92		3,36	0,92	3,36	0,92	2,36	0,08	2,36	0,08	2,36	0,08	14,36	12,08	14,36	11,08
2,77	3,49		2,77	2,49	2,77	3,49	1,77	3,49	1,77	3,49	1,77	4,49	13,77	16,49	12,77	14,49
ORT.	1,93	1,25	1,93	1,17	1,82	1,13	0,99	1,15	1,00	1,11	1,01	1,60	11,84	11,72	11,38	10,50

Tablo B.4: İkonos Uydu Görüntüsü Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (3 Sigma) – Karesel Ortalama Hata

	4 YKN ve HF-SYM		4 YKN ve İkonos-SYM		5 YKN ve HF-SYM		7 YKN / HF-SYM		7 YKN/İkonos-SYM		7 YKN/YÜKPAF		Yön. Par./İkonos-SYM		Yön. Par. / YÜKPAF	
	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı
							1,14	0,33	1,14	0,33	1,12	2,47	142,32	133,91	119,46	111,77
	21,33	0,34	21,33	0,34	13,09	0,34	2,62	2,49	2,62	2,49	2,62	2,50	185,45	134,07	185,45	111,89
	10,58	0,58	10,58	0,58	10,58	0,58	1,57	3,11	1,57	3,11	0,06	3,11	175,64	138,37	150,14	95,32
	7,09	2,46	7,09	2,46	7,09	2,46	0,44	0,32	0,44	0,32	0,44	0,19	160,33	108,83	160,33	71,10
	5,82	0,00	5,82	0,00	1,99	0,00	0,17	1,03	0,17	1,03	0,17	1,03	179,88	144,41	154,06	144,38
	2,53	0,11	2,53	0,11	0,35	0,11	0,17	0,45	0,17	0,45	0,17	2,79	134,33	136,17	134,30	113,84
	1,52	3,69	1,52	3,69	1,52	3,69	1,52	8,54	1,52	8,54	1,52	15,38	115,91	193,82	115,91	166,98
	8,98	8,23	8,98	8,23	15,98	8,23	8,96	8,21	8,98	8,23	15,99	34,44	81,05	192,32	25,03	47,17
	4,52	1,34	4,52	1,34	1,27	0,02	1,27	1,34	1,27	0,02	1,27	14,75	97,50	61,51	78,75	61,53
	0,23	1,12	0,23	1,12	0,23	0,00	0,23	0,00	0,23	0,00	0,23	0,88	132,83	119,68	132,83	98,80
	0,01	1,07	0,01	1,07	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	146,31	120,28	146,31	80,41
	0,08	1,93	0,08	1,93	0,08	1,93	0,52	0,15	0,52	0,15	0,52	0,37	127,22	112,59	127,22	92,45
	0,82	1,65	0,82	1,65	0,82	1,65	0,01	0,08	0,01	0,08	0,01	0,08	141,73	114,83	141,73	94,40
	0,12	0,34	0,12	0,34	0,42	0,34	0,42	0,17	0,42	0,17	0,42	0,17	128,80	108,47	128,80	88,64
	0,00	3,46	0,00	3,46	0,00	3,46	1,13	8,19	1,13	8,19	1,13	8,19	119,64	192,13	119,64	165,41
	2,49	2,04	2,49	2,04	2,49	2,04	0,18	0,18	0,18	0,18	0,85	0,18	134,05	111,79	101,57	57,35
	6,55	2,17	6,55	0,22	6,55	2,17	0,31	0,22	0,31	0,28	0,31	0,28	157,73	132,87	157,73	110,82
	3,77	0,10	3,77	0,10	3,77	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	1,75	142,61	151,86	98,84	69,27
	6,69	0,33	6,69	0,33	6,69	0,33	0,17	2,48	0,17	2,48	0,17	2,48	158,41	158,11	134,24	158,11
													30,59	179,75	30,59	153,93
	1,99	0,28	1,99	0,28	1,99	0,28	2,52	0,22	2,52	0,22	2,52	0,22	108,41	131,54	130,23	155,48
	9,97	10,41	9,97	10,41	9,97	10,41	1,34	10,41	1,34	10,41	1,34	10,41	173,11	76,97	173,11	76,97
	3,44	0,10	3,44	0,10	3,44	0,10	0,73	1,72	0,73	1,72	0,73	0,10	165,23	136,59	140,52	136,59
	0,95	3,59	0,95	3,59	0,95	3,59	0,00	0,80	0,00	0,80	0,00	0,80	143,35	123,32	143,35	123,32
	8,33	0,56	8,33	0,56	8,33	0,56	8,33	0,06	8,33	0,06	8,33	1,57	192,82	150,11	221,59	150,11
	11,29	0,85	11,29	0,85	11,29	0,85	5,57	0,01	5,57	0,01	5,57	0,01	206,21	145,85	206,21	122,70
	7,65	12,21	7,65	6,22	7,65	12,21	3,12	12,21	3,12	12,21	3,12	20,20	189,50	272,05	162,97	210,08
$\sqrt{\sum (HK) / n}$	2,25	1,54	2,25	1,43	2,16	1,49	1,28	1,55	1,28	1,54	1,37	2,19	11,97	11,84	11,58	10,66

Tablo C.1: GPS ve Quickbird Uydu Görüntüleri Ölçümleri

				QUICKBIRD UYDU GÖRÜNTÜLERİ									
	GPS ÖLÇÜLERİ			4 YKN ve HF-SYM		5 YKN ve HF-SYM		9 YKN ve HF-SYM		9 YKN ve YÜKPAF		Yön.Par./YÜKPAF	
Nokta Adı	Sağa	Yukarı	Yük.	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı
Nirengi-1	487218,6	4390106,9	1111,0	487217,5	4390107,7	487217,6	4390107,6	487216,9	4390107,7	487218,3	4390105,3	487258,0	4390120,1
Nirengi-11	487957,9	4390282,9	1124,0	487959,7	4390282,1	487960,4	4390282,0	487958,5	4390282,3	487958,4	4390282,3	487999,2	4390297,6
(Pas-17)	487227,2	4391047,7	1093,6	487226,7	4391048,7	487226,4	4391048,1	487226,1	4391048,4	487225,6	4391048,0	487264,7	4391063,3
Pas-16	486813,3	4391418,6	1085,0	486813,4	4391418,6	486813,4	4391418,6	486813,0	4391418,6	486812,5	4391417,8	486852,6	4391433,3
Pas-15	487378,1	4392533,5	1099,0	487378,4	4392533,2	487379,1	4392533,1	487378,0	4392532,8	487377,6	4392532,5	487418,4	4392548,2
Pas-27	488171,9	4392509,8	1107,6	488172,0	4392509,9	488172,7	4392509,9	488170,4	4392509,5	488170,2	4392509,3	488210,9	4392525,0
(Pas-5)	487322,2	4396014,1	1141,2	487321,5	4396012,9	487322,2	4396012,9	487321,1	4396012,4	487320,9	4396012,4	487361,3	4396027,5
Pas-20	488315,5	4396366,6	1291,0	488315,8	4396370,9	488315,9	4396370,2	488313,7	4396369,5	488311,3	4396368,4	488353,1	4396385,0
Pas-4	488261,6	4396907,7	1221,1	488260,7	4396906,3	488260,8	4396906,3	488258,6	4396905,3	488257,6	4396905,2	488298,2	4396921,2
Pas-3	483312,5	4397110,1	1005,3	483311,8	4397110,0	483311,9	4397109,4	483313,6	4397109,9	483313,3	4397109,8	483351,4	4397124,1
(Pas-1)	484295,4	4397162,5	1018,3	484294,8	4397161,7	484294,9	4397161,7	484296,1	4397162,2	484295,5	4397161,9	484334,2	4397176,6
Pas-9	483233,2	4395356,9	991,9	483232,3	4395357,0	483232,4	4395357,0	483233,9	4395357,2	483233,9	4395357,2	483272,4	4395371,6
Pas-8	484254,6	4394929,8	1017,7	484254,8	4394929,9	484254,8	4394929,9	484256,0	4394929,7	484255,5	4394929,8	484294,2	4394944,6
Pas-7	485084,2	4395313,1	1041,7	485083,9	4395313,5	485083,9	4395313,5	485084,5	4395313,7	485084,1	4395313,3	485122,7	4395327,7
Pas-13	484681,1	4393641,1	1050,7	484679,7	4393643,4	484679,8	4393643,4	484680,7	4393643,4	484680,2	4393643,5	484719,1	4393658,3
Pas-12	483454,9	4393076,4	1013,9	483453,5	4393076,8	483453,6	4393076,2	483454,6	4393076,3	483454,1	4393076,2	483492,9	4393090,8
Pas-29	483579,4	4392244,5	1023,2	483579,6	4392245,3	483580,2	4392244,6	483580,8	4392244,7	483579,9	4392244,6	483619,2	4392259,9
Pas-24	483149,6	4390726,2	1021,1	483148,5	4390726,9	483149,4	4390726,8	483149,4	4390726,2	483148,5	4390725,6	483187,6	4390741,2
Pas-25	485718,9	4389901,9	1078,0	485717,8	4389902,1	485718,5	4389901,4	485718,3	4389902,0	485718,0	4389901,9	485757,2	4389917,0
Nirengi-31	482851,0	4389447,1	1029,7	482845,6	4389448,1	482846,3	4389447,4	482846,2	4389447,0	482846,2	4389447,0	482884,9	4389462,4
Nirengi-3	483972,1	4389440,0	1045,4	483969,6	4389440,7	483970,3	4389440,0	483970,6	4389440,2	483970,4	4389440,3	484009,3	4389455,7
Pas-22	481416,3	4392829,7	987,4	481416,2	4392830,5	481416,3	4392830,5	481416,9	4392829,8	481416,7	4392829,9	481456,1	4392845,3
Pas-30	479951,1	4393098,3	984,4	479951,1	4393099,4	479951,2	4393098,8	479950,5	4393097,7	479950,3	4393097,6	479991,0	4393113,4
Nirengi-2	480927,5	4396468,4	984,8	480927,4	4396467,5	480927,4	4396466,9	480928,2	4396467,5	480928,2	4396467,4	480967,4	4396481,4
Nirengi-21	479615,6	4397085,2	987,7	479617,9	4397086,2	479618,0	4397086,2	479618,3	4397086,0	479617,8	4397085,9	479658,3	4397100,0
Pas-2	480883,1	4396206,4	984,9	480884,5	4396206,3	480884,6	4396205,6	480885,4	4396206,0	480885,5	4396206,0	480924,2	4396220,2
Pas-31	480439,2	4395368,5	995,8	480439,4	4395369,5	480439,4	4395369,5	480439,8	4395369,1	480439,4	4395369,1	480479,1	4395383,5

Tablo C.2: Quickbird Uydu Görüntüsü Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (3 Sigma)

MUTLAK ORTALAMA HATA											KARESEL ORTALAMA HATA										
4 YKN ve HF-SYM		5 YKN ve HF-SYM		9 YKN ve HF-SYM		9 YKN ve YÜKPAF		Yön.Par. ve YÜKPAF		4 YKN ve HF-SYM		5 YKN ve HF-SYM		9 YKN/ HF-SYM		9 YKN/YÜKPAF		Yön.Par./YÜKPAF			
	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	
	1,10	0,74	1,01	0,67	1,66	0,80	0,27	1,68	39,41	13,17	1,21	0,54	1,02	0,45	2,77	0,64	0,07	2,82	1553,15	173,50	
	1,80	0,87	2,51	0,93	0,63	0,66	0,47	0,60	41,34	14,71	3,23	0,76	6,29	0,87	0,39	0,44	0,22	0,36	1708,95	216,45	
	0,60	0,99	0,80	0,33	1,12	0,64	1,69	0,30	37,44	15,54	0,36	0,99	0,64	0,11	1,25	0,41	2,85	0,09	1401,98	241,58	
	0,01	0,04	0,10	0,00	0,30	0,01	0,81	0,80	39,26	14,74	0,00	0,00	0,01	0,00	0,09	0,00	0,65	0,64	1541,43	217,15	
	0,30	0,33	1,01	0,37	0,13	0,67	0,44	1,01	40,34	14,73	0,09	0,11	1,02	0,14	0,02	0,46	0,19	1,01	1627,63	216,85	
	0,09	0,07	0,81	0,03	1,51	0,29	1,66	0,56	39,01	15,19	0,01	0,00	0,66	0,00	2,28	0,09	2,77	0,31	1521,70	230,86	
	0,74	1,17	0,04	1,18	1,16	1,65	1,36	1,70	39,08	13,41	0,55	1,36	0,00	1,39	1,35	2,72	1,86	2,88	1526,93	179,88	
					1,80	2,83	4,20	1,80	37,57	18,35					3,23	8,04	17,66	3,23	1411,65	336,85	
	0,91	1,40	0,80	1,41	3,04	2,34	4,07	2,48	36,53	13,59	0,82	1,95	0,63	1,98	9,24	5,49	16,53	6,18	1334,73	184,69	
	0,63	0,05	0,57	0,66	1,08	0,21	0,86	0,31	38,92	14,02	0,40	0,00	0,33	0,44	1,16	0,04	0,73	0,10	1514,38	196,56	
	0,57	0,81	0,49	0,84	0,70	0,32	0,11	0,60	38,78	14,02	0,33	0,66	0,24	0,71	0,48	0,10	0,01	0,36	1503,58	196,48	
	0,92	0,09	0,86	0,07	0,66	0,29	0,72	0,34	39,14	14,75	0,85	0,01	0,74	0,01	0,43	0,08	0,52	0,12	1531,86	217,59	
	0,16	0,11	0,23	0,08	1,38	0,06	0,92	0,01	39,63	14,81	0,02	0,01	0,05	0,01	1,89	0,00	0,85	0,00	1570,14	219,22	
	0,30	0,45	0,23	0,43	0,39	0,61	0,02	0,18	38,56	14,63	0,09	0,20	0,05	0,19	0,15	0,37	0,00	0,03	1486,57	214,18	
	1,35	2,27	1,27	2,25	0,40	2,26	0,86	2,38	38,05	17,12	1,83	5,16	1,62	5,07	0,16	5,09	0,74	5,67	1447,65	293,23	
	1,41	0,39	1,35	0,26	0,28	0,13	0,86	0,19	37,95	14,42	1,99	0,15	1,83	0,07	0,08	0,02	0,73	0,04	1440,05	207,97	
	0,13	0,79	0,79	0,14	1,36	0,21	0,42	0,10	39,72	15,47	0,02	0,62	0,62	0,02	1,85	0,04	0,18	0,01	1577,60	239,23	
	1,09	0,71	0,12	0,65	0,19	0,03	1,02	0,59	38,00	14,99	1,18	0,51	0,01	0,43	0,04	0,00	1,04	0,34	1444,15	224,79	
	1,16	0,14	0,46	0,53	0,57	0,02	0,92	0,05	38,28	15,02	1,35	0,02	0,22	0,28	0,33	0,00	0,85	0,00	1465,05	225,72	
									33,97	15,35									1154,03	235,53	
	2,47	0,69	1,80	0,01	1,50	0,18	1,74	0,24	37,23	15,70	6,09	0,47	3,23	0,00	2,24	0,03	3,02	0,06	1386,22	246,46	
	0,10	0,80	0,05	0,76	0,56	0,09	0,38	0,12	39,80	15,58	0,01	0,64	0,00	0,58	0,31	0,01	0,14	0,02	1583,80	242,83	
	0,04	1,13	0,01	0,51	0,62	0,57	0,84	0,72	39,87	15,09	0,00	1,27	0,00	0,26	0,38	0,33	0,70	0,52	1589,94	227,62	
	0,18	0,85	0,14	1,47	0,69	0,91	0,69	1,04	39,91	12,97	0,03	0,73	0,02	2,18	0,48	0,84	0,48	1,09	1593,05	168,09	
	2,32	0,90	2,35	0,90	2,69	0,72	2,20	0,67	42,64	14,75	5,36	0,81	5,50	0,81	7,21	0,52	4,82	0,45	1817,83	217,50	
	1,38	0,16	1,42	0,78	2,21	0,46	2,33	0,42	41,02	13,82	1,90	0,03	2,02	0,61	4,88	0,21	5,43	0,18	1682,64	190,91	
	0,15	1,01	0,20	1,01	0,60	0,60	0,19	0,61	39,87	15,03	0,02	1,03	0,04	1,03	0,36	0,36	0,03	0,38	1589,30	226,02	
ORT.	0,80	0,68	0,78	0,65	1,05	0,68	1,15	0,75	38,94	14,85	$\sqrt{\sum (HK) / n}$	1,05	0,85	1,04	0,84	1,29	1,01	1,56	1,02	38,97	14,89

Tablo D.1: İkonos Stereo Model Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (3 Sigma)

	GPS ÖLÇÜLERİ			İKONOS STEREO			MUTLAK ORT. HATA				KARESEL ORT. HATA		
Nokta Adı	Sağa	Yukarı	Yükseklik	Sağa	Yukarı	Yükseklik	Sağa	Yukarı	Yük.		Sağa	Yukarı	Yük.
Nirengi-1	487218,57	4390106,93	1110,977	487218,79	4390108,50	1109,48	0,22	1,57	1,50	HATALARIN KARELERİ (HK)	0,05	2,47	2,24
Nirengi-1-1	487957,88	4390282,92	1124,002	487955,79	4390283,40	1124,29	2,09	0,48	0,29		4,38	0,23	0,08
(Pas-17)	487227,25	4391047,74	1093,639	487227,86	4391049,92	1093,31	0,61	2,18	0,33		0,38	4,77	0,11
Pas-16	486813,34	4391418,57	1085,005	486814,69	4391419,26	1084,86	1,35	0,69	0,15		1,83	0,48	0,02
Pas-15	487378,09	4392533,48	1099,036	487379,77	4392534,96	1099,52	1,68	1,48	0,48		2,83	2,18	0,23
Pas-27	488171,91	4392509,83	1107,58	488172,42	4392511,56	1108,11	0,51	1,73	0,53		0,26	2,99	0,28
(Pas-5)	487322,23	4396014,08	1141,205	487322,98	4396014,58	1140,59	0,75	0,50	0,62		0,56	0,25	0,38
Pas-20	488315,5	4396366,63	1291,013	488315,62	4396366,03	1289,72	0,12	0,60	1,29		0,02	0,36	1,67
Pas-4	488261,63	4396907,66	1221,098	488261,99	4396908,13	1219,03	0,36	0,47	2,07		0,13	0,22	4,28
Pas-3	483312,48	4397110,06	1005,31	483312,35	4397110,40	1004,96	0,13	0,34	0,35		0,02	0,12	0,12
(Pas-1)	484295,4	4397162,53	1018,344	484295,58	4397162,45	1017,83	0,18	0,08	0,51		0,03	0,01	0,26
Pas-9	483233,22	4395356,89	991,925	483233,34	4395356,38	991,23	0,12	0,51	0,69		0,01	0,26	0,48
Pas-8	484254,6	4394929,78	1017,682	484254,40	4394930,62	1016,99	0,19	0,84	0,69		0,04	0,70	0,48
Pas-7	485084,15	4395313,09	1041,733	485084,42	4395313,82	1041,11	0,27	0,74	0,62		0,07	0,54	0,39
Pas-13	484681,06	4393641,14	1050,698	484681,55	4393642,74	1050,19	0,49	1,60	0,51		0,24	2,56	0,26
Pas-12	483454,92	4393076,43	1013,869	483454,68	4393077,23	1012,60	0,24	0,80	1,27		0,06	0,64	1,61
Pas-29	483579,44	4392244,47	1023,161	483580,27	4392245,25	1022,67	0,83	0,78	0,49		0,69	0,60	0,24
Pas-24	483149,56	4390726,18	1021,14	483150,34	4390726,18	1019,51	0,78	0,00	1,63		0,61	0,00	2,66
Pas-25	485718,91	4389901,93	1077,95	485718,75	4389901,95	1076,23	0,16	0,02	1,72		0,03	0,00	2,96
Nirengi-3-1	482850,97	4389447,09	1029,696	482847,20	4389450,83	1026,30							
Nirengi-3	483972,09	4389440,03	1045,38	483972,18	4389440,05	1043,73	0,09	0,02	1,65		0,01	0,00	2,72
Pas-22	481416,34	4392829,73	987,364	481419,50	4392826,90	984,00							
Pas-30	479951,15	4393098,31	984,355	479952,52	4393097,56	983,31	1,37	0,75	1,05		1,89	0,57	1,09
Nirengi-2	480927,53	4396468,4	984,836	480927,18	4396468,85	984,73	0,35	0,46	0,11		0,12	0,21	0,01
Nirengi-2-1	479615,61	4397085,25	987,708	479614,83	4397085,08	987,38	0,78	0,17	0,33		0,61	0,03	0,11
Pas-2	480883,14	4396206,42	984,928	480883,88	4396206,96	984,61	0,74	0,54	0,32		0,55	0,29	0,10
						ORTALAMA	0,60	0,72	0,80	$\sqrt{\sum (HK) / n}$	0,77	0,89	0,94

Tablo E.1: Hava Fotoğrafi Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (2 Sigma)

	BASİT ORTALAMA HATA				MUTLAK ORTALAMA HATA					KARESEL ORTALAMA HATA			
	11 YKN VE HF-SYM		11 YKN VE YÜKPAF		11 YKN VE HF-SYM		11 YKN VE YÜKPAF			11 YKN VE HF-SYM		11 YKN VE YÜKPAF	
	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı		Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı
	1,63	-0,74	1,65	-0,48			1,65	0,48	HATALARIN KARELERİ (HK)			2,72	0,23
	1,79	-0,23	1,77	0,57			1,77	0,57				3,14	0,32
	0,92	-0,06	2,36	-0,93	0,92	0,06				0,85	0,00		
	0,10	0,37	2,90	-2,24	0,10	0,37				0,01	0,14		
	0,09	0,20	-0,43	0,04	0,09	0,20	0,43	0,04		0,01	0,04	0,18	0,00
	-0,24	-0,14	-0,76	0,98	0,24	0,14	0,76	0,98		0,06	0,02	0,58	0,96
	-1,50	1,83	-0,92	1,25			0,92	1,25				0,85	1,57
	0,04	1,52											
	0,42	-0,88	0,03	-1,97	0,42	0,88				0,17	0,77		
	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
	-0,53	-0,21	-0,02	0,06	0,53	0,21	0,02	0,06		0,28	0,04	0,00	0,00
	0,58	-0,60	0,82	-0,13	0,58	0,60	0,82	0,13		0,34	0,36	0,66	0,02
	0,52	0,10	0,78	0,38	0,52	0,10	0,78	0,38		0,27	0,01	0,61	0,15
	-1,14	1,32	-0,91	0,56			0,91	0,56				0,83	0,31
			-3,75	-2,61									
	0,98	-0,54	0,18	0,99	0,98	0,54	0,18	0,99		0,96	0,29	0,03	0,97
	-0,39	0,01	0,22	-0,13	0,39	0,01	0,22	0,13		0,15	0,00	0,05	0,02
	0,74	-0,73	0,51	-0,68	0,74	0,73	0,51	0,68		0,54	0,54	0,26	0,46
	-0,80	2,09	-1,20	1,78									
	-0,92	0,15	-1,02	-0,16	0,92	0,15	1,02	0,16		0,84	0,02	1,04	0,03
			1,16	-3,25									
	0,01	-0,13	0,40	-0,03	0,01	0,13	0,40	0,03		0,00	0,02	0,16	0,00
	0,80	-1,00	0,80	0,07	0,80	1,00	0,80	0,07		0,64	1,01	0,64	0,00
	0,80	-1,60	1,08	-1,12			1,08	1,12				1,16	1,25
	2,04	-1,13	1,72	-0,76			1,72	0,76				2,96	0,58
	0,45	1,04	0,53	1,11	0,45	1,04	0,53	1,11		0,20	1,09	0,28	1,24
ORT.	0,28	0,03	0,33	-0,28	0,51	0,41	0,81	0,53	$\sqrt{\sum (HK) / n}$	0,60	0,54	0,95	0,67

Tablo F.1: İkonos Uydu Görüntüsü Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (2 Sigma) – Mutlak Ortalama Hata

	4 YKN ve HF-SYM		4 YKN ve İko-SYM		5 YKN ve HF-SYM		7 YKN ve HF-SYM		7 YKN ve İko-SYM		7 YKN ve YÜKPAF		Yön. Par./ İko-SYM		Yön. Par./YÜKPAF	
	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı
	1,93	0,43	1,93	0,43	0,93	0,43	1,07	0,57	1,07	0,57	1,06	1,57	11,93	11,57	10,93	10,57
					3,62	0,58							13,62	11,58	13,62	10,58
	3,25	0,76	3,25	0,76	3,25	0,76					0,25	1,76	13,25	11,76	12,25	9,76
	2,66	1,57	2,66	1,57	2,66	1,57	0,66	0,57	0,66	0,57	0,66	0,43	12,66	10,43	12,66	8,43
	2,41	0,02	2,41	0,02	1,41	0,02	0,41	1,02	0,41	1,02	0,41	1,01	13,41	12,02	12,41	12,02
	1,59	0,33	1,59	0,33	0,59	0,33	0,41	0,67	0,41	0,67	0,41	1,67	11,59	11,67	11,59	10,67
	1,23	1,92	1,23	1,92	1,23	1,92							10,77	13,92	10,77	12,92
													9,00	13,87	5,00	6,87
	2,13	1,16	2,13	1,16	2,13	1,16	1,13	1,16	1,13	0,16			9,87	7,84	8,87	7,84
	0,47	1,06	0,47	1,06	0,47	1,06	0,47	0,06	0,47	0,06	0,47	0,94	11,53	10,94	11,53	9,94
	0,10	1,03	0,10	1,03	0,10	1,03	0,10	0,03	0,10	0,03	0,10	0,03	12,10	10,97	12,10	8,97
	0,28	1,39	0,28	1,39	0,28	1,39	0,72	0,39	0,72	0,39	0,72	0,61	11,28	10,61	11,28	9,61
	0,91	1,28	0,91	1,28	0,91	1,28	0,10	0,28	0,09	0,28	0,09	0,28	11,91	10,72	11,91	9,72
	0,35	0,58	0,35	0,58	0,65	0,58	0,65	0,42	0,65	0,42	0,65	0,42	11,35	10,42	11,35	9,42
	0,06	1,86	0,06	1,86	0,06	1,86							10,94	13,86	10,94	12,86
	1,58	1,43	1,58	1,43	1,58	1,43	0,42	0,43	0,42	0,43	0,92	0,43	11,58	10,57	10,08	7,57
	2,56	1,47	2,56	0,47	2,56	1,47	0,56	0,47	0,56	0,53	0,56	0,53	12,56	11,53	12,56	10,53
	1,94	0,32	1,94	0,32	1,94	0,32	0,06	0,32	0,06	0,32	0,06	1,32	11,94	12,32	9,94	8,32
	2,59	0,57	2,59	0,57	2,59	0,57					0,41	1,57	12,59	12,57	11,59	12,57
			3,47	2,41									5,53	13,41	5,53	12,41
	1,41	0,53	1,41	0,53	1,41	0,53							10,41	11,47	11,41	12,47
													13,16	8,77	13,16	8,77
	1,85	0,31	1,85	0,31	1,85	0,31	0,85	1,31			0,85	0,31	12,85	11,69	11,85	11,69
	0,97	1,89	0,97	1,89	0,97	1,89	0,03	0,89	0,03	0,89	0,03	0,89	11,97	11,11	11,97	11,11
	2,89	0,75	2,89	0,75	2,89	0,75							13,89	12,25	14,89	12,25
	3,36	0,92	3,36	0,92	3,36	0,92							14,36	12,08	14,36	11,08
			2,77	2,49									13,77	16,49	12,77	14,49
ORT.	1,66	0,98	1,78	1,06	1,63	0,96	0,51	0,57	0,48	0,45	0,48	0,86	11,84	11,72	11,38	10,50

Tablo F.2: Ikonos Uydu Görüntüsü Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (2 Sigma) – Karesel Ortalama Hata

	4 YKN ve HF-SYM		4 YKN ve Iko-SYM		5 YKN ve HF-SYM		7 YKN/HF-SYM		7 YKN/Iko-SYM		7 YKN/YÜKPAF		Yön../Iko-SYM		Yön. / YÜKPAF	
	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı
	3,72	0,18	3,72	0,18	0,86	0,18	1,14	0,33	1,14	0,33	1,12	2,47	142,32	133,91	119,46	111,77
					13,09	0,34							185,45	134,07	185,45	111,89
	10,58	0,58	10,58	0,58	10,58	0,58					0,06	3,11	175,64	138,37	150,14	95,32
	7,09	2,46	7,09	2,46	7,09	2,46	0,44	0,32	0,44	0,32	0,44	0,19	160,33	108,83	160,33	71,10
	5,82	0,00	5,82	0,00	1,99	0,00	0,17	1,03	0,17	1,03	0,17	1,03	179,88	144,41	154,06	144,38
	2,53	0,11	2,53	0,11	0,35	0,11	0,17	0,45	0,17	0,45	0,17	2,79	134,33	136,17	134,30	113,84
	1,52	3,69	1,52	3,69	1,52	3,69							115,91	193,82	115,91	166,98
													81,05	192,32	25,03	47,17
	4,52	1,34	4,52	1,34	4,52	1,34	1,27	1,34	1,27	0,02			97,50	61,51	78,75	61,53
	0,23	1,12	0,23	1,12	0,23	1,12	0,23	0,00	0,23	0,00	0,23	0,88	132,83	119,68	132,83	98,80
	0,01	1,07	0,01	1,07	0,01	1,07	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	146,31	120,28	146,31	80,41
	0,08	1,93	0,08	1,93	0,08	1,93	0,52	0,15	0,52	0,15	0,52	0,37	127,22	112,59	127,22	92,45
	0,82	1,65	0,82	1,65	0,82	1,65	0,01	0,08	0,01	0,08	0,01	0,08	141,73	114,83	141,73	94,40
	0,12	0,34	0,12	0,34	0,42	0,34	0,42	0,17	0,42	0,17	0,42	0,17	128,80	108,47	128,80	88,64
	0,00	3,46	0,00	3,46	0,00	3,46							119,64	192,13	119,64	165,41
	2,49	2,04	2,49	2,04	2,49	2,04	0,18	0,18	0,18	0,18	0,85	0,18	134,05	111,79	101,57	57,35
	6,55	2,17	6,55	0,22	6,55	2,17	0,31	0,22	0,31	0,28	0,31	0,28	157,73	132,87	157,73	110,82
	3,77	0,10	3,77	0,10	3,77	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	1,75	142,61	151,86	98,84	69,27
	6,69	0,33	6,69	0,33	6,69	0,33					0,17	2,48	158,41	158,11	134,24	158,11
			12,03	5,79									30,59	179,75	30,59	153,93
	1,99	0,28	1,99	0,28	1,99	0,28							108,41	131,54	130,23	155,48
													173,11	76,97	173,11	76,97
	3,44	0,10	3,44	0,10	3,44	0,10	0,73	1,72			0,73	0,10	165,23	136,59	140,52	136,59
	0,95	3,59	0,95	3,59	0,95	3,59	0,00	0,80	0,00	0,80	0,00	0,80	143,35	123,32	143,35	123,32
	8,33	0,56	8,33	0,56	8,33	0,56							192,82	150,11	221,59	150,11
	11,29	0,85	11,29	0,85	11,29	0,85							206,21	145,85	206,21	122,70
			7,65	6,22									189,50	272,05	162,97	210,08
$\sqrt{\sum (HK) / n}$	1,94	1,13	2,06	1,26	1,95	1,11	0,61	0,68	0,59	0,53	0,57	1,02	11,97	11,84	11,58	10,66

Tablo G.1: Quickbird Uydu Görüntüsü Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (2 Sigma)

MUTLAK ORTALAMA HATA											KARESEL ORTALAMA HATA										
4 YKN ve HF-SYM		5 YKN ve HF-SYM		9 YKN ve HF-SYM		9 YKN ve YÜKPAF		Yön.Par. ve YÜKPAF				4 YKN ve HF-SYM		5 YKN ve HF-SYM		9 YKN ve HF-SYM		9 YKN ve YÜKPAF		Yön.Par. ve YÜKPAF	
	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı		Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı	Sağa	Yukarı
	1,10	0,74	1,01	0,67	1,66	0,80			39,41	13,17	HATALARIN KARELERİ (HK)	1,21	0,54	1,02	0,45	2,77	0,64			1553,15	173,50
					0,63	0,66	0,47	0,60	41,34	14,71						0,39	0,44	0,22	0,36	1708,95	216,45
	0,60	0,99	0,80	0,33	1,12	0,64	1,69	0,30	37,44	15,54		0,36	0,99	0,64	0,11	1,25	0,41	2,85	0,09	1401,98	241,58
	0,01	0,04	0,10	0,00	0,30	0,01	0,81	0,80	39,26	14,74		0,00	0,00	0,01	0,00	0,09	0,00	0,65	0,64	1541,43	217,15
	0,30	0,33	1,01	0,37	0,13	0,67	0,44	1,01	40,34	14,73		0,09	0,11	1,02	0,14	0,02	0,46	0,19	1,01	1627,63	216,85
	0,09	0,07	0,81	0,03	1,51	0,29	1,66	0,56	39,01	15,19		0,01	0,00	0,66	0,00	2,28	0,09	2,77	0,31	1521,70	230,86
	0,74	1,17							39,08	13,41		0,55	1,36							1526,93	179,88
									37,57	18,35										1411,65	336,85
	0,91	1,40							36,53	13,59		0,82	1,95							1334,73	184,69
	0,63	0,05	0,57	0,66	1,08	0,21	0,86	0,31	38,92	14,02		0,40	0,00	0,33	0,44	1,16	0,04	0,73	0,10	1514,38	196,56
	0,57	0,81	0,49	0,84	0,70	0,32	0,11	0,60	38,78	14,02		0,33	0,66	0,24	0,71	0,48	0,10	0,01	0,36	1503,58	196,48
	0,92	0,09	0,86	0,07	0,66	0,29	0,72	0,34	39,14	14,75		0,85	0,01	0,74	0,01	0,43	0,08	0,52	0,12	1531,86	217,59
	0,16	0,11	0,23	0,08	1,38	0,06	0,92	0,01	39,63	14,81		0,02	0,01	0,05	0,01	1,89	0,00	0,85	0,00	1570,14	219,22
	0,30	0,45	0,23	0,43	0,39	0,61	0,02	0,18	38,56	14,63		0,09	0,20	0,05	0,19	0,15	0,37	0,00	0,03	1486,57	214,18
									38,05	17,12										1447,65	293,23
					0,28	0,13	0,86	0,19	37,95	14,42						0,08	0,02	0,73	0,04	1440,05	207,97
	0,13	0,79	0,79	0,14	1,36	0,21	0,42	0,10	39,72	15,47		0,02	0,62	0,62	0,02	1,85	0,04	0,18	0,01	1577,60	239,23
	1,09	0,71	0,12	0,65	0,19	0,03	1,02	0,59	38,00	14,99		1,18	0,51	0,01	0,43	0,04	0,00	1,04	0,34	1444,15	224,79
	1,16	0,14	0,46	0,53	0,57	0,02	0,92	0,05	38,28	15,02		1,35	0,02	0,22	0,28	0,33	0,00	0,85	0,00	1465,05	225,72
									33,97	15,35										1154,03	235,53
					1,50	0,18	1,74	0,24	37,23	15,70						2,24	0,03	3,02	0,06	1386,22	246,46
	0,10	0,80	0,05	0,76	0,56	0,09	0,38	0,12	39,80	15,58		0,01	0,64	0,00	0,58	0,31	0,01	0,14	0,02	1583,80	242,83
	0,04	1,13	0,01	0,51	0,62	0,57	0,84	0,72	39,87	15,09		0,00	1,27	0,00	0,26	0,38	0,33	0,70	0,52	1589,94	227,62
	0,18	0,85			0,69	0,91	0,69	1,04	39,91	12,97		0,03	0,73			0,48	0,84	0,48	1,09	1593,05	168,09
									42,64	14,75										1817,83	217,50
									41,02	13,82										1682,64	190,91
	0,15	1,01	0,20	1,01	0,60	0,60	0,19	0,61	39,87	15,03		0,02	1,03	0,04	1,03	0,36	0,36	0,03	0,38	1589,30	226,02
ORT	0,4	0,61	0,48	0,44	0,79	0,37	0,78	0,44	38,94	14,85	$\sqrt{\sum (HK) / n}$	0,62	0,75	0,59	0,54	0,92	0,46	0,92	0,54	38,97	14,89

Tablo H.1: İkonos Stereo Model Okumalarının GPS Ölçülerinden Farkları (2 Sigma)

	GPS ÖLÇÜLERİ			İKONOS STEREO			MUTLAK ORT. HATA				KARESEL ORT. HATA		
Nokta Adı	Sağa	Yukarı	Yük.	Sağa	Yukarı	Yükseklik	Sağa	Yukarı	Yük.		Sağa	Yukarı	Yük.
Nirengi-1	487218,57	4390106,93	1110,977	487218,79	4390108,50	1109,48				HATALARIN KARELERİ (HK)			
Nirengi11	487957,88	4390282,92	1124,002	487955,79	4390283,40	1124,29							
(Pas-17)	487227,25	4391047,74	1093,639	487227,86	4391049,92	1093,31							
Pas-16	486813,34	4391418,57	1085,005	486814,69	4391419,26	1084,86							
Pas-15	487378,09	4392533,48	1099,036	487379,77	4392534,96	1099,52							
Pas-27	488171,91	4392509,83	1107,58	488172,42	4392511,56	1108,11							
(Pas-5)	487322,23	4396014,08	1141,205	487322,98	4396014,58	1140,59	0,75	0,50	0,62		0,56	0,25	0,38
Pas-20	488315,5	4396366,63	1291,013	488315,62	4396366,03	1289,72	0,12	0,60	1,29		0,02	0,36	1,67
Pas-4	488261,63	4396907,66	1221,098	488261,99	4396908,13	1219,03							
Pas-3	483312,48	4397110,06	1005,31	483312,35	4397110,40	1004,96	0,13	0,34	0,35		0,02	0,12	0,12
(Pas-1)	484295,4	4397162,53	1018,344	484295,58	4397162,45	1017,83	0,18	0,08	0,51		0,03	0,01	0,26
Pas-9	483233,22	4395356,89	991,925	483233,34	4395356,38	991,23	0,12	0,51	0,69		0,01	0,26	0,48
Pas-8	484254,6	4394929,78	1017,682	484254,40	4394930,62	1016,99	0,19	0,84	0,69		0,04	0,70	0,48
Pas-7	485084,15	4395313,09	1041,733	485084,42	4395313,82	1041,11	0,27	0,74	0,62		0,07	0,54	0,39
Pas-13	484681,06	4393641,14	1050,698	484681,55	4393642,74	1050,19							
Pas-12	483454,92	4393076,43	1013,869	483454,68	4393077,23	1012,60	0,24	0,80	1,27		0,06	0,64	1,61
Pas-29	483579,44	4392244,47	1023,161	483580,27	4392245,25	1022,67	0,83	0,78	0,49		0,69	0,60	0,24
Pas-24	483149,56	4390726,18	1021,14	483150,34	4390726,18	1019,51	0,78	0,00	1,63		0,61	0,00	2,66
Pas-25	485718,91	4389901,93	1077,95	485718,75	4389901,95	1076,23	0,16	0,02	1,72		0,03	0,00	2,96
Nirengi31	482850,97	4389447,09	1029,696	482847,20	4389450,83	1026,30							
Nirengi-3	483972,09	4389440,03	1045,38	483972,18	4389440,05	1043,73	0,09	0,02	1,65		0,01	0,00	2,72
Pas-22	481416,34	4392829,73	987,364	481419,50	4392826,90	984,00							
Pas-30	479951,15	4393098,31	984,355	479952,52	4393097,56	983,31							
Nirengi-2	480927,53	4396468,4	984,836	480927,18	4396468,85	984,73	0,35	0,46	0,11		0,12	0,21	0,01
Nirengi21	479615,61	4397085,25	987,708	479614,83	4397085,08	987,38	0,78	0,17	0,33		0,61	0,03	0,11
Pas-2	480883,14	4396206,42	984,928	480883,88	4396206,96	984,61	0,74	0,54	0,32		0,55	0,29	0,10
ORTALAMA							0,38	0,43	0,82	$\sqrt{\sum (HK) / n}$	0,48	0,52	0,97

Tablo I.1: Birinci Bölgede Gerçekleştirilen Değerlendirmelerde Elde Edilen Detay Sayıları

Kat. No	Hava Fotoğrafi ile Değerlendirme					IKONOS Uydu Görüntüsü ile Değerlendirme						QUICKBIRD Uydu Görüntüsü ile Değerlendirme					
	Line S.	Ellipse	Cell	Text	Toplam	Line String		Cell		Toplam		Line String		Cell		Toplam	
	Adet	Adet	Adet	Adet	Adet	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
5	2		20		22		0,0		0		0,0		0,0		0		0,0
11	12		8		20	8	66,7		0	8	40,0	8	66,7	1	12,5	9	45,0
12			9		9	1	+ 1		0	1	11,1	2	+ 2		0,0	2	22,2
13	13		1		14	4	30,8	4	400	8	57,1	6	46,2	6	600,0	12	85,7
14	6		4		10		0,0		0		0,0	4	66,7		0,0	4	40,0
15	43		24		67	76	176,7	22	92	98	146,3	100	232,6	8	33,3	108	161,2
16	235				235	177	75,3		-	177	75,3	99	42,1		-	99	42,1
17	94				94	30	31,9		-	30	31,9	120	127,7		-	120	127,7
20	140		43		183	14	10,0		0	14	7,7	30	21,4		0,0	30	16,4
21	543				543	345	63,5		-	345	63,5	375	69,1		-	375	69,1
22					-		-		-		-	2	+ 2		-	2	+ 2
25	249				249	242	97,2		-	242	97,2	225	90,4		-	225	90,4
26	19				19	7	36,8		-	7	36,8	9	47,4		-	9	47,4
27	396	1			397	10	2,5		-	10	2,5	13	3,3		-	13	3,3
31	1				1		0,0		-		0,0		0,0		-		0,0
36	41				41	28	68,3		-	28	68,3	48	117,1		-	48	117,1
38	245				245	101	41,2		-	101	41,2	95	38,8		-	95	38,8
39			1758		1758		-	1159	66	1159	65,9		-	1015	57,7	1015	57,7
40	18				18	31	172,2	1	+ 1	32	177,8	47	261,1	4	-	51	283,3
41					-	4	+ 4		-	4	+ 4	1	+ 1		-	1	+ 1
42	1		1		2	4	400,0		0	4	200,0		0,0		0,0		0,0
43	5	1			6	1	20,0		-	1	16,7		0,0		-		0,0
44	1		1		2		0,0		0		0,0		0,0		0,0		0,0
45	4		49		53	4	100,0	1	2	5	9,4	17	425,0	1	2,0	18	34,0
46	5	1			6	3	60,0		-	3	50,0	7	140,0	1	+ 1	8	133,3
48			321		321		-	1	0	1	0,3		-	32	10,0	32	10,0
49			3		3		-	1	33	1	33,3		-		0,0		0,0
50	183				183	24	13,1		-	24	13,1	31	16,9		-	31	16,9
51	43				43		0,0		-		0,0		0,0		-		0,0
62	133				133		0,0		-		0,0		0,0		-		0,0
Toplam	2432	3	2242	0	4677	1114	45,8	1189	53	2303	49,2	1239	50,9	1068	47,6	2307	49,3

Tablo I.2: İkinci Bölgede Gerçekleştirilen Değerlendirmelerde Elde Edilen Detay Sayıları

Katman No	Hava Fotoğrafi ile Değerlendirme				IKONOS Uydu Görüntüsü ile Değerlendirme						QUICKBIRD Uydu Görüntüsü ile Değerlendirme					
	Line String	Cell	Text	Toplam	Line String		Cell		Toplam		Line String		Cell		Toplam	
	Adet	Adet	Adet	Adet	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
5	16	22		38	1	6,3		0,0	1	2,6		0,0		0,0		0,0
11	18	9		27	18	100,0		0,0	18	66,7	11	61,1		0,0	11	40,7
12	1	2		3	2	200,0		0,0	2	66,7	1	100,0		0,0	1	33,3
13	2	3		5		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0
14				-						-	3	+ 3			3	+ 3
15	10	6		16	6	60,0		0,0	6	37,5	11	110,0		0,0	11	68,8
16	240			240	211	87,9			211	87,9	124	51,7			124	51,7
17	65			65		0,0				0,0	100	153,8			100	153,8
21	76			76	53	69,7			53	69,7	30	39,5			30	39,5
25	17			17	19	111,8			19	111,8	14	82,4			14	82,4
27	6			6		0,0				0,0		0,0				0,0
38	13			13	1	7,7			1	7,7	3	23,1			3	23,1
39		181		181			186	102,8	186	102,8			111	61,3	111	61,3
40	10			10		0,0				0,0		0,0				0,0
42				-						-	1	+ 1			1	+ 1
45	4	19		23	3	75,0		0,0	3	13,0	2	50,0		0,0	2	8,7
50	54			54	5	9,3			5	9,3	2	3,7			2	3,7
51	10			10	1	10,0			1	10,0	1	10,0			1	10,0
59				-	1	+ 1			1	+ 1						-
62	40			40		0,0				0,0		0,0				0,0
Toplam	582	242	0	824	321	55,2	186	76,9	507	61,5	303	52,1	111	45,9	414	50,2

Tablo I.3: Üçüncü Bölgede Gerçekleştirilen Değerlendirmelerde Elde Edilen Detay Sayıları

Katman No	Hava Foto ile Değerlendirme			IKONOS Uydu Görüntüsü ile Değerlendirme						QUICKBIRD Uydu Görüntüsü ile Değerlendirme					
	Line String	Cell	Toplam	Line String		Cell		Toplam		Line String		Cell		Toplam	
	Adet	Adet	Adet	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
5	3	34	37		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0
11	24	17	41	25	104,2		0,0	25	61,0	20	83,3		0,0	20	48,8
12	2	3	5		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0
13	2	6	8		0,0	1	16,7	1	12,5	1	50,0	1	16,7	2	25,0
14	3	1	4		0,0		0,0		0,0	1	33,3		0,0	1	25,0
15	15	8	23	12	80,0	2	25,0	14	60,9	10	66,7	2	25,0	12	52,2
16	220		220	133	60,5			133	60,5	126	57,3			126	57,3
17	63		63		0,0				0,0	68	107,9			68	107,9
20		11	11				0,0		0,0				0,0		0,0
21	201		201	176	87,6			176	87,6	141	70,1			141	70,1
25	51		51	51	100,0			51	100,0	54	105,9			54	105,9
26	3		3		0,0				0,0		0,0				0,0
27	31		31		0,0				0,0	1	3,2			1	3,2
36	3		3	1	33,3			1	33,3		0,0				0,0
37			-						-						-
38	63		63	50	79,4			50	79,4	46	73,0			46	73,0
39		223	223			468	209,9	468	209,9			471	211,2	471	211,2
40	60		60	16	26,7			16	26,7	11	18,3			11	18,3
42			-						-	1				1	+ 1
44	1		1		0,0				0,0		0,0	1		1	100,0
45	11	24	35	4	36,4		0,0	4	11,4	5	45,5		0,0	5	14,3
46			-	4	+ 4			4	+ 4						-
48		57	57				0,0		0,0				0,0		0,0
50	39		39		0,0				0,0		0,0				0,0
51	2		2		0,0				0,0		0,0				0,0
59			-	2	+ 2			2	+ 2						-
62	33		33		0,0				0,0		0,0				0,0
Toplam	830	384	1214	474	57,1	471	122,7	945	77,8	485	58,4	475	123,7	960	79,1

Ek_J**Tablo J.1: Katmanlarda Yer Alan Detaylar**

KATMAN NO	DETAY ADI
1	ARA_ES_YUK_EGR.
2	ES_YUK_EGR.
3	ANA_ES_YUK_EGR.
4	KOT NOKTASI
5	KAYA, TAŞLIK, KUMLUK, HEYELAN BÖLGESİ, LEÇELİK/LAVLI ARAZI, MAĞARA
7	NIVELMAN-NİRENGİ_NOKTASI
9	POLIGON_NOKTASI
10	NİRENGİ_NOKTASI
11	DERE, PINAR, ÇELTİK, BATAKLIK, ŞARAMPOL
12	KUYU, KANAL, SARNIÇ, SU YOLU KOPRUSU
13	ÇEŞME, HAVUZ
14	SU KULESİ, SU YOLU, GOL/GOLET, İSKELE, RIHTIM, DALGAKIRAN, VİNC, BARAJ
15	YOL, TUNEL, DURAK, KOPRU, MENFEZ
16	MULKIYET_SINIRI
17	İTİRAZLI_MULKIYET_SINIRI
18	İRTİFAK_HAKKI
19	OTOPARK
20	KALDIRIM
21	TOPRAK_YOL, PATİKA
22	KYOLU_ALT-UST_GECIDI
23	DEMİRYOLU, DYOLU BARİYERİ-GEÇİDİ-KOPRUSU-MENFEZİ-İSTASYONU
24	HAVA_ALANI
25	OZEL_BINA
26	YAP_OLAN/HARAP_BINA
27	SUNDURMA
28	OKUL
30	RESMİ_BINA, TRAFİK KONTROL İSTASYONU
31	SU_DEPOSU
32	CAMİİ, TURBE, MİNARE
33	AGIL
34	DEĞİRMEN
36	FABRIKA, İMALATHANE, BACA, FAB.KULUBESİ
37	KALE, HARABE, HEYKEL
38	CİT, TELORGU, PARMAKLIK, DUVAR
39	ÇALILIK, MEYVALIK, BAĞLIK, BAĞÇE, TEK AĞAÇ, ÇİT
40	SERA, ORMAN SINIRI, AĞAÇ, ORMAN, GOZETLEME KULESİ
41	PARK_BAHCE
42	TELEFON/RADYO_HATTI, RADYO/RADAR/TV İSTASYONU, ENTEN ŞEBEKESİ
43	SPOR_TESISLERİ
44	MEZARLIK, TEK MEZAR
45	KABLO YERİ, ELEKTRİK HATTI, TRAFO, SOME NOK., ELEKTRİK SANTRALİ
46	TAHİL_SİLOSU, POMPA İST., BENZİN İSTASYONU, PETROL KUYUSU
47	MADEN_İSLETME_SINIRI, MADEN, PERİ BACASI
48	TELEFON/ELEKTRİK/BAYRAK_DIREĞİ, SOKAK LAMBASI
49	BORU_HATTI, KANALİZASYON,ROGAR
50	SEV, DOĞAL YARMA
51	KOKURDAN, HENDEK, SET, HOYUK
52	DEVLET/İL SINIRI
53 - 54	İLCE/BUCAK_SINIRI VE MUCAVİR_ALAN_SINIRI
55 - 56	BELEDİYE VE KÖY SINIRI

Tablo J.2: Birinci Bölgede Değerlendirilen Detayların Hava Fotoğrafları ile Karşılaştırılması

KATMAN NO	HV.FOTO	IKONOS		KATMAN NO	HV.FOTO	QUICKBIRD	
	Adet	Adet	%		Adet	Adet	%
5	22	-	0,0	5	22	-	0,0
14	10	-	0,0	31	1	-	0,0
31	1	-	0,0	42	2	-	0,0
44	2	-	0,0	43	6	-	0,0
51	43	-	0,0	44	2	-	0,0
62	133	-	0,0	49	3	-	0,0
48	321	1	0,3	51	43	-	0,0
27	397	10	2,5	62	133	-	0,0
20	183	14	7,7	27	397	13	3,3
45	53	5	9,4	48	321	32	10,0
12	9	1	11,1	20	183	30	16,4
50	183	24	13,1	50	183	31	16,9
43	6	1	16,7	12	9	2	22,2
17	94	30	31,9	45	53	18	34,0
49	3	1	33,3	38	245	95	38,8
26	19	7	36,8	14	10	4	40,0
11	20	8	40,0	16	235	99	42,1
38	245	101	41,2	11	20	9	45,0
46	6	3	50,0	26	19	9	47,4
13	14	8	57,1	39	1758	1015	57,7
21	543	345	63,5	21	543	375	69,1
39	1758	1159	65,9	13	14	12	85,7
36	41	28	68,3	25	249	225	90,4
16	235	177	75,3	36	41	48	117,1
25	249	242	97,2	17	94	120	127,7
15	67	98	146,3	46	6	8	133,3
40	18	32	177,8	15	67	108	161,2
42	2	4	200,0	40	18	51	283,3
41	-	4	+ 4	41	-	1	+ 1
TOPLAM	4677	2303	49,2		4677	2307	49,3

Tablo J.3: İkinci Bölgede Değerlendirilen Detayların Hava Fotoğrafları ile Karşılaştırılması

KATMAN NO	HV.FOTO	IKONOS		KATMAN NO	HV.FOTO	QUICKBIRD	
	Adet	Adet	%		Adet	Adet	%
13	5	-	0,0	5	38	-	0,0
17	65	-	0,0	13	5	-	0,0
27	6	-	0,0	27	6	-	0,0
40	10	-	0,0	40	10	-	0,0
62	40	-	0,0	62	40	-	0,0
5	38	1	2,6	50	54	2	3,7
38	13	1	7,7	45	23	2	8,7
50	54	5	9,3	51	10	1	10,0
51	10	1	10,0	38	13	3	23,1
45	23	3	13,0	12	3	1	33,3
15	16	6	37,5	21	76	30	39,5
11	27	18	66,7	11	27	11	40,7
12	3	2	66,7	16	240	124	51,7
21	76	53	69,7	39	181	111	61,3
16	240	211	87,9	15	16	11	68,8
39	181	186	102,8	25	17	14	82,4
25	17	19	111,8	17	65	100	153,8
59	-	1	+ 1	42	-	1	+ 1
				14	-	3	+ 3
TOPLAM	824	507	61,5		824	414	50,2

J.4: Üçüncü Bölgede Değerlendirilen Detayların Hava Fotoğrafları ile Karşılaştırılması

Katman No	Hava Foto	İkonos		Katman No	Hava Foto	Quickbird	
	Adet	Adet	%		Adet	Adet	%
5	37	-	0	5	37	-	0,0
12	5	-	0	12	5	-	0,0
14	4	-	0	20	11	-	0,0
17	63	-	0	26	3	-	0,0
20	11	-	0	36	3	-	0,0
26	3	-	0	48	57	-	0,0
27	31	-	0	50	39	-	0,0
44	1	-	0	51	2	-	0,0
48	57	-	0	62	33	-	0,0
50	39	-	0	27	31	1	3,2
51	2	-	0	45	35	5	14,3
62	33	-	0	40	60	11	18,3
45	35	4	11,4	13	8	2	25,0
13	8	1	12,5	14	4	1	25,0
40	60	16	26,7	11	41	20	48,8
36	3	1	33,3	15	23	12	52,2
16	220	133	60,5	16	220	126	57,3
15	23	14	60,9	21	201	141	70,1
11	41	25	61,0	38	63	46	73,0
38	63	50	79,4	44	1	1	100,0
21	201	176	87,6	25	51	54	105,9
25	51	51	100,0	17	63	68	107,9
39	223	468	209,9	39	223	471	211,2
59	-	2	+ 2	42	-	1	+ 1
46	-	4	+ 4				
TOPLAM	1214	945	77,8		1214	960	79,1

ÖZGEÇMİŞ

Veysel Okan ATAĞ, 1973 yılında Siirt'te doğdu. İlk öğrenimini İstanbul'da İcadiye ve İskender Paşa İlkokulu'nda 1984 yılında, orta öğrenimini de Oruçgazi İlköğretim Okulu'nda 1987 yılında tamamladı. Aynı yıl Işıklar Askeri Lisesi'nde öğrenimine başladı ve 1991 yılında buradan mezun olarak Kara Harp Okulu'ndaki öğrenimine devam etti. 1995 yılında Kara Harp Okulu'ndan, 1997 yılında ise Harita Yüksek Teknik Okulu'ndan mezun oldu ve aynı yıl Harita Genel Komutanlığı Fotogrametri Dairesi'nde göreve başladı.

1998-2004 yılları arasında Fotogrametrik Nirengi ve İş Hazırlama Kısmı'nda Kontrol Subayı olarak, 2004-2005 yılları arasında ise Topografya Şubesi Müdürlüğünde 2. Bütünleme Kısım Amiri olarak görev yaptı. 1997 ve 1998 yıllarında Harita Genel Komutanlığı tarafından yürütülen Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) projesi kapsamında arazi çalışmalarına katıldı. 1999-2001 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesinde yüksek lisansını tamamladı.

2005 yılından beri Eğitim ve Doktrin Komutanlığı'nda Görüntü İstihbaratı öğretmeni görevini yürüten Veysel Okan ATAĞ, evli olup İngilizce ve Almanca bilmektedir.