

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

STEREO-OPTİK GÖKTÜRK-2 UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİK
DÜZELTMESİ VE 3 BOYUTLU KONUM DOĞRULUĞU ANALİZİ

GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DAMLA YÜCE

MAYIS 2019

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

STEREO-OPTİK GÖKTÜRK-2 UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİK
DÜZELTMESİ VE 3 BOYUTLU KONUM DOĞRULUĞU ANALİZİ

GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Damla YÜCE

DANIŞMAN : Dr. Öğr. Üyesi Aycan Murat MARANGOZ

İKİNCİ DANIŞMAN : Doç. Dr. Umut Güneş SEFERCİK

ZONGULDAK

Mayıs 2019

KABUL:

Damla YÜCE tarafından hazırlanan “Stereo-Optik Göktürk-2 Uydu Görüntülerinin Geometrik Düzeltmesi ve 3 Boyutlu Konur Doğruluğu Analizi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle/~~oyçokluğuyla~~ kabul edilmiştir. 22/05/2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aycan Murat MARANGOZ

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik
Mühendisliği Bölümü



Üye: Doç. Dr. Saygın ABDİKAN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik
Mühendisliği Bölümü



Üye: Doç. Dr. Ayhan ATEŞOĞLU

Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü

**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

..../..../20....



Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



"Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim."


Damla YÜCE

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

STEREO-OPTİK GÖKTÜRK-2 UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİK DÜZELTMESİ VE 3 BOYUTLU KONUM DOĞRULUĞU ANALİZİ

Damla YÜCE

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Aycan Murat MARANGOZ

İkinci Danışman: Doç. Dr. Umut Güneş SEFERCİK

Mayıs 2019, 57 sayfa

Uydu ve uzay teknolojileri alanında bilgi edinmek, bu bilgileri en verimli şekilde kullanarak gerekli deneyimi kazanmak ve bu deneyimler ile özgün projelere imza atmak, dünyada ki birçok ülkenin bilimsel ve ekonomik hedeflerinin başında gelmektedir. Türkiye, çok az ülkenin sahip olduğu bu özgünlüğe BİLSAT, RASAT ve GÖKTÜRK-2 uyduları ile ulaşmıştır.

RASAT'ın ardından Türkiye'nin ikinci yerli yapım yer gözlem uydusu olan GÖKTÜRK-2, RASAT uydusuna göre üç kat yüksek konumsal çözünürlüğe (2,5 m) ve çok daha gelişmiş stereo görüş yeteneğine sahiptir. Ancak, her optik görüntüleme uydusunda olduğu gibi GÖKTÜRK-2'de, sensör geometrisi, kontrast, görüş alanındaki yoğun orman örtüsü ve topoğrafik eğim gibi nedenlerden dolayı veri kalitesinde problemler yaşanmaktadır.

ÖZET (devam ediyor)

Bu çalışmada, yüksek eğimli ve değişken yapılı topoğrafik koşullara sahip olan Mardin İli Derik İlçesinde, GÖKTÜRK-2 stereo görüntüleri kullanılarak, üç boyutlu Dijital Yüzey Modeli (DYM) elde edilmiştir. GÖKTÜRK-2 ile elde edilen bu DYM'nin, yatay ve düşey konum doğruluğu performansı, geleneksel fotogrametri yöntemi ile elde edilen DYM referans olarak kullanılarak değerlendirilmiştir.

GÖKTÜRK-2 uydu görüntülerinin yöneltme işlemleri üç boyutlu afin dönüşümü ile gerçekleştirilmiş ve Google Earth görüntülerinden 18 adet Yer Kontrol Noktası (YKN) toplanmıştır. Yöneltme işleminin ardından GÖKTÜRK-2 stereo görüntülerinden 5 m grid aralığına sahip DYM üretilmiştir. Görsel ve istatistiksel açıdan yapılan performans ve doğruluk analizleri için referans olarak kullanılan ve fotogrametri yöntemi ile elde edilen 0,5 m grid aralığına sahip DYM, dijital hava kamerası ile 800 m irtifadan çekilen hava fotoğraflarından elde edilmiştir. Görsel değerlendirmeler sonucunda yükseklik hata haritaları üretilmiştir. İstatistiksel incelemeler neticesinde, GÖKTÜRK-2 DYM konum doğruluğu, standart sapma ve normalize medyan mutlak sapma formülleri ile hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, GÖKTÜRK-2 DYM'nin yüksek eğimli topoğrafyada ve kentsel alanlarda sergilediği performans, görsel ve istatistiksel yaklaşımlar ile açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: GÖKTÜRK-2, Dijital Yüzey Modeli, Performans, Kalite

Bilim Kodu: 616.02.04

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE GEOMETRIC CORRECTION OF THE STEREO-OPTICAL GÖKTÜRK-2 SATELLITE IMAGES AND THEIR 3D POSITION ACCURACY ANALYSIS

Damla YÜCE

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geomatics Engineering**

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Aycan Murat MARANGOZ

Co-Advisor: Assoc. Prof. Dr. Umut Güneş SEFERCİK

May 2019, 57 pages

Acquiring knowledge in the field of satellite and space technologies, gaining the necessary experience by using this knowledge in the most efficient way, and signing the original projects with these experiences are among the scientific and economic targets of many countries in the world. Turkey has reached this originality, that very few countries have, through the BİLSAT, RASAT and GÖKTÜRK-2 satellites.

After the RASAT, Turkey's second native-made geospatial observation satellite, GÖKTÜRK-2 has three times higher spatial resolution (2.5 m) than the RASAT and has a much more advanced stereo vision capability. However, in GÖKTÜRK-2, like every optical imaging satellites, data quality problems exist such as sensor geometry, contrast, dense forest cover in the field of view and topographic slope.

ABSTRACT (continued)

In this study, it is aimed to generate three-dimensional Digital Surface Models (DSM) from GÖKTÜRK-2 stereo images in the Derik district of Mardin province with high slope and varying topographic conditions, and evaluate horizontal and vertical position accuracy performance evaluation using a reference DSM generated from the traditional aerial photogrammetry.

The orientation of the GÖKTÜRK-2 satellite images was carried out with three-dimensional affine transformation and 18 Ground Control Points (GCP) were collected from GoogleEarth images. After the orientation process, DSM with 5 m grid was generated from the GÖKTÜRK-2 stereo images. The performance of the generated DSM is evaluated visually and statistically using the reference DSM with 0.5 m grid, which is produced from aerial photographs obtained from an altitude of 800 m using the digital aerial camera.

As a result of visual evaluations, height error maps are produced. As a result of statistical investigations, the positioning accuracy of GÖKTÜRK-2 DSM was calculated with standard deviation and normalized median absolute deviation formulas. According to these achieved results, the performance of GÖKTÜRK-2 DSM in the steep and mountainous topography and in the flat urban area has been demonstrated by visual and statistical approaches.

Keywords: GÖKTÜRK-2, Digital Surface Model, Performance, Quality

Science Code: 616.02.04

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi danışmanlığımı üstlenerek, bu çalışmanın tamamlanabilmesi için bilgi ve desteğinin esirgemeyen değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Aycan Murat MARANGOZ' a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın uygulama aşamalarında bana destek veren ve beni yönlendiren, yoğun çalışma temposuna rağmen bana zaman ayıran ve tezin eş danışmanlığını üstlenerek çalışmamın tamamlanmasına yardımcı olan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Öğr. Üyesi Umut Güneş SEFERCİK' e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin başlangıç aşamasında, tezin konusunun seçiminde ve bu konu doğrultusunda gerekli olan verilerin sağlanmasında yardımlarını esirgemeyen Harita Genel Müdürlüğü Fotogrametri Dairesi Uzaktan Algılama Şube Müdürü Sayın Dr. Müh. Alb. Orhan FIRAT' a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin uygulama aşamasında kullanılmak üzere talep ettiğim Stereo-Optik GÖKTÜRK-2 uydu görüntülerini temin etmeme yardımcı olan Hava Kuvvetleri Komutanlığı İstihbarat Başkanlığı'na ve tüm askeri personeline teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin sonuca ulaşmasını sağlayacak olan Fotogrametrik Uçak Verisi görüntülerini temin etmeme yardımcı olan MAS Havacılık Çözümleri A.Ş. personeli değerli arkadaşım Harita Mühendisi A. Burak NUMAN' a teşekkürlerimi sunarım.

Üniversite hayatımın başladığı günden beri başım her sıkıştığında elimden tutan ve varlığından her daim güç aldığım can dostum güzel insan Arş. Gör. Dr. Gökhan GÜRBÜZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde varlıklarına şükrettiğim, maddi ve manevi değerlerini benden esirgemeyen, bu zorlu süreçte her zaman yanımda ve destekçim olan, bugünlere gelmemde en

TEŞEKKÜR (devam ediyor)

büyük pay sahibi olan annem Berrin YÜCE, haritacılık mesleğini tanımama vesile olan, meslektaşım babam Seyfi YÜCE' ye teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL:	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
 BÖLÜM 1 GİRİŞ	 1
 BÖLÜM 2 LİTERATÜR	 5
 BÖLÜM 3 UZAKTAN ALGILAMAYA GENEL BAKIŞ	 11
 3.1 UZAKTAN ALGILAMADA KULLANIM ALANLARI	 12
3.2 ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM KAVRAMI	12
3.3 KULLANILAN ENERJİYE GÖRE UZAKTAN ALGILAMA SİSTEMLERİ.....	13
3.4 KULLANILAN PLATFORMA GÖRE UZAKTAN ALGILAMA SİSTEMLERİ	15
3.5 KULLANILAN SENSÖRLERE GÖRE UZAKTAN ALGILAMA SİSTEMLERİ	17
3.5.1 Pankromatik Sensörler.....	17
3.5.2 Multispektral Sensörler.....	18
3.6 UZAKTAN ALGILAMADA ÇÖZÜNÜRLÜK KAVRAMI	18
3.6.1 Spektral Çözünürlük (Spectral Resolution).....	18
3.6.2 Radyometrik Çözünürlük (Radiometric Resolution)	20
3.6.3 Mekansal / Geometrik Çözünürlük (Spatial Resolution).....	20
3.6.4 Zamansal Çözünürlük (Temporal Resolution)	21
3.7 UZAKTAN ALGILAMADA BANT KAVRAMI.....	23

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.8 UZAKTAN ALGILAMA VE CBS İLİŞKİSİ.....	24
3.9 TÜRKİYE VE DÜNYADA UYDU GÖRÜNTÜSÜ KULLANIMINA OLAN TALEP NEDENLERİ.....	25
3.10 SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME	26
3.10.1 Radyometrik Düzeltme	26
3.10.2 Geometrik Düzeltme	27
3.11 ORTOREKTİFİKASYON	28
3.11.1 RPC (Rational Polynomial Coefficients) (Oransal Polinom Katsayıları) Parametreleri.	28
3.11.2 YKN'larının Rektifikasyondaki Yeri Ve Önemi.....	28
3.12 DİJİTAL YÜZEY MODELİ (DYM)	31
3.13 FOTOGRAMETRİ UÇAĞI VE SİSTEMLERİ.....	32
3.14 GÖKTÜRK-2 UYDUSUNUN TANITIMI VE ÖNEMİ	32
3.14.1 Göktürk-2 Teknik Özellikleri	34
3.14.2 Görüntü İşleme Seviyeleri	36
BÖLÜM 4 ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİ SETLERİ	39
4.1 ÇALIŞMA ALANI.....	39
4.2 KULLANILAN VERİ SETLERİ VE ÖZELLİKLERİ.....	41
BÖLÜM 5 UYGULAMA	43
BÖLÜM 6 BULGULAR.....	47
BÖLÜM 7 SONUÇLAR.....	51
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Uzaktan algılamada veri akışı	11
3.2 Elektromanyetik spektrumda dalga boylarına ve frekanslarına göre bantların adlandırılması	13
3.3 Aktif algılayıcı çalışma prensibi	14
3.4 Pasif algılayıcı çalışma prensibi	15
3.5 Yer platformları	16
3.6 Hava platformları.	16
3.7 GÖKTÜRK-2	17
3.8 Su, toprak ve bitki örtüsünün farklı dalga boylarında verdikleri yansıma yüzdeleri	19
3.9 Bit sayısına göre radyometrik çözünürlük	20
3.10 Aynı yere ait farklı mekansal çözünürlük değerleri	21
3.11 Zamansal çözünürlük	22
3.12 Dik (a) ve eğik (b) açılı alım görselleri.	23
2.13 Bantlar	23
3.14 Coğrafi bilgi sistemlerinin temel esasları	24
3.15 Geometrik düzeltme işlemleri	27
3.16 Görüntü eşleme yöntemi	30
3.17 Dijital yüzey modeli	31
3.18 TL3000 fotogrametri uçağı.	32
3.19 GÖKTÜRK-2 uydusu	33
3.20 Yer ve güneş uyumlu yörünge	35
4.1 Çalışma alanı: (a) Türkiye haritası üzerindeki yeri, (b) Derik ilçesi çalışma alanı sınırları	40
4.2 GÖKTÜRK-2 stereo görüntü sınırları.....	41
5.1 YKN dağılımı.	43
6.1 GÖKTÜRK-2 ve referans fotogrametrik DYM	48
6.2 Farklı ölçeklerde yükseklik hata haritaları	50



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 GÖKTÜRK-2 uydusunun teknik özellikleri.	34
3.2 Görüntü işleme seviyeleri.....	37
4.1 GÖKTÜRK-2 stereo görüntülerinin özellikleri	42
6.1 GÖKTÜRK-2 DYM mutlak yatay konum doğruluğu	47
6.2 GÖKTÜRK-2 DYM mutlak düşey konum doğruluğu.....	48





SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

$<$	: Küçüktür
$\pm$	: Artı Eksi
2^n	: İkili Sayı Sistemi / Bit
$^{\circ}$	: Derece
$'$	: Dakika
$''$	: Saniye
$\sim$	: Yaklaşık
SZ	: Standard Sapma
NMAD	: Normalize Medyan Mutlak Sapma
n	: Karşılaştırılan Piksel Sayısı
ΔZ	: Karşılaştırılan Piksellerin Yükseklik Farkları
μ	: Yükseklik Farkların Aritmetik Ortalaması
$\tilde{X}_j$	: Yükseklik Farklarının Tek Değişkenli Veri Setinin Medyanı
$\tilde{X}_1$	: X_j 'den Gelen Yükseklik Farklarının Medyan Değeri
$\leq$	: Eşit veya Daha Küçük

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ASTER	: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
BEÜ	: Bülent Ecevit Üniversitesi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CC	: Correlation Coefficient
CORSTR	: Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonları Ağı / TUSAGA-Aktif
DEM	: Digital Elevation Model
DTED	: Digital Terrain Elevation Data

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

DYM	: Dijital Yüzey Modeli
EMS	: Elektromanyetik Spektrum
ERGAS	: Erreur Relative Globale Adimensionnelle de Synthèse
ERSDAC	: Earth Remote Sensing Data Analysis Center
FBE	: Fen Bilimleri Enstitüsü
GCP	: Ground Control Point
GIS	: Geografic International System
GPS	: Global Positioning System
HKM	: Harita ve Kadastro Mühendisleri
IMU	: Inertial Measurement Unit
ISPRS	: International Society of Photogrammetry and Remote Sensing / Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği
İHA	: İnsansız Hava Aracı
LIDAR	: Light Detection and Ranging
LTAN	: Local Time Ascending Node / Yükseliş Düğümünün Yerel Zamanı
MS	: Multispektral
NASA	: National Aeronautics and Space Administration / Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NIR	: Near Infrared / Yakın Kızılötesi Bant
PAN	: Pankromatik
SAM	: Spectral Angle Mapper
SRTM	: Shuttle Radar Topography Mission
SSCB	: Sovyet Sosyalist Cumhuriyet Birliği
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
RASE	: Relative Average Spectral Error
RMSE	: Root Mean Square Error
R/G/B	: Red/Green / Blue
RPC	: Rational Polynomial Coefficients / Oransal Polinom Katsayıları
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
UA	: Uzaktan Algılama

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

UZAL-CBS : Uzaktan Algılama Coğrafi Bilgi Sistemleri

3B : 3 Boyutlu

VB. : ve benzeri

VD. : ve diğerleri

YKN : Yer Kontrol Noktası

YÖA : Yer Örneklem Aralığı





BÖLÜM 1

GİRİŞ

Yeryüzündeki hedef objelerle doğrudan bir temas kurmaksızın havadan ya da uzaydan onlarla ilgili bilgi edinme teknolojisi olan Uzaktan Algılama (UA); hızlı gelişen optik, radar ve lidar teknolojileri sayesinde dünya genelinde giderek kullanımı yaygınlaşan modern bir yöntem haline gelmiştir. Ülkeler, bu teknolojiye entegre olabilmek için uzun yıllardır yoğun çaba sergilemektedirler.

Ülkemizde, uzay kaynaklı UA faaliyetleri TÜBİTAK önderliğinde 1990'lı yıllarda başlamış ve İngiliz Surrey Üniversitesi ile ortak çalışma ürünü olarak ortaya çıkan BİLSAT, ilk Türk uydu misyonu olarak 2003 yılı Eylül ayında yörüngesine oturtulmuştur. BİLSAT sayesinde Türkiye, 12.6 m mekansal çözünürlükte pankromatik ve 26.7 m mekansal çözünürlükte kendi multispektral uydu görüntülerini elde etme şansını yakalamıştır (Yüksel vd., 2016). 2006 yılına kadar görev yapan BİLSAT misyonu, haberleşme linklerinde yaşanan teknik aksaklıklar neticesinde 2006 yılı Ağustos ayında sonlandırılmıştır. Yer gözlem uydu misyonları anlamında Türk uzay macerasının başlangıcı olan BİLSAT'ın ardından, Türkiye'nin ilk yerli yapım yer gözlem uydusu RASAT, 2011 yılı Ağustos ayında başarıyla yörüngesine oturtulmuştur. RASAT, 7.5 m pankromatik ve 15 m multispektral görüntü alım kapasitesine sahip optik prensipli bir uydu misyonudur. Fırlatılmasının hemen ardından pozisyonlama sistemlerinde yaşanan bazı teknik aksaklıklara rağmen RASAT halen görevine başarılı şekilde devam etmektedir. Kızılötesi görüş yeteneğine sahip olmayan RASAT, stereo-görüş kamerasının çok yavaş olması nedeniyle stereo görüntülemeye de beklenen performansı sağlayamamıştır.

Her misyondan daha fazla ders çıkararak ilerleyen Türkiye, tüm eksikliklerin giderildiği gelişmiş yeni bir yerli uydu misyonu planlamış ve üçüncü Türk yer gözlem uydusu GÖKTÜRK-2, Aralık 2012 tarihinde yörüngesine oturtulmuştur. Ülkemiz tarafından geliştirilmiş ilk yüksek çözünürlüklü yer gözlem uydusu olan GÖKTÜRK-2'nin tasarım,

Üretim ve test aşamalarındaki mühendislik etkinlikleri milli olarak gerçekleştirilmiştir. GÖKTÜRK-2 uydusu ile yapılan çalışmalarla; uydu ve uzay teknolojisi, profesyonel ekip gücü ve çalışan personelin geliştirilmesi amaçlamıştır. Bir diğerk hedef ise Türk Silahlı Kuvvetleri başta olmak üzere diğerk tüm devlet kurumlarının keşif ve gözlem ihtiyaçlarının milli imknlarla sağlanmasıdır. Günümüz de bu hedeflere başarıyla ulaşılmış, TUSAş kuruluşunda hizmet veren ve gelecekteki projelerde yer alması muhtemel uzman personel gücü en iyi şekilde yetişmiş, uydu üretimi, montajı, entegrasyonu gibi hedeflere en iyi şekilde ulaşılmıştır (URL-1).

Ülkemiz, GÖKTÜRK-2 uydusunu uzaya göndererek kendi yer gözlem uydusuna sahip olmuş ve böylece bu konuda bağımsız hareket etme yetisi kazanmıştır. Sadece görüntü elde etmek değil, bunların doğru ve etkin kullanımını sağlamak da önemlidir. GÖKTÜRK-2 uydusu ile elde edilmiş stereo görüntülerin, planimetrik ve düşey olarak kalitesinin test edilmesi amaçlanmıştır. Diğerk bir amacımız ise, yerli uydu görüntüsünü bilimsel çalışmalara entegre etmek ve ana amacımız olan harita üretmektir. Sunacağımız verilerle uydumuzun bizi yurt dışında temsil etmesi sağlanacak, yurt içinde ve yurt dışında bilinirliği arttırılacaktır. Bu nedenle ülkemizdeki mevcut araştırma ve geliştirme olanaklarının etkin kullanımının yararlı olacağı düşünülmektedir. Bu bilgi birikiminin, ülkemizin yer gözlem uydu görüntülerinin etkin kullanılması için yürütülecek çalışmalarda kullanılması mit edilmektedir.

Optik uydu misyonları, güneşe bağımlılık, yüksek irtifalı görüntüleme geometrisi, kontrast ve sensör karakteristikleri gibi nedenlerle sonuç ürün kalitesinde bir takım sınırlamalar ile karşımıza çıkmaktadır. Her uydu misyonunun belirtilen bu sebeplerle yaşadığı kalite kaybının tespit edilmesi yani uydu verileri ve bu verilerden elde edilen sonuç ürünlerin kalite düzeyinin tespiti vazgeçilmez bir gerekliliktir (Aguilar vd. 2010, Zhao vd. 2011, Hladik ve Alber 2012, Hobi ve Ginzler 2012). Keza, bu sayede kalitesi belirlenen uydu verilerinin hangi tip çalışmalarda tercih sebebi olabileceği ortaya konmaktadır.

Uzaktan algılama, dünyadan belirli mesafe uzaklıktaki platformlara yerleştirilmiş ölçüm araçları vasıtasıyla, yeryüzü ve üzerindeki nesneler hakkında bilgi edinme ve bunları çözümlleme tekniği, ya da objelerle fiziksel temasta bulunmadan rastgele bir uzaklıktan yapılan ölçümlerle objeler hakkında bilgi alma bilim ve sanatı olarak bilinir (URL-7). Uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları referanslı uzaktan algılama, verilerin sürekli elde edilmesi, işlenmesi ve tarımsal arazi kullanımının varyasyonunun belirlenmesi yönünden önemlidir

(Sönmez vd. 2004). Uzaktan Algılama metotları ile temin edilen uydu görüntüsü ve hava fotoğrafı dataları çoğunlukla arazi örtüsünün incelenmesi ile açığa çıkan arazi kullanımının oluşturulması için kullanılmaktadır (Karatepe 2012). Uydu platformlu uzaktan algılama sistemlerinin avantajları da bu gelişmelerle açığa çıkmaya başlamıştır. Görüntü temin etmek hızlıdır. Büyük yerlerde görüntü elde etmek daha ekonomiktir. Gözün ayırt edemeyeceği detaylar dijital boyuttaki görüntüler yardımıyla yakalanabilir. Dünyanın her yerini görüntülemek maksadıyla temin edilebilir. Sık ve aktüel görüntü elde edilebilir (URL-7).





BÖLÜM 2

LİTERATÜR

1858 yılında 700-ft. yukarıdan Gaspard Felix Tournachon tarafından Paris'in çekildiği fotoğraf İlk bilinen hava fotoğrafıdır. Amerikan iç savaşı döneminde birleşik kuvvetler balondan hava fotoğrafı çekmişlerdir. 1908'de, Wilbur Wright ve yolcusu L. P. Bonvillain uçaktan ilk hava fotoğrafını çekmişlerdir (URL-7).

Soğuk savaş döneminde uydu bazlı uzaktan algılama çalışmalarına başlanmıştır. 1950'lerde ABD ve SSCB uydu görüntülerini ilk elde etmeye başlayan ülkelerdir (URL-7). Alman V-2 roketlerine yerleştirilen otomatik foto-kamera sistemiyle ilk uzaydan algılama faaliyetleri başlamıştır. 4 Ekim 1957'de fırlatılan SPUTNIK uydusu ile uzayda belirli bir yörüngedeki uzay aracına film kameralarının takılması mümkün olmuştur (URL-5). 1960'larda verimli görüntüler elde edilmeye başlanmıştır (URL-7). Uzaya çıkmayı başaran dünyanın ilk yapay uydusu SPUTNIK-1'dir (Çoban 2016).

ERTS uydusunun uzaya gönderilme amacı yer kaynaklarının araştırılması ve yeryüzünün incelenmesidir ve bu amaçla uzaya gönderilen ilk uydudur. ABD tarafından yörüngesine yerleştirilen uydunun adı ilerleyen zamanlarda değişerek LANDSAT-1 olmuştur. Sivil amaçla fırlatılan ilk yer gözlem uydusudur (Çoban 2016). Bu uydu yetersiz hale gelince LANDSAT-2, LANDSAT-3, LANDSAT-4, LANDSAT-5 sırasıyla yörüngedeki yerlerini almışlardır. LANDSAT uydu görüntülerinden, orman alanları, tarım alanları ve arazi örtüsü belirlemede geniş bir biçimde yararlanılmaktadır. Sahip olduğu geniş arşiv, yüksek konumsal ve spektral çözünürlük uyduya olan talebi arttırmıştır (Karatepe 2012). 1986'da SPOT-1 uydusu ERSDAC ile ortaklaşa fırlatılmış ve Avrupa'nın uzaktan algılama kapıları aralanmıştır (URL-5).

IKONOS uyduları Eylül 1999'da veri temin etmeye başlayan, 1 m'ye kadar yüksek çözünürlükte kaliteli görüntü veren bir uydudur. PAN 1 m, MS 4 m çözünürlüğünde veri

temin edilebilir. IKONOS stereogörüntüde değişim noktasıdır. IKONOS görüntüleri çok yüksek çözünürlükleri sayesinde bilhassa heyelan riski olan bölgelerde zemindeki hareketli noktanın tespiti amacıyla tercih edilir (URL-5).

2000'li yıllarda çok iyi mekansal ve spektral çözünürlüğe sahip bir uydu tasarlanmıştır. Bunun en önemli örneği olan QUICKBIRD, şu an dünyadaki en kaliteli görüntüleri veren uydu sistemidir. 2001 yılında Amerika California Vanderberg Hava Üssünden fırlatılmıştır. Sensörü sayesinde PAN olarak 0 m'den 1.25 m'ye kadar farklı çözünürlüklerde görüntü elde edebilmektedir. Mühendislik çalışmalarında kullanılan bu uydu sistemleri risk faktörlerini gidermekte ve daha düzenli yapıların oluşmasına yardımcı olmaktadır. PAN ve MS görüntülerindeki yüksek çözünürlük haritaların daha doğru değerlendirilmesini sağlayacaktır (URL-5).

Koç vd. (2005) yaptıkları çalışma, IKONOS uydusuna ait pankromatik uydu görüntüleriyle otomatik görüntü eşleme tekniği ile Sayısal Yükseklik Modeli meydana getirilmesini incelemişlerdir. Bindirmeli modelin oluşturulması için YKN'ları alınmıştır. Bu noktaların bir kısmı arazide ölçülmüş, bir kısmı da 1:1000 ölçeğindeki sayısal ortofoto ve haritalardan elde edilmiştir. Elde edilen YKN'lar ile üç çeşit SYM üretilmiştir. SYM'lerden alınan yükseklik kesitleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, YKN'larının işleme katılmasıyla IKONOS uydusuna ait pankromatik bindirmeli uydu görüntülerinden karesel ortalama hatası ± 0.5 m ile ± 0.7 m arasında olan SYM oluşturulabildiği gösterilmiştir.

Mutluoğlu vd. (2011) çalışmalarında, yüksek çözünürlüklü (50 cm) GEOEYE1 mono uydu görüntüsünün konum doğruluğunun tayin edilmesini hedeflemişlerdir. Çalışmanın amacına elverişli olacak biçimde görüntü üzerinde fark edilebilen keskin duvar, bina ve parsel köşeleri ölçülmüştür. Aynı ayrıntılar arazide hem elektronik aletle ve CORSTR ile ölçülmüştür. Mukayese neticesinde elde edilen ortalama hatalar, duvarlar için ± 71 cm, binalar için ± 90 cm ve parseller için ± 113 cm olarak tespit edilmiştir. Parseller için yaklaşık konumsal hata değerlerinin büyük olmasının sebebi parsellerin büyük parçalar şeklinde olması ve parsel hudutları ayrımlarının net olmaması şeklinde yorumlanmıştır.

Erdoğan vd. (2013) tarafından, RASAT uydu görüntülerinin geometrik düzeltmeleri yapılmış ve ortaya çıkan doğruluklar araştırılmıştır. Uydu görüntüleri parçalara ayrılmış ve geometrik düzeltmeler için gerekli olan polinom dereceleri değiştirilerek doğruluklar oluşturulmuştur.

Soruşturmalar geometrik düzeltme için gereken yer kontrol noktası adedini değiştirmiştir. Dolayısıyla yer kontrol noktasına bağlı olarak değişen doğruluklar incelenmiştir. Çalışma sonunda, yer kontrol noktasındaki artışın belirli bir andan sonra doğruluktaki artışı etkilemediği gözlenmiştir.

Mutluoğlu vd. (2013) yaptıkları çalışmada, 0.50 cm çözünürlüklü WORLDVIEW-2 uydu görüntüsü ile elde edilen ortofotonun konum doğruluğunu araştırmışlardır. Yer kontrol noktaları uygun dağılımda seçilmiştir. Ortorektifiye edilen görüntülerin doğruluklarını kıyaslamak amacıyla yer kontrol noktası sayısı değiştirilmiştir. Yer kontrol noktası azaldıkça konumsal doğruluğunda azaldığı tespit edilmiştir.

Küpcü (2015) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'nin sahip olduğu ulusal yer gözlem uyduları olan RASAT ve GÖKTÜRK-2'den elde edilen görüntülerde mevcut olan geometrik hataların çeşitli uzaktan algılama yazılımları ile değişik referans ve yükseklik bilgilerinden yararlanılarak geometrik düzeltmesinin yapılması ve neticelerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Temin edilen görüntüler değişik coğrafi özelliklere ehil alanlardan seçilmiştir. GoogleEarth ve LANDSAT 8 görüntüleri referans görüntü olarak tercih edilmiştir. SRTM, ASTER ve DTED dataları Sayısal Yükseklik Modeli olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen yer kontrol noktaları ile ortorektifiye edilmiş görüntülerin konum doğruluğu bağımsız denetim noktaları ile doğrulanmıştır.

Atak vd. (2015) yaptıkları çalışmada, GÖKTÜRK-2 uydu sisteminin görüntü testleri kapsamında gerçekleştirilen faaliyetler hakkında bilgi sunmayı ve elde edilen sonuçlar ile kazanılan tecrübeleri paylaşmayı amaçlamışlardır. Testler ile yapılan çalışmalar sonucunda, GÖKTÜRK-2 uydu görüntülerinin birçok farklı haritacılık uygulaması ile ortofoto/sayısal yükseklik modeli (SYM) üretiminde kullanılabileceği, doğruluğu yüksek yer kontrol noktaları ve SYM kullanılarak iyi bir konumsal doğruluk (< 10 m) sağlanabileceğini tespit etmişlerdir. Güven (2016) çalışmasında, stereo GÖKTÜRK-2 uydu görüntüsünün geometrik doğruluğunu incelemiştir. Geometrik düzeltme amacıyla fiziksel kamera modeli oluşturulmuştur. Yer kontrol noktası üretilmiştir. Sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Yer kontrol noktası adedinin dengeleme neticesine tesiri tetkik edilmiştir. Bunun yanında oluşturulan sayısal yükseklik modelinin doğruluğu mevcut datalarla mukayese edilmiştir.

Özendi vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, milli uydularımız RASAT ve GÖKTÜRK-2'den elde edilen görüntülerin, farklı yöntemlerle pan-keskinleştirilmiş görüntü üretimi ve kalite değerlendirilmesi ile performansı incelenmiştir. Çalışma kapsamında; IHS, Brovey ve PCA metodları ile keskinleştirilmiş görüntüler oluşturulmuştur. Oluşturulan bu görüntüler nicel olarak incelenmiştir. Nicel çalışma için Correlation Coefficient (CC), Root Mean Square Error (RMSE), Relative Average Spectral Error (RASE), Spectral Angle Mapper (SAM) ve Erreur Relative Globale Adimensionnelle de Synthèse (ERGAS) kriterlerinden yararlanılmıştır. Görüntülerin oluşumu ve nicel çalışma kapsamında Matlab programlama dili içinde yer alan SharpQ programı kullanılmıştır. Akabinde, pan-sharp yapılan görüntüler nitel olarak işlem görmüştür. Nitel çalışmada objelerin varlığına ve eksiksiz olup olmadıklarına dikkat edilmiştir.

Teke vd. (2016) çalışmalarında, ülkemizin ilk yüksek çözünürlüklü uydusu GÖKTÜRK-2'nin bağıl ve çapraz radyometrik ölçümlemesini yapmışlardır. Temin edilen ölçümleme parametreleriyle görüntülerin radyometrik düzeltilmesi ortaya konmuştur. Bağıl kalibrasyon ile bantlanma ve şeritlenme yok edilmektedir. Görüntüler 90° sapma açısıyla çekilmektedir ve ölçümleme parametreleri her bir benek için hesaplanır. Çapraz radyometrik ölçümlemesinde, 2014 senesinde çekilen Tuz Gölü'ne ait Landsat-8 görüntülerinden yararlanılmıştır. Aynı gün içerisinde, kısa zaman aralıklarla elde edilen Landsat-8 ve GÖKTÜRK-2 görüntüleri karşılaştırılmış, hesap edilen kazanç ve ofset değerleri değişik görüntülerle denenmiştir. Bağıl radyometrik ölçümleme neticeleri görsel test ile doğrulanmıştır. Homojen bir alandaki ortalama parlaklık değeri sabit kalırken, değişinti değerinde azalma gerçekleştirilmiştir. Çapraz kalibrasyondaki başarı, Landsat-8 uydusuna göre %2.2 oranında hata ile kazanç ve ofset değerleri hesaplanmıştır.

Yılmaz (2016) çalışmasında, uzaktan algılama sistemlerinin taşkın çalışmalarında sağlayacağı faydaları araştırmıştır. Taşkın tespitinde uydu ve İHA teknolojisi karşılaştırılmıştır. Meriç nehrinde meydana gelen taşkınlar uydu görüntüleri ile saptanmıştır. Çalışma kapsamında değerlendirilen uydular LANDSAT 5, LANDSAT 8, RASAT ve SENTINEL 1 uydularıdır. Radar uyduları olumsuz hava koşullarından etkilenmemektedir. LANDSAT 8 OLI uydusu ile taşkını kayıt altına almak için 1,5 ay bulutların yok olması için oyalanılmışken SENTINEL 1 uydusu ile elde edilen bütün görüntüler taşkını kayıt altına alabilmiştir. Daha sonra klasik şekilde taşkın bölgesi tespiti yöntemleri uygulanmıştır. Uygulama neticesinde klasik metot ile taşkın bölgesi tespitinin hatalara neden olduğu ortaya konmuştur.

Çoban (2016) tarafından yapılan çalışmada, ülkemize ait yer gözlem uydu sistemlerinin özellikleri takdim edilmiştir. Aynı zamanda, orman ekosistemi ile ilişkili olan çalışmalarda bu yöntemlerden tedarik edilen uydu görüntülerinin kullanılabilirliği üzerinde çalışılmıştır. Ülkemiz 2003 senesinde BİLSAT uydusu ile yer gözlem uydu teknolojisinde başarılı bir hamle yapmıştır. Ülkemizdeki uzay faaliyetlerinde çok mühim deneyimlerin ve gözlemlerin gerçekleştirilmesi sağlamıştır. Kazanılan tecrübeler ile Türkiye’de tasarlanıp üretilen RASAT uydusu 2011 senesinde ve akabinde yüksek yersel çözünürlüğe sahip üçüncü nesil yer gözlem uydusu GÖKTÜRK-2 uydusu 2012 senesinde yörüngedeki konumunu almıştır. Bu uydu görüntülerinden faydalanılarak arazi örtüsü çeşitlerinin tanımlanması, ayırt edilmesi ve sınıflandırılması, orman örtüsünü meydana getiren meşcerelerin saptanması, ağaç cinslerinin tanımlanması ve ayırt edilmesi, orman örtüsündeki varyasyonların ayrıntılı tetkiklerinin yapılması, doğal afetler ve orman içi maden ocakları zararlarının saptanması vb. bilgilerden faydalanılması sağlanmıştır.

Gögerçin vd. (2017) yaptıkları çalışmada, GÖKTÜRK-2 uydu görüntüsünden yararlanılarak bazı meşcere değişkenlerinin tahmin edilmesinde Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma Ormanında GÖKTÜRK-2 uydu görüntüsüne ait bant parlaklık değerleri ve bu değerlerden hesaplanan vejetasyon indisleri ile meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı, meşcere orta boyu ve meşcere orta çapı arasındaki ilişkilerin çoklu regresyon analizi ile modellenmesini amaçlamışlardır. Elde edilecek sonuçlar ışığında GÖKTÜRK-2 uydu görüntüsünün ormancılık çalışmalarında özellikle de meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde ne derece başarılı olabileceği sonucu daha ayrıntılı bir şekilde ortaya çıkarılacaktır.

Bu çalışmada, GÖKTÜRK-2 uydusuna ait stereo-optik görüntü kullanılacaktır. Görüntünün içine aldığı bölge yerleşim yeri, yeşil alan, dağlık alanlar ve tarım alanları gibi değişik arazi tiplerini barındırmakta ve farklı yüksekliklere haiz düz ve eğimli sahalardan meydana gelmektedir. Bu sahalarda yer alan yerleşim alanları ve yol ağları yer kontrol noktası temin etmemizi kolaylaştıracak bünyededir. Dolayısıyla çalışacağımız bölge geometrik düzeltme doğruluğu için ideal bir test alanıdır. PAN+MS+KIZILÖTESİ görüntüler ayrı ayrı stereolar olarak talep edilmiştir. Amaç, stereo görüntüsü alınan bölgenin, yakın zamanlarda geleneksel fotogrametri ile elde edilmiş görüntüsü de referans model olarak kabul edilerek, görsel ve numerik analizleri gerçekleştirilecek ve doğruluğundaki değişim gözlenecektir. GÖKTÜRK-2 ile elde edilen stereo görüntü ile 3B dijital yüzey modelin kalite değerlendirmesi ve 3B

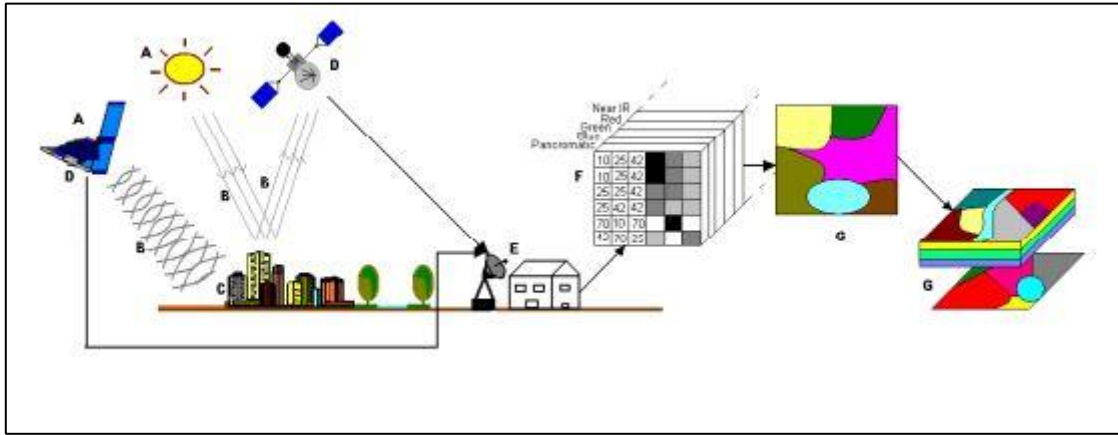
mutlak konum doğruluğu yapılacaktır. GÖKTÜRK-2 stereo görüntülerinden elde edilen üç boyutlu Dijital Yüzey Modelleri (DYM)'nin planimetrik ve düşey olarak kalitesinin test edilmesi amaçlanmıştır. Bilindiği gibi yeryüzünü tüm doğal ve insan yapısı nesneler dahil olmak üzere üç boyutlu olarak tasvir eden DYM'ler günümüzde haritacılık başta olmak üzere ormancılıktan arkeolojiye, hidrolojiden şehir planlama kadar pek çok disiplinin vazgeçilmez unsurlarıdır (Fraser 2003, Naval Gund vd. 2007, Font vd. 2010, Sterenczak ve Kozak 2011, Sefercik vd. 2013). GÖKTÜRK-2 uydusu ile ilgili literatürde gereken sayıda eser bulunmamaktadır. Hiçbir çalışma, GÖKTÜRK-2 uydusunu bu kadar kapsamlı ele almamıştır. Bu çalışmada, fotogrametrik uçak görüntüsü gibi çok yüksek doğruluğa sahip, sağlam bir referans kullanılarak uydu görüntülerinin konum doğruluğu analizi en iyi şekilde yapılacaktır. Belirlenen hedefler doğrultusunda çalışma yedi bölüme ayrılmıştır. Birinci bölümde çalışmaya nasıl motive olduğumuz, bu çalışmanın yapılmasındaki sebep, çalışmanın Dünya ve bilim üzerindeki önemi, ikinci bölümde literatür taramada uydu sistemleri kullanılarak yapılan çalışmalar ve optik uzaktan algılamanın prensiplerine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde uzaktan algılama kavramı, kullanım alanları, talep görme nedenleri, diğer bilim dalları ile ilişkisi, tez kapsamında kullanılan uydu, teknik özellikleri ve ortorektifikasyonu için gereken aşamalar açıklanmıştır. Dördüncü bölümde çalışma alanı ve kullanılan veri setlerinin özellikleri sunulmuş, beşinci bölümde uygulama ve çalışmada kullanılan yöntemlere yer verilmiştir. Altıncı bölümde elde edilen bulgular ortaya konmuş, yedinci ve son bölümde sonuçlar ve gelecek hedeflerine yer verilmiştir.

BÖLÜM 3

UZAKTAN ALGILAMAYA GENEL BAKIŞ

Uzaktan algılama; topoğrafyanın, yer kaynaklarının ve yüzeylerin incelenmesinde fiziksel bir temas olmadan algılama ve çözümleme yapabilen önemli bir tekniktir. Çeşitli taşıyıcı platformlara (uydu, insanlı ve insansız hava ve kara araçları vb.) entegre edilmiş, farklı sensörler sayesinde yüzeyden yansıyan enerjinin kayıt edilerek yorumlanmasıyla sonuç ürün elde edilmektedir (Sefercik 2010).

Bilim ve uzay teknolojilerinin ilerlemesi, beraberinde uydulardaki algılayıcıların spektral ve mekansal hususlarının günümüzde süratli gelişmesi, uzaktan algılama uygulamalarında artış sağlamıştır. Bilhassa, mekansal ve spektral çözünürlük hususlarına sahip algılayıcılarla yer yüzeyini belli bir uzaklıktan görüntüleyen uzaktan algılama teknolojisi, günümüzde hayatımızı kolaylaştıran bir öneme sahip olmuştur (Demirkese 2007).



Şekil 3.1 Uzaktan algılamada veri akışı (URL-7).

- A: Enerji Kaynağı
- B: Radyasyon ve Atmosfer
- C: Radyasyon ve Dünya Yüzeyi
- D: Radyasyonu Kaydeden Sensör

E: Yer İstasyonu

F: Veri Analizi

G: Uzaktan Algılama Uygulaması

3.1 UZAKTAN ALGILAMADA KULLANIM ALANLARI

Son zamanlarda potansiyeli hızla yükselen uzaktan algılama çok fazla kullanım alanına sahiptir. Kullanım alanlarını genel olarak şöyle özetleyebiliriz (Şekertekin 2013);

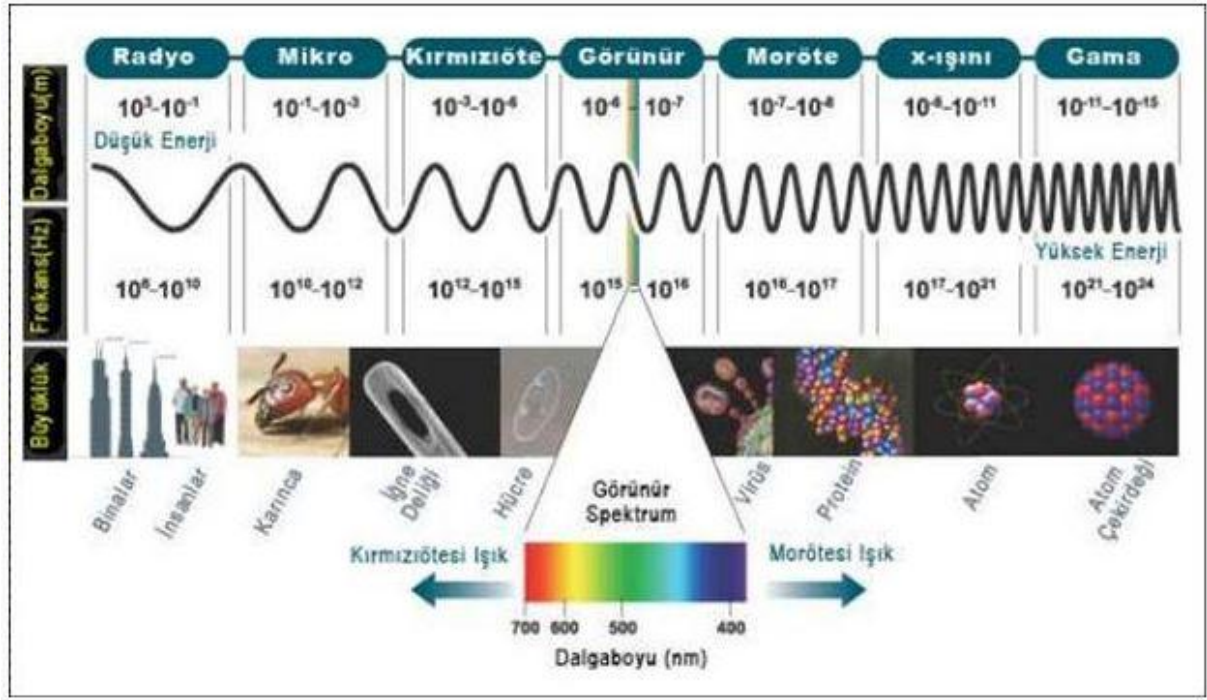
- Kentsel ve Bölgesel Planlama
- Kent Yönetimi ve Belediyecilik
- Çevre Yönetimi
- Doğal Kaynak Yönetimi
- Yer Bilimleri-Petrol ve Maden Arama
- Afet ve Kriz Yönetimi
- Tarım ve Ormancılık
- Meteoroloji
- Ulaşım Planlaması
- Turizm
- Mülkiyet-İdari Yönetim
- İstatistik
- Sağlık Yönetimi
- Eğitim
- Pazarlama-Bankacılık
- Savunma-Güvenlik
- Küresel Isınma- İklim Değişikliği

3.2 ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM KAVRAMI

Elektromanyetik spektrum (EMS), karmaşık bir terim gibi gözüksede aslında zihnimizde canlanandan daha anlaşılır ve basit bir kavramdır. Gördüğümüz ışık bile elektromanyetik dalganın bir bölümüdür. Radyo dalgaları, televizyon dalgaları ve mikro dalgalar birer elektromanyetik dalga çeşididir ve aralarındaki fark sadece dalga boylarıdır. Elektromanyetik

dalgaları frekans değerlerine veya dalga boylarına göre sıralayan sistem elektromanyetik spektrumdur.

Aşağıdaki Elektromanyetik Spektrum görselinde dalga boyları cisimlerle karşılaştırılmış, dalga boylarına ve frekanslarına göre bantlar adlandırılmıştır (URL-4).



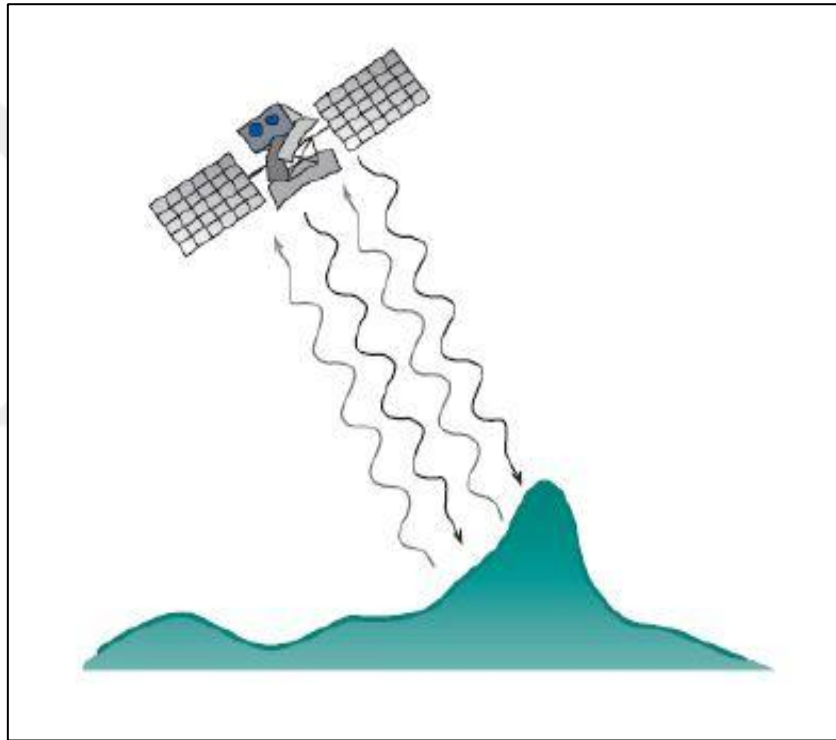
Şekil 3.2 Elektromanyetik spektrumda dalga boylarına ve frekanslarına göre bantların adlandırılması (URL-4).

3.3 KULLANILAN ENERJİYE GÖRE UZAKTAN ALGILAMA SİSTEMLERİ

Bir yüzeyden yayılan ya da yansıtılan enerjiyi hassas bir şekilde toplamak ve kaydetmek için algılayıcının kararlı bir platformda taşınması gerekmektedir. Uzaktan Algılamada yer, hava, uzay aracı veya uydu platformlarına monte edilen algılayıcılar kullanılır. Farklı algılayıcıların ve algılama platformlarının özelliklerinin bilinmesi çeşitli uygulamalarda kullanılacak uydu verisinin seçiminde etkili olmaktadır (Küpcü 2015). Uydular algılama tekniğinde kullandıkları enerji kaynaklarına (besleme ihtiyacına) göre ikiye ayrılırlar.

- **Aktif Algılama**

Aktif algılama uydunun kendi kaynakları ile yaptığı algılamadır. Bu algılama sisteminde meteorolojik şartlar, gece veya gündüz farklılığı önem arz etmemektedir. Bu algılama sisteminde güneş enerjisine gereksinim duyulmaz, ışınları kendileri tarafından üretilir ardından tekrar geri alarak görüntü elde edilir. Aktif algılama sisteminde çok fazla enerjiye ihtiyaç duyulur (Yılmaz 2016). Sistemin enerji deposu, ömrü ile doğru orantılıdır. Bu sistemler, gece gündüz ayrımı yapmadan sürekli görüntü alırlar (Yılmaz 2016). Radar ve lidar sistemleri bu algılama tipine uygun en iyi örneklerdir.

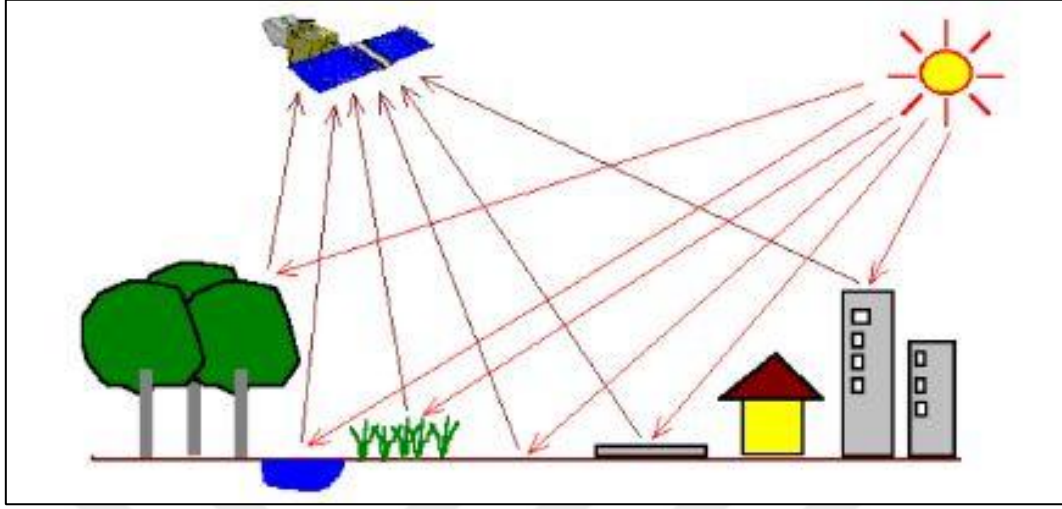


Şekil 3.3 Aktif algılayıcı çalışma prensibi (Yılmaz 2016).

- **Pasif Algılama**

Pasif algılamada güneş enerjisi veya yeryüzünden yayılan termal enerji kullanılır (Yılmaz 2016). Yeryüzünden yansıyan enerjinin toplanmasıyla görüntü elde edilir. Bu algılama sisteminde, gece veya gündüz olma şartı ve meteorolojik etmenler sonucu etkiler. Yalnızca güneş olduğunda algılama yaparlar, bulutlu havalarda algılama yapamazlar (Küpcü 2015).

Güneş gibi bir sistemden bedava enerji sağlarlar ve bu enerjiden de tasarruf sağlarlar. Optik uydular bu algılama sistemine verilebilecek en güzel örnektir.



Şekil 3.4 Pasif algılayıcı çalışma prensibi (Yılmaz 2016).

3.4 KULLANILAN PLATFORMA GÖRE UZAKTAN ALGILAMA SİSTEMLERİ

Sensör kelimesinin kökeni hissetmek manasına gelen İngilizce "to sense" kelimesine dayanmaktadır. Dilimizde sensör kelimesine eşdeğer olarak "Algılayıcı, Duyarga" da tercih edilebilir. Ölçüm yapılacak bir sisteme girdi sinyalini gönderen cihazlara algılayıcı denir. En yalın haliyle algılayıcılar sistemin ortamı hissetmesi için vardır Kullanılan platforma göre Uzaktan Algılama teknikleri 3 ana başlıkta incelenebilir.

- **Yer Platformları**

Yer platformlarına fazla detay isteyen çalışmalarda ihtiyaç duyulur. Görüntü elde ettikleri bölge epeyce küçük olmasına karşın mekansal çözünürlük yüksektir. Yere yakın konumlandırılırlar. Genelde vinçlere takılırlar.



Şekil 3.5 Yer platformları (URL-7).

- **Hava Platformları**

Uçaklara kurulan uzaktan algılama sensörlerinden ibaret sistemlerdir. Çok yüksek çözünürlüklü görüntülerin elde edilmesinde bu platformlar kullanılır. İnsansız hava araçlarına (İHA) takılan algılayıcılarda bu amaçla görüntü alabilmektedir.



Şekil 3.6 Hava platformları (URL-7).

- **Uzay Platformları**

Uzay Platformlarına kurulan sensörlerden ibarettir. Bunlara uydu adı verilir.



Şekil 3.7 GÖKTÜRK-2 (URL-6).

3.5 KULLANILAN SENSÖRLERE GÖRE UZAKTAN ALGILAMA SİSTEMLERİ

Kullanılan sensörlere göre uzaktan algılama sistemleri pankromatik sensörler ve multispektral sensörler olarak ayrılırlar.

3.5.1 Pankromatik Sensörler

Elektromanyetik spektrumun büyük bir kısmından yansıyan enerjiyi ölçebilen algılayıcılardır. Bu kısımlara bant ismi verilir. Birçok pankromatik algılayıcı için bu bant çoğunlukla elektromanyetik spektrumun görünen ile yakın kızılötesi bölgesini içine almaktadır. Pankromatik sensörler ile siyah beyaz görüntü tedarik edilir.

3.5.2 Multispektral Sensörler

Elektromanyetik spektrumdaki birçok bantta ölçüm yapan sensörlerdir. Örneğin, alıcıların bir kısmı görünür bölgedeki kırmızı yansıyan enerjiyi ölçerken, diğer bir kısım yakın kızıl ötesi bölgesindeki yakın kırmızı ötesi enerjiyi ölçebilir. Yani, iki farklı dedektör dizilimi özdeş dalga boyunun değişik kısımlarındaki enerjiyi ölçebilirler. Sonuçta, çoklu yansıma değerleri renkli görüntü meydana getirmek için birleştirilirler.

Pan-sharp ise, uydu görüntülerinde bulunan düşük çözünürlüğe sahip renkli bantların yüksek çözünürlüklü pan bandı kullanılarak çözünürlüğünün artırılmasını sağlayan veri bütünleştirme (fusion) yöntemleridir. Bu yöntem sonucunda, maksimum detay artışı, minimum renk bozulması, doğal renk ve özellik entegrasyonu sonuçlarına ulaşılması hedeflenmektedir.

3.6 UZAKTAN ALGILAMADA ÇÖZÜNÜRLÜK KAVRAMI

Çözünürlük, algılayıcı aracılığıyla çözülebilen, bir bütündeki en küçük birimin büyüklüğüdür. Görüntüleme sisteminde kayıt altına alınan ayrıntıların karakterize edilebilirlik ölçüsüdür. Çözünürlük kavramından söz edildiği zaman spektral, geometrik (uzaysal-mekansal), radyometrik ve zamansal çözünürlükten de söz etmek gerekir (URL-3).

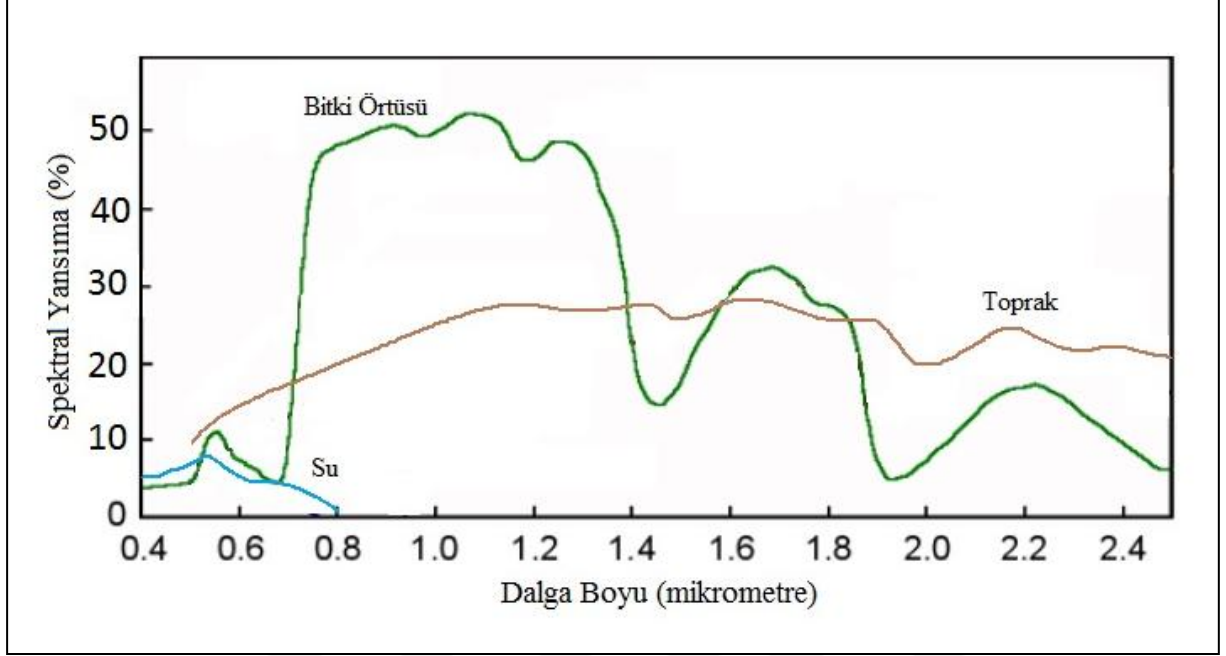
3.6.1 Spektral Çözünürlük (Spectral Resolution)

Algılayıcının duyarlı olduğu dalga boyu aralığının elektromanyetik spektrumda kayıt altına alınması spectral çözünürlük ile ifade edilir (URL-3). Bir kanal yada bandın algıladığı dalga boyu aralığı ne kadar küçük ise spectral çözünürlük o kadar iyi demektir. Yani, spektral ayırma gücünün artması spektrumun fazla ve küçük parçalara ayrılması ile doğru orantılıdır.

Bir görüntüdeki detaylar ve değişik nesne sınıfları genellikle karşılık geldikleri değişik dalga boyu aralıklarına göre ayırt edilebilir.

Çoklu-spektral algılayıcıların fazla gelişmiş hali hiperspektral algılayıcılardır. Hiperspektral algılayıcılar elektromanyetik spektrumun görünür bölge, yakın kızılötesi bölge ve orta-kızılötesi bölgelerinde birçok küçük spektral aralıkta algılama yapmaktadırlar (URL-4).

Algılayıcının algılama yaptığı aralık arttıkça meşcere tiplerini seçmek o düzeyde kolaylaşacaktır. Bu sayede, spektrumun belirli bir bölgesinde gözden kaçan bir özellik, başka bölgelerde algılama yapan bantlarda fark edilebilir. İşin özü, algılama yapılan bant sayısı spektral çözünürlüğü ifade eder.



Şekil 3.8 Su, toprak ve bitki örtüsünün farklı dalga boylarında verdikleri yansımaya yüzdeleri (URL-3).

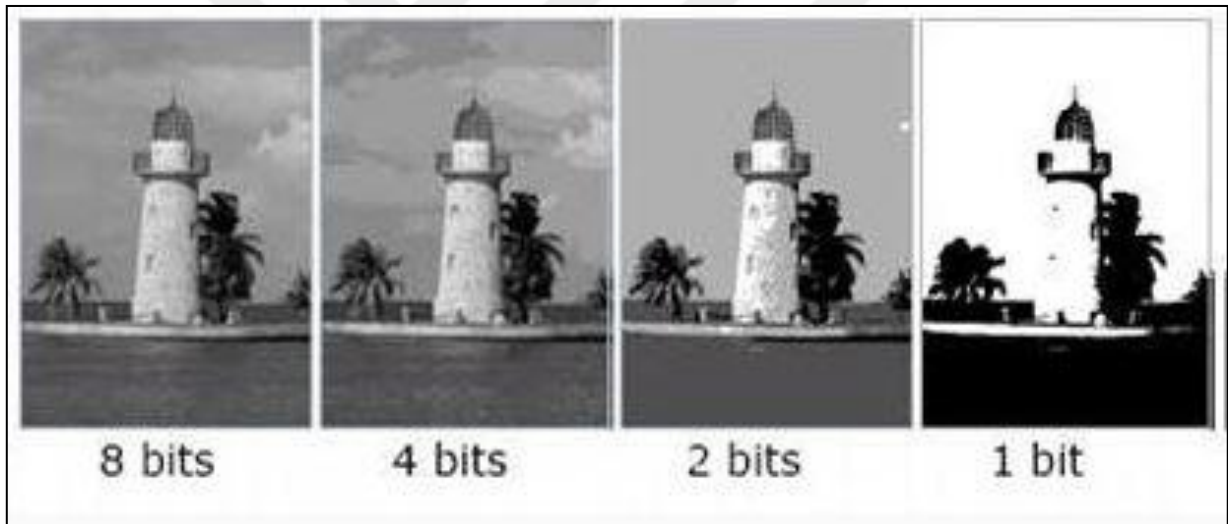
Şekil 3.8’de su, toprak ve bitki örtüsünün farklı dalga boylarında ortaya çıkardıkları yansımaya yüzdeleri verilmiştir. Geniş sınıflara örnek verilebilecek olan su ve vejetasyon sınıfları çoğunlukla çok geniş dalga boyu aralıklarına sahip görünen ve yakın kızıl ötesi bölümler sayesinde ayırt edilebilir. Lakin çok daha özellikli sınıflar (karaçam, sarıçam, göknar, ladin gibi) görünen ve yakın kızıl ötesi bölüm gibi geniş dalga boyu aralığı sayesinde kolaylıkla ayırt edilemez dolayısıyla bu sınıfları ayırt etmek için çok daha dar dalga boyu aralıklarında mukayese etmek gerekir (URL-4). Bu sebeple, gereksinim duyulan şey daha yüksek spektral çözünürlüklü bir algılayıcıdır.

Bir kanal ya da bant için dalga boyu aralığı ne kadar dar olursa, spektral çözünürlük o kadar yüksek demektir (URL-4).

3.6.2 Radyometrik Çözünürlük (Radiometric Resolution)

Radyometrik çözünürlük, algılayıcının elektromanyetik enerji büyüklüğüne karşı belirttiği duyarlılıktır. Enerjideki küçük nüansların ayırma yeteneği radyometrik çözünürlük olarak tanımlanır. Bahsedilen enerji nüansları, ayırt edilmesi muhtemel olan gri tonu sayısıdır. Radyometrik çözünürlük, bilgisayar ortamında, ikili sayı sistemi veya bit cinsinden tanımlanır. 2^n şeklinde gösterilir. Örneğin, 8 bitten meydana gelen ve bir bayt olarak adlandırılan radyometrik çözünürlük gösterimi, 0 ile 255 aralığında değişen $2^8 = 256$ değişik parlaklık değerini belirtir (URL-3).

Aşağıdaki görüntüler aynı yere ait fakat farklı radyometrik çözünürlüğe sahip görüntülere örnektir (URL-4).



Şekil 3.9 Bit sayısına göre radyometrik çözünürlük (URL-4).

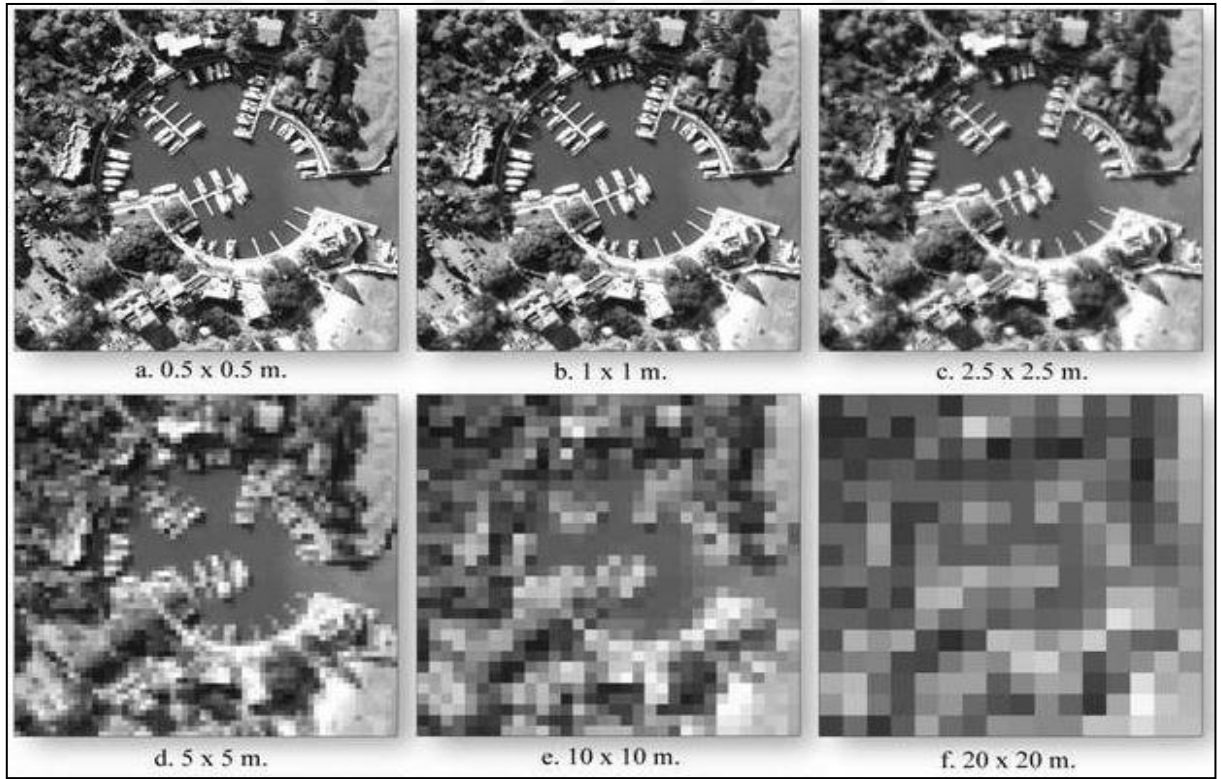
Radyometrik çözünürlük, elektromanyetik enerji miktarındaki varolan duyarlılık göstergesidir. Bu çözünürlükteki artış görüntünün yorumlanmasını aynı oranda kolaylaştıracaktır (URL-3).

3.6.3 Mekansal / Geometrik Çözünürlük (Spatial Resolution)

Algılayıcı aracılığıyla bir objenin ayırt edilebilen en küçük parçasıdır veya algılayıcının yer örnekleme aralığıdır (URL-3).

Bir pikselin yerde işgal ettiği alana yer örnekleme aralığı denir. Zeminde 1x1 metrelik bir alana karşılık gelen 1 piksel 1 metre konumsal çözünürlüğe sahiptir. Bu bölgeye karşılık gelen piksel yalnız bir renk tonu ile belirlenir. Böyle bir durumda nesnenin saptanabilmesi için nesnenin yer aldığı yeryüzünden seçilebilmesi için karşıt bir renkte olmalıdır. Bu sayede nesneye atanan piksel değeri etrafındaki diğer piksellerden farklı bir renkte olacaktır. Yani, bir nesneyi ayırt edip ne olduğunu anlayabilmemiz için o nesnenin birden fazla pikselle simgelenmesi gerekir (URL-1).

Özetle, bir görüntüde ki detaylar ne kadar ayrıntılı belirlenebilirse konumsal çözünürlük o kadar küçük demektir (URL-3). Konumsal çözünürlük küçüldükçe nesnelerin simgelendiği piksel miktarı azalacak ve bununla birlikte nesne seçimi zorlaşacaktır (URL-4). Aşağıda yer alan Şekil 3.10 buna en iyi örnektir.

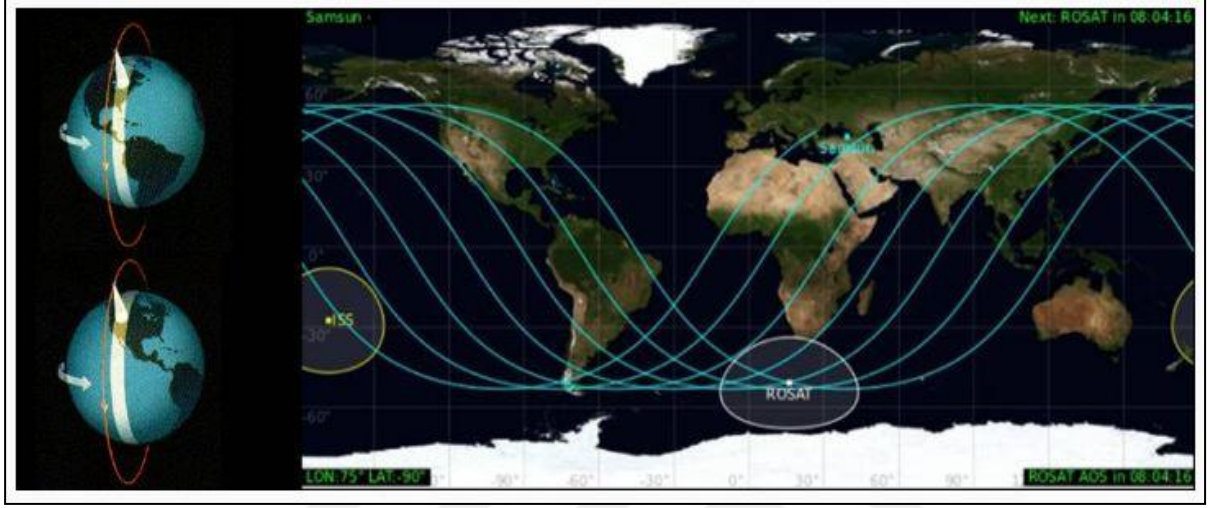


Şekil 3.10 Aynı yere ait farklı mekansal çözünürlük değerleri (URL-4).

3.6.4 Zamansal Çözünürlük (Temporal Resolution)

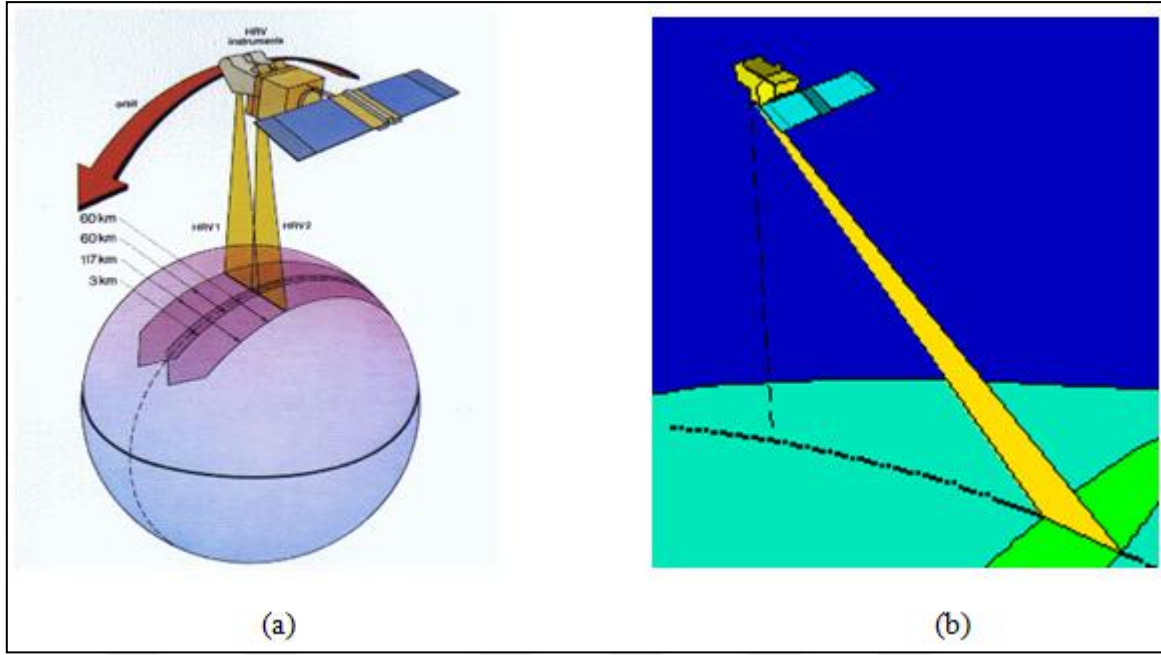
Uzaktan algılama da, yeryüzündeki aynı noktanın ne kadar sıklıkla görüntülenebileceğini gösteren nicelik, tekrar aynı yeri görüntüleyebilme yeteneğidir. Algılayıcının aynı alandan

hangi sıklıkta görüntü algıladığını belirtir (URL-3). Yani uydunun aynı bölgeye ait görüntüyü üst üste iki kez algılaması arasında geçen süredir (URL-4). Uydu bir bölgeye ait görüntüyü aldıktan sonra, aynı bölgeyi tekrar almak için belirli bir zaman tüketir. Bu süreye zamansal çözünürlük denir (URL-4). Lakin, görüntü tekrar elde edilirken farklı açılarla karşılaşılır. Bu açı detayı görüntülemeye önemli bir detaydır.



Şekil 3.11 Zamansal çözünürlük (URL-4).

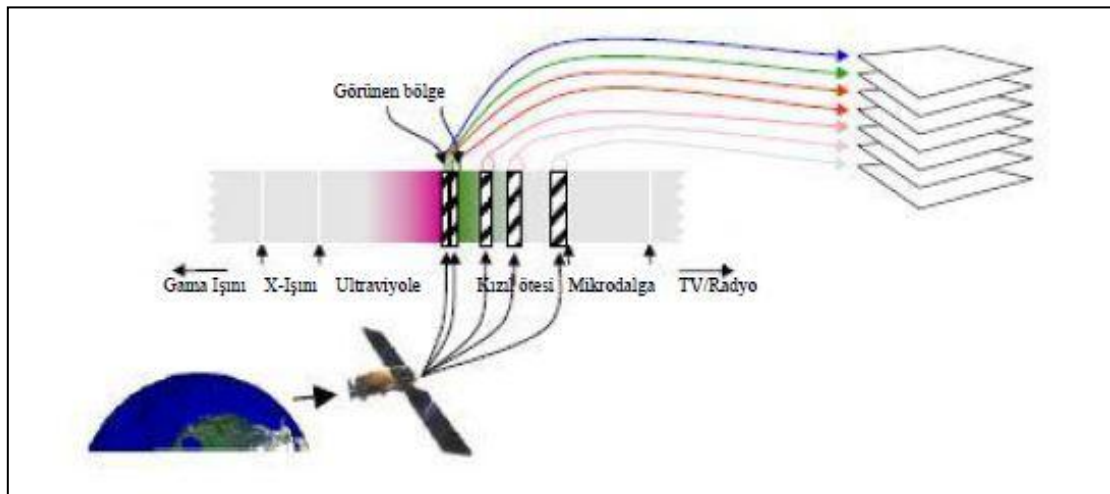
Uyduların, istenilen görüntüyü elde etmeleri için yörüngesi değiştirilemez. Buna karşın, yönelim hareketleri değiştirilerek (uyduya yalpa ya da yunuslama açısı verilerek) farklı bölgelerden görüntü alınması sağlanabilir (URL-4). Örnek vermek gerekirse, nadirden alınan bir görüntünün aynı yeri tekrar nadirden alabilmesi için 30 günlük bir süreyi doldurması gerekir, fakat ± 30 derece yunuslama açısıyla aynı yeri görüntüleyebilmesi için gereken süre 2-3 gün olabilmektedir.



Şekil 3.12 Dik (a) ve eğik (b) açılı alım görselleri.

3.7 UZAKTAN ALGILAMADA BANT KAVRAMI

Uzaktan algılama aracılığıyla elde edilmiş görüntüleri içinde barındıran bilgiler, yeryüzünden yansıyan enerjinin, alıcılarla algılanarak farklı bantlarda kaydedilmesiyle elde edilir (Doğan 2008). Bant, elektromanyetik spektrumun hususi bir alanında yer alan yansıyan ışığa veya yayılan ısıya (mavi, yeşil, kırmızı, kızıl ötesi, termal vb.) ait data dosyası değerlerinin tamamıdır. Birçok pikselden bantlar, bir veya birçok banttan görüntüler meydana gelir (Sabins 2000).



Şekil 2.13 Bantlar (Doğan 2008).

3.8 UZAKTAN ALGILAMA VE CBS İLİŞKİSİ

Uydular aracılığıyla elde edilmiş görüntülerle birlikte, verilerin CBS ortamına kolayca aktarılabilmesi ve analiz edilebilmesi de sağlanmıştır. Uydudan elde edilen görüntüler ve fotogrametrik uçaklardan elde edilen hava fotoğraflarını barındıran uzaktan algılama, dataların sürekli elde edilmesi, işlenmesi ve yeryüzündeki değişimin belirlenmesi açısından önemlidir (Sönmez vd. 2004). Günümüzde, uygulamada çoğu kurum ve sivil toplum örgütleri UA ile ilişkili CBS kavramını önemsemektedirler (Demirkesen 2007). Çünkü, uzaktan algılama CBS için veri kaynağıdır. CBS ise, dataların toplanması, muhafaza edilmesi, tahlil edilmesi, kullanıcıya takdim edilmesi gibi aşamaları bir araya getiren bir bilgi sistemidir. Temelini Coğrafya bilimine dayanan CBS, birçok veri türünün bir araya gelmesiyle oluşur. CBS, haritalarda ve 3B alanlarda görselleştirme meydana getirir (Demirkesen 2007). UA ve CBS entegrasyonu özellikle son yıllarda gelişime açık bir teknoloji olmaya başlamıştır. Uzaktan algılama teknolojisinin temin ettiği güncel bilgiler, CBS ile entegre edilmiştir. Rutin metotlarla mukayese edildiğinde amacına daha çabuk, daha ekonomik, daha az insan kuvvetiyle ulaşması ve kolay güncellenmesi sebebiyle üstünlük sağlamaktadır (Kavzoğlu vd. 2011). Coğrafi bilgi sistemleri ile uzaktan algılamanın beraber yürütüldüğü çalışmalarda karşılıklı veriler işlenerek bilgi kesinliği artırılabilir (Sönmez vd. 2004).



Şekil 3.14 Coğrafi bilgi sistemlerinin temel esasları (Turoğlu 2016).

3.9 TÜRKİYE VE DÜNYADA UYDU GÖRÜNTÜSÜ KULLANIMINA OLAN TALEP NEDENLERİ

Sayısal (Dijital) : Uydu görüntülerinin hemen hemen hepsi sayısal olarak tedarik edilmektedirler. Dolayısıyla, pahalı scanner'lara ihtiyaç duyulmamaktadır. Küçük bir ön hazırlık aşaması ile görüntü istediğimiz coğrafi bilgi sistemine (CBS / GIS), görüntü işleme yazılımına veya harita işlem yazılımına yüklemenize ve kullanmanıza hazır hale gelir ve sayısal olması sayesinde işlenen, zenginleştirilen ve yönlendirilen uydu görüntüsü diğer kaynaklardan alınan verilerde kaçırılacak ince ayrıntıları ortaya çıkarabilir (URL-8).

Hızlı : Bir uzaktan algılama uydusu, bir arazi ekibi veya bir pilotun görüntü elde etmeden önce yaptığı hazırlıklardaki vakit kaybından muaftır. Koca bir alanı hiçbir ön hazırlık gerektirmeden görüntüleyebilir. Uyduların sabit bir yörüngeye hareket etmesi, istediğimiz alana kolayca ulaşmamızı sağlar. Çok az bir planlama ile görüntü talep edilen tarihten çok kısa bir zaman sonra elinize ulaşacaktır (URL-8).

Ucuz : Uydu görüntülerinin geniş alanları görüntülenmesindeki maliyet hesabı hava fotoğraflarına veya arazi çalışmalarına göre daha uygundur.

Global : Uydular hiçbir sebeple sınırlandırılıp, kısıtlanamazlar. Ticari uydular Dünya'nın her bölgesini siyasi ve coğrafi şartlardan etkilenmeden görüntülerler. Bir uzaktan algılama uydusu, görüntülenen bölgenin hangi coğrafi şartlarda olduğuna bakmaksızın bölgenin görüntüsünü temin edebilir (URL-8).

Güncelleme : Hızla değişen günümüz dünyasında, her alanda güncel verilere gereksinim duyarız. Elimizdeki mevcut haritalar aylar hatta yıllar öncesine ait olabilir. Fakat bir uydu görüntüsünü elde ettikten sonra onu birkaç gün içinde inceleyebilir ve onunla en yeni haritayı elde etmek için çalışabiliriz (URL-8).

Ayrıntılı : Uzaktan algılama uydusu sayesinde temin edilen bir görüntüde, çok geniş alana yayılmış bitki örtüsü, yol, bina ve su alanlarına ait çoğu detayı yakalayabiliriz (URL-8).

Doğruluk : Ham uydu görüntüsü temininde insan faktöründen faydalanılmamaktadır. Temin edilen veriler, objektif ve doğrudur. Bir uydu, görüntü alımını gerçekleştirirken; arazideki gibi

hata yapıp yapılmadığını düşünmek zorunda kalmayız. Fakat bunun yanında, bazı uydu görüntülerinde yer alan atmosferden kaynaklanan etkilere gereken önemi vermeliyiz (URL-8).

Esneklik : “Uydu görüntülerinin işlenmesi veya bunlardan bilgi elde edilmesi, yapmak istediğiniz çalışmanın ne kadar basit veya karmaşık olduğu ile ilgilidir. Bir uydu görüntüsündeki bir ev ve su drenajına bakarak ikisi arasındaki ilişkiyi anlamak için çok iyi bir bilim adamı olmak gerekmez. Çok daha karışık bilgileri derlemek ve bu bilgileri diğer kaynaklardan elde edilen coğrafik bilgilerle birleştirmek günümüz teknolojisi ve yazılımları sayesinde bir kaç günlük eğitimle bile mümkün olabilmektedir.”(URL-8).

3.10 SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME

Uzaktan algılama ile temin edilen görüntüler yapıları gereği sistematik veya sistematik olmayan hatalara sahiptirler. Uygulama aşamasına geçildiğinde bu hataların yok edilmesi için bazı düzeltmelere (ön işlemlere) gereksinim duyulur. Bu düzeltmelere ön işleme denilmesinin sebebi “işleme ve analiz” aşamalarından daha önce yapılmasıdır. Bu ön işleme aşaması daha doğru sonuçlara ulaşmamızda bize yardımcı olacaktır.

Sayısal görüntü işleme, dataların kullanılabilir hale gelmesinin temelini oluşturmaktadır. Görüntü işleme yazılım ve donanımları uygun şekilde kullanıldığında görüntülerin veri içeriğinin sınırı aşılmakta, ham data sistematik hatalardan temizlendikten sonra zenginleştirilmekte, düzeltme aşamalarının ardından olması gereken gücüne ulaşması hedeflenmektedir (Doğan 2008).

Ön işlemler, ham görüntüyü belirlenmiş bir koordinat sistemine oturtmaya yarayan «geometrik düzeltme» ve elde edilen görüntüde nesneyi desteklemeyen yansımaların yok edilmesini hedefleyen «radyometrik düzeltme» etaplarını içerir.

3.10.1 Radyometrik Düzeltme

Radyometrik düzeltmeler, yanlış bilgilerin elde edilmesine sebep olan atmosferik etkilerin yok edilmesi ve algılayıcıların yarattığı radyasyondan, nesneleri temsil etmeyen yansıma hatalarının düzeltilmesi ya da elemine edilmesini içerir.

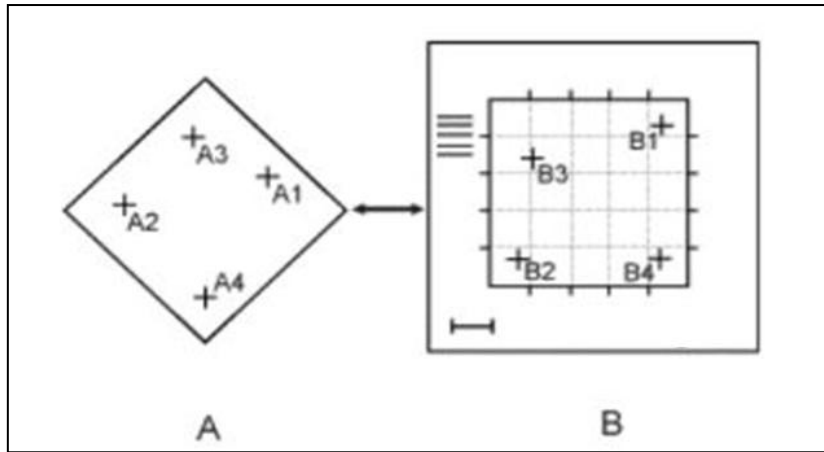
Radyometrik düzeltmeye neden ihtiyaç duyulur?

1. Algılayıcıların sebep olduğu sistematik hatalar
2. Güneş ışınlarının geliş açısının veya topoğrafyanın neden olduğu gölge etkisi
3. Hava koşullarının sebep olduğu sis ve bulut birkaç örnektir.

Elde etmek istediğimiz sağlıklı veriye ulaşmamızı engelleyen bahsi geçen bu kaba ve olumsuz etkileri yüksek olan hataların görüntü işleme aşamasına geçilmeden önce yok edilmesi gerekir.

3.10.2 Geometrik Düzeltme

Ham görüntüdeki geometrik bozulmadan kaynaklanan etkilerin yok edilmesi ve görüntünün yer kontrol noktaları aracılığıyla belirlenmiş bir coğrafi koordinat sistemine ayarlanması işlemidir. Düzeltmek üzere hazırlanan görüntüdeki nokta koordinatları, elde edilen yer kontrol noktalarının koordinatları ile tanımlanırken (enlem, boylam gibi) uygulanan bu işleme rektifikasyon, bu uygulama iki görüntünün aynı noktalarını eşleştirme ya da bir görüntüyü diğerine göre düzeltme şeklinde yapılıyor ise geometrik kayıt denilmektedir.



Şekil 3.15 Geometrik düzeltme işlemleri (Doğan 2008).

Geometrik hatalar genel olarak aşağıda belirtilen faktörlerden kaynaklanmaktadır (Küpcü 2015):

- Bazı algılayıcıların sınırlı tarama oranı
- Bazı algılayıcıların geniş bakış açısı
- Görüntü elde edilirken Dünya'nın dönüşü

- Yeryüzü eğriselliği
- Uydu platformunun konum, durum ve hızındaki değişimler
- Görüntüleme geometrisiyle ilişkili panoramik etkiler
- Topoğrafik rölyef etkisi

3.11 ORTOREKTİFİKASYON

Uydu veya fotogrametrik uçak yardımıyla elde edilen görüntüler günümüzde haritacılık ve CBS'nin temel ve ham veri kaynağını oluşturmaktadır. Bu verilerin sistematik olmayan hatalarından arındırılması işlemine ortorektifikasyon denir (URL-7).

Ortorektifikasyon, görüntünün alınması sırasında oluşan, eğiklik ve yükseklikten kaynaklanan hataların giderilmesi ve bu görüntülerin planimetrik bir düzleme oturtulması anlamında da kullanılmaktadır. Ortorektifikasyonun asıl amacı; yeryüzünün topoğrafik farklılıkları sebebiyle uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarında meydana gelen kaymaların yok edilmesidir. Algılayıcının görüntüyü Nadirden farklı bir açıyla alması, hassas olmayan SYM'lerden elde edilmiş yükseklik bilgisi ve algılayıcının değişen azimut ve yükseklik açısı mekânsal bozulma sebeplerindendir. Ortorektifikasyon bu bozulmaları ortadan kaldırır ve bütün nesnelerin sanki planimetrik bir haritada yer aldığı gibi gösterilen orto-görüntü oluşturulur. Ortorektifikasyon işlemine geçmeden önce eldeki görüntüden doğru mesafe, pozisyon, açı ve alan ölçümü yapmak imkansızdır. Bir uydu görüntüsünün ortorektifikasyonunun gerçekleştirilebilmesi için gerekli parametreler maddeler halinde açıklanacaktır.

3.11.1 RPC (Rational Polynomial Coefficients) (Oransal Polinom Katsayıları) Parametreleri

Oransal Polinom algılayıcı modelleri; görüntü uzayı ile enlem, boylam ve elipsoit yükseklik arasında ilişki kuran bir matematik modeldir. Eğer görüntü geometrisinin matematik modeli oransal polinom katsayıları şeklinde verildiyse, bu tip görüntüler ortorektifiye edilebilir. Bu işlem aynı zamanda sayısal yükseklik modeli de gerektirir. Belli başlı birkaç uydu Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve Oransal Polinom Katsayıları kullanılarak ortorektifiye edilebilir. Ikonos, QuickBird, WorldView vb. Bu uydu görüntüleri çok yüksek gözlem açısıyla çekildiği

için geometrik bozulmaları minimize edilebilir. Ortorektifikasyon işlemi için gerekli olan RPC katsayıları uydu şirketi tarafından uydunun yörüngedeki konumu, dönüklükleri ve kesin fiziksel sensör modeli bilgileri kullanılarak hesaplanır. Görüntüyü 3 boyutlu yer kontrol noktaları kullanıp, yeniden jeoreferanslandırarak oransal polinom modelinin belirli bir görüntüye uyması daha da arttırılabilir.

3.11.2 YKN'lerinin Rektifikasyondaki Yeri ve Önemi

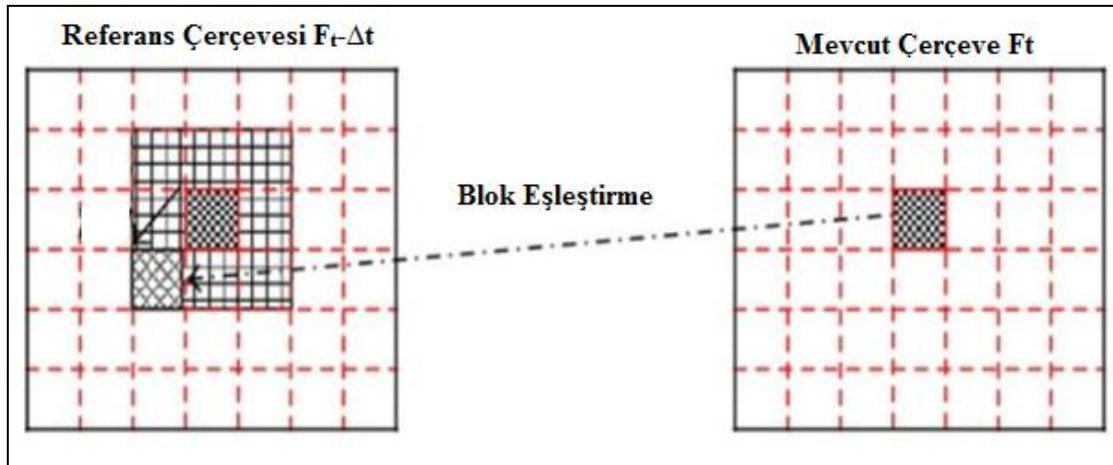
Uzaktan algılamada ve fotogrametride, görüntülerin rektifikasyonu gerçekleştirilirken görüntü koordinat sistemi ile yer koordinat sistemi arasındaki bağlantının kurulmasını yer kontrol noktaları (YKN) sağlamaktadır (Topan vd. 2007). Görüntünün radyometrik ve geometrik çözünürlüğü, yer kontrol noktalarının niteliğini etkilemektedir. Konum doğruluğunu etkileyen en önemli şeylerden biri yer kontrol noktalarının dağılımı ve doğruluğudur.

Fotogrametrik uçak yardımıyla elde edilen ve hava fotogrametrisinde kullanılan fotoğraf filmlerinin kontrolü fotoğraf çekiminden önce araziye tesis edilen kontrol noktaları ile sağlanır. Fakat son zamanlarda artık buna dahi ihtiyaç duyulmaksızın görüntü üzerindeki objeler YKN olarak tercih edilmektedir. Sayısal kameraların kullanılmasında ise durum farklıdır ve GPS (Global Positioning System) ve IMU (Inertial Measurement Unit) yardımıyla rektifikasyonda kullanılmak üzere dış yöneltme elemanları belirlenir. Ancak bazı hataların giderilmesi için dış yöneltme elemanlarının varlığı yeterli olmayacağından YKN'larına ihtiyaç olacaktır (Yastıklı 2004). Yersel fotogrametride laser tarama tercih ediliyorsa tarama işlemine başlamadan veya tarama işlemi bitiminde kontrol noktaları belirlenebilir. Lidar uygulamalarında ise durum sayısal kameralarda olduğu gibidir. YKN'larına ihtiyaç duyulmaksızın GPS/IMU yardımıyla dış yöneltme elemanları belirlenir (Topan vd. 2007). Fakat, sayısal kameralarda da olduğu gibi Lidar teknolojisinin de bazı hataların giderilmesi için dış yöneltme elemanlarının varlığı yeterli olmayacağından YKN'larına duyulan gereksinim önemini sürdürmektedir.

Uzaktan algılama uygulamalarında YKN'larının kalitesi, görüntünün geometrik ve radyometrik çözünürlüğüne aynı zamanda yöneltme için ihtiyaç duyulan matematiksel modele bağlıdır (Topan vd. 2007).

Görüntünün geometrik çözünürlüğü yer kontrol noktası tesisinde büyük bir öneme sahiptir. Çözünürlüğü düşük olan görüntülerde objeler, çözünürlüğü yüksek olan görüntülere nazaran daha az pikselle ifade edilirler (Doğan 2008). Bu sebeple, çözünürlüğü düşük olan görüntülerde boyutu büyük olan nesnelerden yer kontrol noktaları elde edilecektir. Yer kontrol noktası olarak tesis edilen objenin zaman geçtikçe pozisyonunun ve şeklinin aynı kaldığı kontrol edilmelidir. Bunun sağlanabilmesi içinde, obje ile yeryüzü arasındaki yükseklik farkının ortadan kalkması gerekmektedir. Geometrik çözünürlüğü yüksek olan görüntülerde ise boyutu küçük olan nesnelerden yer kontrol noktaları elde edilecektir. Ayrıca objenin yeryüzünden olan yüksekliği yer seviyesine olabildiğince yakın ve simetrik olmalıdır. Yer kontrol noktası seçiminde bina, havuz veya yol köşesi gibi nesneler gerçek konumunda bulunmayabilir. Dolayısıyla bu seçimler riskli seçimlerdir. Yer kontrol noktasının belirlenmesinde önem arz eden durum uydu görüntüsü ile referans görüntünün eşlenik olmasıdır.

Yer kontrol noktaları, fotogrametrik çalışmalar için uçuş öncesinde araziye tesis edilirken, uzaktan algılamada görüntüdeki doğal ve yapay nesnelerden seçilir. Yer kontrol noktası seçiminde, noktaların homojen dağılımına ve doğruluğuna özen gösterilmelidir. Keza bu özen, görüntünün ortorektifikasyonunu olumlu yönde etkileyecektir.



Şekil 3.16 Görüntü eşleme yöntemi (URL-2).

Görüntü eşleme işlemi, görüntünün elde edilmesi için gerekli olan kameraya ait dış yöneltme parametresinin bulunmasını sağlamak için bindirmeli (stereo) görüntülerin birinde bulunan herhangi bir nesne hücresinin eşinin diğer görüntüde bulunmasıdır. Bu noktalar otomatik eşleşmelidir.

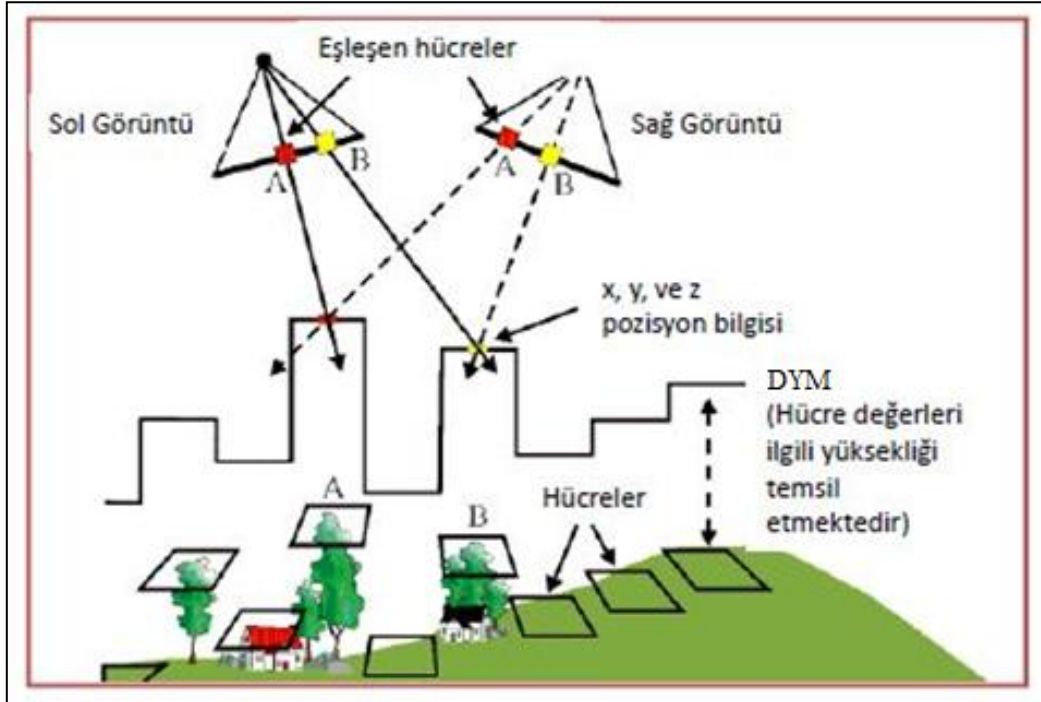
Yer kontrol noktalarının sayısı ve dağılımı, rektifikasyon için gereken nokta seçim metodu (arazi çalışması, haritadan okuma vb.), görüntünün çözünürlüğü, çalışma alanının topoğrafyası (düz, dağlık vb.) ve arzu edilen konum doğruluğu ve hassasiyet gibi etkenlere bağlıdır (Topan vd. 2007).

3.12 DİJİTAL YÜZEY MODELİ (DYM)

Sade arazi yüzeyi ile birlikte bitki örtüsü, ağaç, bina vb. nesneleri de içine alan, topoğrafyaya ait konum ve yükseklik bilgilerinden temin edilen matematiksel bir yüzeydir. Bu yüzeyin elde edilebilmesi için görüntü çiftlerinden yararlanmak gerekir. Bunun içinde görüntüler bindirmeli uydu ya da hava fotoğrafları şeklinde olmalıdır.

Dijital yüzey modeli, görüntü eşleme metodu yardımıyla görüntü çiftlerinin eşleştirilerek bir yüzey modeli elde edilmesidir. Dijital yüzey modelinde arazi yüksekliğinin yanı sıra arazi yüzeyinde yer alan bina, ağaç vb. nesnelerin yüksekliği de yer alır.

Dijital Yüzey Modeli, insan yapısı detayları ve bitki örtüsünü kapsayan DYM'yi kastetmektedir. Sayısal Arazi Modeli (SAM) ise yukarıda bahsedilen detaylar çıkarıldığında kalan çıplak yer yüzeyini belirtmektedir (Höhle 2009).



Şekil 3.17 Dijital yüzey modeli (URL-7).

3.13 FOTOGRAMETRİ UÇAĞI VE SİSTEMLERİ

Yapılacak çalışmada kullanılacak olan fotogrametri uçağı ‘MAS HAVACILIK ÇÖZÜMLERİ A.Ş.’ bünyesinde bulunan TL3000 model tek motorlu uçaktır (Şekil 2.18).

Uçağın içerisinde bulunan fotogrametrik sistemde IXU180R kamera, APPLANIX GNNS/IMU kullanılmıştır. Kamera 80 MP sensör 10328 x 7760 Pixel çözünürlüğüne sahiptir.

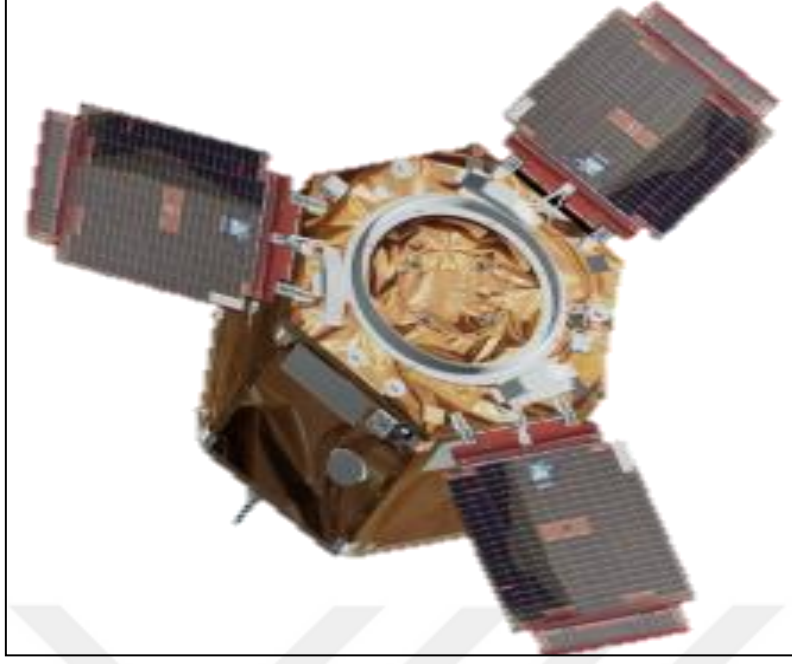


Şekil 3.18 TL3000 fotogrametri uçağı.

3.14 GÖKTÜRK-2 UYDUSUNUN TANITIMI VE ÖNEMİ

GÖKTÜRK-2 bir AR-GE uydusudur. Stabilizasyonunda eksiklikleri bulunsa da ülkemizin bundan önceki yer gözlem uydularından daha iyi sonuçlar vermektedir.

GÖKTÜRK-2 elektro-optik yer gözlem uydusudur. Yani; elektromanyetik ışınları elektrik sinyallerine dönüştürerek çalışan, yapıları ve çalışma şekilleri tek kanallı veya çok kanallı olarak dizayn edilebilen, ayrıca görünür ışık dışında infrared ve termal infrared ışınlarla da çalışabilen sistemlerdir.



Şekil 3.19 GÖKTÜRK-2 uydusu.

Ülkemizin, yörüngede çalışmaya devam eden iki optik uzaktan algılama uydusu RASAT ve GÖKTÜRK-2'dir (Özendi vd. 2016). RASAT, ülkemizde tasarlanıp üretilen ilk yer gözlem uydusudur. RASAT uydusundan elde edilen tecrübe, başarı ve özgüven ile GÖKTÜRK-2 uydusu yapılmıştır. Mekansal çözünürlük ile yola çıkılan bu projede, GÖKTÜRK-2 uydusunun bazı üstünlüklerine yer verilmiştir.

Yakın kızılötesi bant (NIR) ve stereo-görüntü alma kapasitesine sahiptir. Uydu; tasarım, yazılım, entegrasyon ve test aşamalarında %100 millidir. Kullanılan elektronik kartlar %100 milli fakat üzerine takılan bazı bileşenler yabancı kaynaklı firmalardan tedarik edilmiştir. Uydu üzerindeki güneş panelleri Almanya, kamera ve ekipmanları Güney Kore menşelidir. Ancak, ikinci kamera olan İnfrared kamera 20 m çözünürlüklü, milli ve TUBİTAK UZAY kaynaklıdır.

Bütün bunlar göz önüne alındığında, GÖKTÜRK-2 uydusunun %70 oranında milli olduğunu söyleyebiliriz.

3.14.1 Göktürk-2 Teknik Özellikleri

GÖKTÜRK-2, Türkiye'nin güneyinden kuzeyine uzanan 20 km x 640 km uzunluğunda bir alanı tek seferde şerit olarak görüntüleme ve sıkıştırarak depolama özelliğine sahiptir (Atak vd. 2015).

Çizelge 3.1 GÖKTÜRK-2 uydusunun teknik özellikleri (Atak vd. 2015).

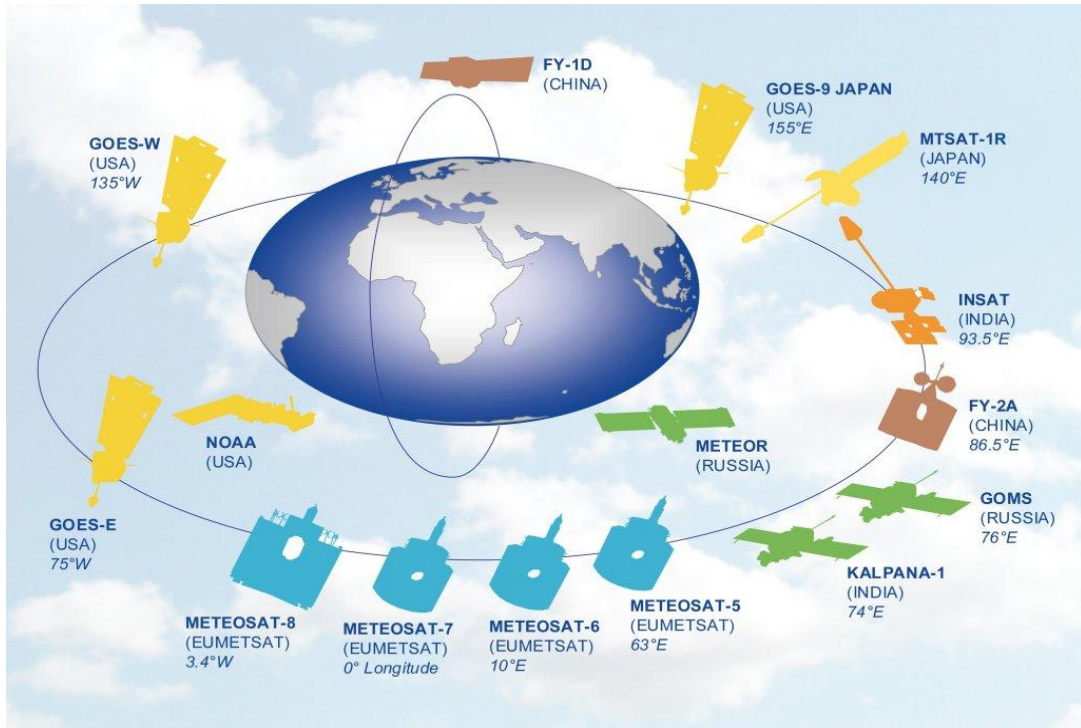
Yörünge	Güneş Eş Zamanlı ve 98.2° Eğimli Yörünge,
Yörünge Yüksekliği	~ 685 km
Periyodu	~ 98 dakika 20 saniye
Dünya Etrafındaki Günlük Tur Sayısı	14 - 15 Adet
Yükseliş Yerel Zamanı	10:30 (Yerel Zaman)
Günlük Yer İst. Temas. Süresi	~ 60 dakika (gündüz+gece)
Uydu Kütlesi	< 409 kg.
Depolama Kapasitesi	8 GB
Mekansal Çözünürlük	Siyah.-Beyaz : 2.5 m Renkli (RGB) : 5 m NIR : 5 m
Radyometrik Çözünürlük	11 Bit
Zamansal Çözünürlük	+/- 5° çekim açısı 11 gün, +/- 30° çekim açısı 2-3 gün.
Spektral Çözünürlük	Pan :0,42-0,42 µm Red :0,596-0,75 µm Green :0,5-0,584 µm Blue :0,422-0,512 µm NIR :0,762-0,894 µm SWIR :0,8-1,7 µm
Tasarlanan Görev Ömrü	5 yıl

Görüntü (şerit) genişliği 20.4 km'dir. "Tek bir parça (scene) görüntü 5x20 km boyutunda çekilmekte olup 20x20 km'lik (4 parça) ham bir kare görüntünün boyutu yaklaşık 192 MB'tır. Kamera üzerinde PAN bandının R/G/B bantlarının her biri ile yaklaşık 0.1 mm'lik, NIR bandı

ile de yaklaşık 15 mm'lik bir mesafe olması nedeniyle, bantlar konumsal bir fark ile görüntüleme yapmaktadırlar.” (Atak vd. 2015)

GÖKTÜRK-2 uydusu, RASAT uydusundan üç kat daha iyi sonuç vermektedir. RASAT uydusundan farklı olarak, 3 boyutlu görüntü sağlama özelliğine sahiptir. GÖKTÜRK-2 uydusu, yakın kızılötesi bant (NIR)'a sahipken, RASAT uydusu bu banta sahip değildir. RASAT uydusundan stereogörüntü üretilemezken, GÖKTÜRK-2 uydusu stereo odaklı çalışır. Ayrıca, GÖKTÜRK-2 uydu görüntülerinde detay ayrımı yapmak, alansal olarak daha iyi sonuç verir. RASAT uydusunun YÖA değeri 7.5 m iken, GÖKTÜRK-2 uydusunda YÖA değeri 2.5 m'ye düşmüş ve çözünürlük artmıştır. Dolayısıyla, GÖKTÜRK-2 daha iyi uzaysal ve spektral çözünürlüğe sahiptir.

Bilindiği üzere dönen bir cisme iki kuvvet etki eder. Bu kuvvetler, merkezkaç kuvvet ve yerçekim kuvvetidir. Fizik kuralları gereği bu iki kuvvet yörüngede eşitlenirse, uyduda güç harcamadan stabil olarak dönmeye devam eder. Bu eşitliğin sağlandığı bir yükseklik vardır. Güneş uyumlu yörüngede bu yükseklik 600-800 m arasında iken yer uyumlu yörüngede 36.000 km'dir.



Şekil 3.20 Yer ve güneş uyumlu yörünge.

Yer uyumlu yörünge, uydunun yeryüzü ile birlikte döndüğü yörüngedir. Bu yörünge ekvator düzleminde döner. Bu sayede, uydu yeryüzü ile aynı bölgeyi görüntüler. 1 turunu 24 saatte tamamlar. Bu yörünge haberleşme ve meteoroloji uyduları için çok kıymetlidir.

Güneş uyumlu yörünge ise, sürekli ve yaklaşık olarak kutuplar etrafında dönerler. Güneş ışınlarının hareketlerini baz akıp senkronize olurlar. Ekvatordan yerel saatte, aynı saatte geçerler. GÖKTÜRK-2 uydusu için bu zaman LTAN: Local Time Ascending Node - Yükseliş Düğümünün Yerel Zamanı 10:30 olarak belirtilmiştir. Bu değer, uydunun ekvatoru güneyden kuzeye doğru kat edişi esnasında ekvatoru kestiği bölgedeki yerel saattir. Uydunun dönüş saati periyodu 98 dak 20 sn 'dir.

BİLSAT ve RASAT uydu sistemleri ile edinilen deneyim sonucunda geliştirilen ve stabilizasyonunda bazı sorunlar olsa da ülkemizin ilk yüksek çözünürlüklü ve milli yer gözlem uydusu olan GÖKTÜRK-2, hiçbir sınırlama olmadan dünyanın her yerinden görüntü alabilme ve elde edilen görüntüleri yer istasyonuna indirebilme yeteneğine sahiptir (Atak vd. 2015). Bu özellik, ülkemiz için askeri ve uluslararası ilişkiler açısından bir güçtür.

Proje çalışmamızdaki amaç, uydumuzun 2 boyutlu ve 3 boyutlu stereo kalite değerlendirmesini yapmak ve sağlıklı görselleri analiz etmektir. Sunacağımız verilerle uydumuzun bizi yurt dışında temsil etmesi sağlanacak, yurt içinde ve yurt dışında bilinirliği arttırılacaktır.

3.14.2 Görüntü İşleme Seviyeleri

Çalışma genelinde kullanılmak üzere temin edilen GÖKTÜRK-2 uydu görüntüleri Hava Kuvvetleri Komutanlığı İstihbarat Başkanlığından L1 seviyesinde talep edilmiştir. Çalışmamızın sonuca ulaşabilmesi için stereo-görüntü çifti ile çalışmak yeterli olsa da, obje çıkarımı ve renk bilgisi elde etmek amacıyla tarafımızca BUNDLE görüntü ile çalışmak uygun görülmüştür. Elimize ayrı ayrı ulaşan MS ve PAN görüntüler ile L1 seviyesinden sonraki tüm aşamalar tez genelinde kapsamlı şekilde anlatılmaktadır.

Çizelge 3.2 Görüntü işleme seviyeleri (Atak vd. 2015).

Gör. İşleme Seviyesi	Elde edilecek görüntü türleri
Seviye 0 (L0)	Sıkıştırma ve radyometrik çözümleme yapılmış görüntü
Seviye 1 (L1)	Radyometrik düzeltilmiş görüntü (dedektör ve atmosferik hataları düzeltilmiş, gölge, gürültü ve bulanıklığı giderilmiş)
Seviye 2 (L2)	Geometrik olarak düzeltilmiş görüntü
Seviye 3 (L3)	Ortorektifiye edilmiş görüntü
Seviye 4 (L4)	Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)
Seviye 5 (L5)	Mozaik görüntü
Seviye 6 (L6)	Tematik Harita(Sınıflandırma/ Analizi)



BÖLÜM 4

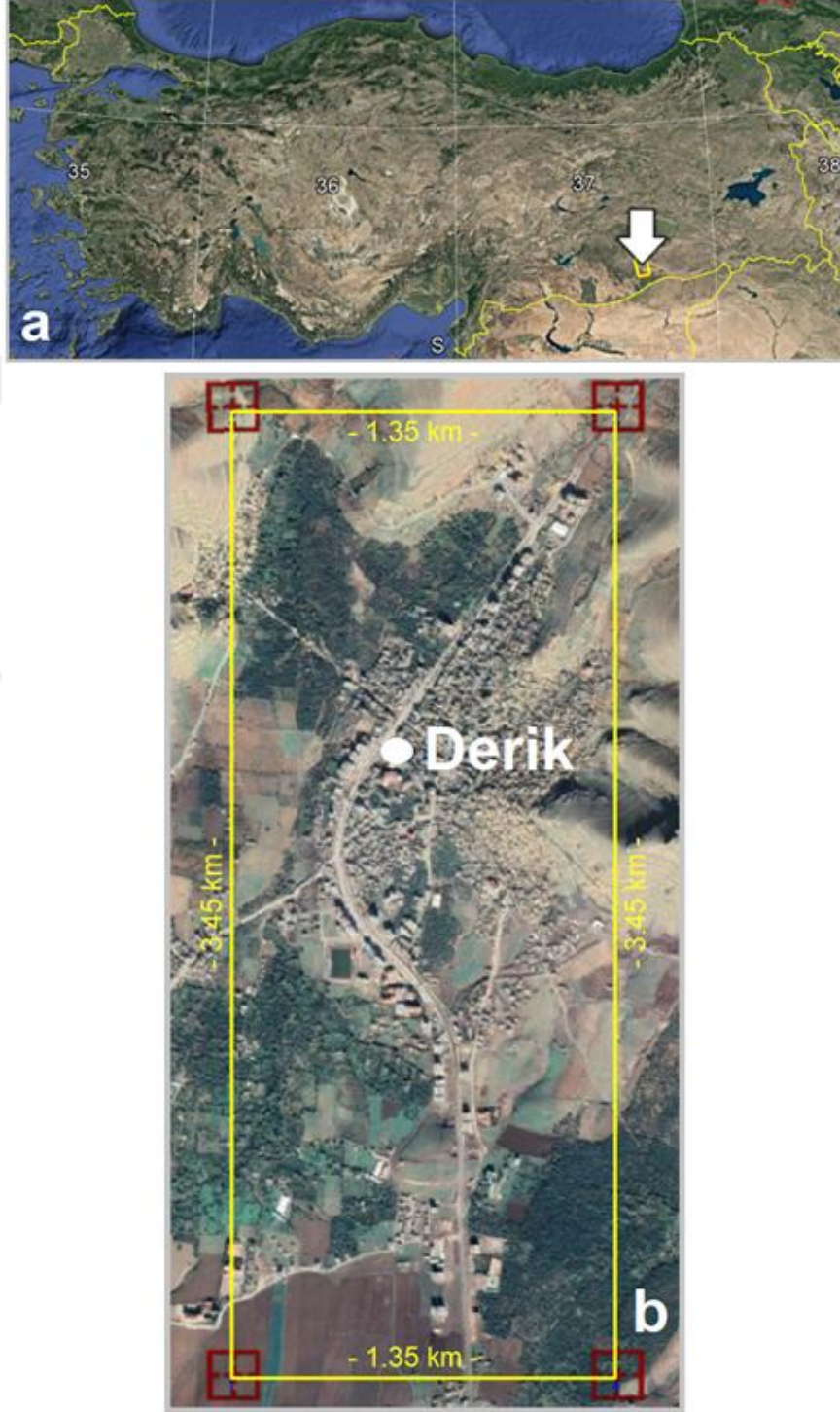
ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİ SETLERİ

Bu çalışmada, GÖKTÜRK-2 stereo görüntülerinden elde edilen üç boyutlu Dijital Yüzey Modelleri (DYM)'nin planimetrik ve düşey olarak kalitesinin test edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanı olarak Mardin İli Derik İlçesine ait, farklı ve zorlu topoğrafik koşullara sahip, tarihi ve coğrafi dokusu ile yer bilimcilerin dikkatini çekmiş, çok farklı coğrafi peyzajı ve farklı ekosistemleri içinde barındıran bir bölge seçilmiştir. Belirtilen amaç doğrultusunda, Hava Kuvvetleri Komutanlığı İstihbarat Başkanlığından, stereo-optik GÖKTÜRK-2 görüntüleri temin edilmiştir. Ardından bu görüntülerin alım tarihleri ile yakın zamanlı olacak şekilde dijital hava kamerası ile çekilmiş hava fotoğrafları üretilmiştir. GÖKTÜRK-2 uydu görüntülerinin yöneltme işlemlerinin tamamlanması ile birlikte GÖKTÜRK-2 stereo görüntülerinden DYM üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen DYM performansı, fotogrametrik DYM referanslığında görsel ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

4.1 ÇALIŞMA ALANI

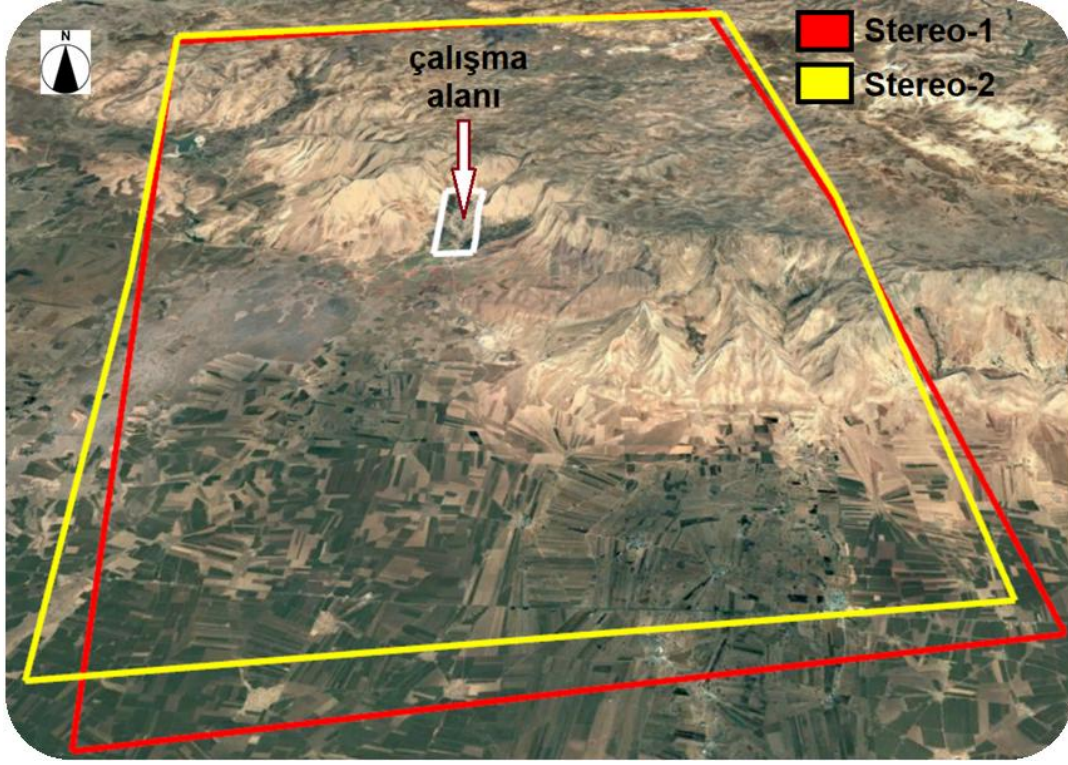
Derik İlçesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer almakta olup, Mardin iline bağlı ve il merkezine 42 km mesafededir. İlçe, 40° 16' 5" Doğu boylamı ile 37° 21' 53" Kuzey paralelleri arasında konumlu olup yaklaşık 1.381 km²'lik yüz ölçümüne sahiptir. Denizden yüksekliği 780 m'dir. İlçenin Doğu ve Güneydoğusunu %70 oranında ovalık alan kaplamaktadır. Kuzey bölgesi ise dağlık yapıları barındırır. Tropikal iklimi andıran bir iklime sahiptir. İlçede büyük akarsular ve önemli maden ocakları bulunmamaktadır. Derik, coğrafik yapısı itibarıyla üç tarafı dağlarla çevrili ve güneyi Suriye sınırlarına kadar uzanan ovalıktır. Bundan dolayı stratejik bir öneme sahiptir. Çünkü genelde Derik'te bulunan tarihi medeniyet izlerinin bulunduğu yerler özellikle Derik etrafını çevreleyen dağlarda mevcuttur. Güney bölgelerinde tarıma elverişli düz araziler yoğunken, kuzeyde dağlık arazi yapısına sahip olmasından dolayı refah düzeyi güney bölgelerine göre daha düşüktür.

Çalışma alanı olarak Derik İlçe Merkezi ve yakın çevresini içine alan 1.35×3.45 km’lik bir alan belirlenmiştir. Kuzeyi ve doğusunda eğimin ani yükseliş gösterdiği çalışma alanında, ortometrik yükseklikler yaklaşık 700 m - 1000 m arasında değişmektedir. Şekil 4.1, çalışma alanının Türkiye üzerindeki konumunu ve yakın plan görselini sunmaktadır.



Şekil 4.1 Çalışma alanı: (a) Türkiye haritası üzerindeki yeri, (b) Derik ilçesi çalışma alanı sınırları.

Çalışma kapsamında kullanılan GÖKTÜRK-2 uydu görüntülerinin üç boyutlu kapsama alanı ve özellikleri Şekil 4.2 ve Çizelge 4.1’de sunulmuştur. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi çalışma alanı, stereo görüntülerin yaklaşık orta bölümünde yüksek eğimli bir bölgede yer almaktadır. Çalışma alanımızın farklı coğrafi özellikler ve farklı yükseklikler barındırması elde edeceğimiz sonuçların karşılaştırılmasında faydalı olacaktır.



Şekil 4.2 GÖKTÜRK-2 stereo görüntü sınırları.

4.2 KULLANILAN VERİ SETLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere, GÖKTÜRK-2 uydu görüntülerinden elde edilen Stereo-1 ve Stereo-2 görüntülerinin alım tarihleri aynıdır. Alım zamanları ise yaklaşık 2 dakika araylıdır. Aynı gün ve aynı zaman diliminde alınan görüntüler, sonuçtaki veri kalitesini olumlu yönde etkileyecektir. Görüntülerimiz 2.5 m PAN, 5 m MS mekansal çözünürlüğündedir. Stereo alım modunun Along-track oluşu, çekilen görüntüdeki objelere farklı 2 açıyla bakış yaparak, görüntü üzerinden DYM oluşumunu sağlayacaktır. Güneş azimut açısı, kuzey-güney doğrultusu ile doğrudan güneş ışınımı arasındaki açıdır. Güneş yükseklik açısı ise, direk güneş ışını ile yatay düzlem arasındaki açıdır. Bu açıların değerleri, gölge etkisi ile

oluşabilecek veri kaybı tahmini dolayısıyla bundan kaynaklı bilgi çıkarımı açısından kıymetlidir.

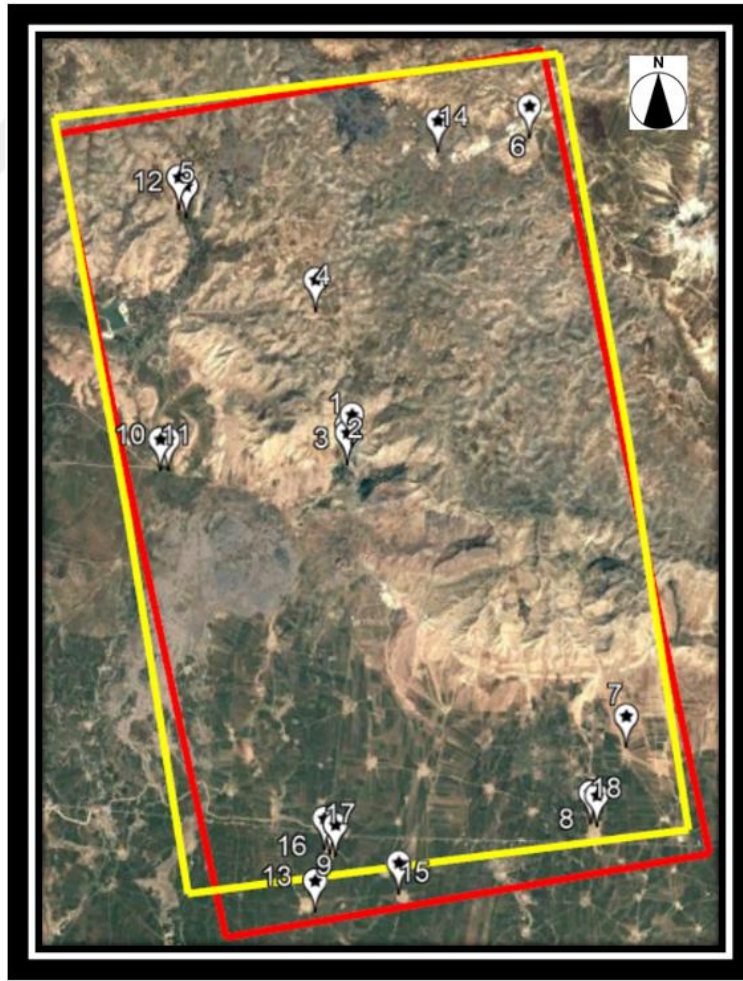
Çizelge 4.1 GÖKTÜRK-2 stereo görüntülerinin özellikleri.

Özellikler	Göktürk-2 Stereo-1	Göktürk-2 Stereo-2
Alım Tarihi (y/a/g)	2018-09-16	2018-09-16
Alım Zamanı (s/d/s)	07:15:17.634	07:17:10.215
Stereo alım modu	Along-track	
Mekansal çözünürlük (m)	2.5 PAN / 5 MS	
Güneş azimut açısı (°)	134.80406	135.36513
Güneş yükseklik açısı (°)	45.90185	46.15824
Koordinat referans sistemi	WGS84	WGS84
Ebatlar (en×boy)(km)	~24×40	~24×40

BÖLÜM 5

UYGULAMA

Çalışmada öncelikle GÖKTÜRK-2 görüntülerinin yöneltme işlemleri üç boyutlu afin dönüşümü ile gerçekleştirilmiştir. İşlemde, GÖKTÜRK-2 uydusunun 2.5 m PAN mekansal çözünürlüğünden daha yüksek çözünürlükteki GoogleEarth görüntülerinden toplanan 18 adet Yer Kontrol Noktası (YKN) kullanılmıştır. Bunlardan tümü stereo görüntü 1'in, 16'sı ise stereo görüntü 2'nin sınırlarında olup yöneltmelerinde kullanılmışlardır. Yöneltme işleminde kullanılan noktaların dağılımı Şekil 5.1'de görülmektedir.



Şekil 5.1 YKN dağılımı.

TOUTIN modeli, görüntü alma sırasındaki sensörün konumunu ve yönünü hesaplamak için bilinen çarpıklıkları telafi eden titiz bir modeldir. İç yöneltmesi TOUTIN, 2004 SOM (Satellite Orbital Modelling) modeli ile çözülmüştür. Ardından, obje seçimi ile görüntü eşleme yapılmıştır. Bu işlem için 100'e yakın eşleme noktasına ihtiyaç duyulmuştur. Eşleme noktaları manuel olarak ve topoğrafyaya yakın nesnelerden seçilmiştir. Bu noktalar sayesinde stereo-görüntüler uygun geometrilerine oturtulmuştur. Bu kadar fazla noktaya ihtiyaç duyulmasının sebebi, normalde mutlak yöneltmede kullanılması gereken RPC (Rational Polynomial Coefficients) (Oransal Polinom Katsayıları) parametrelerine, temin ettiğimiz GÖKTÜRK-2 görüntü metadatalarının içerisinde rastlanamamış olmasıdır. Elde edilen bu verilerle birlikte tüm geometrik düzeltme çalışmaları Almanya Leibniz Hannover Üniversitesi'nde geliştirilen BLUH yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

Yöneltme işlemlerinin tamamlanmasının ardından DPLX yazılımı yardımıyla GÖKTÜRK-2 stereo görüntülerinden 5 m gridli DYM üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen DYM'nin performansı, Phase One 80 megapiksel dijital hava kamerası ile 800 m irtifadan elde edilmiş hava fotoğraflarından üretilmiş 0.5 m gridli ve ~8 cm yatay ve ~12 cm düşey mutlak doğruluğa sahip fotogrametrik DYM referanslığında görsel ve istatistiksel olarak ortaya konmuştur. Görsel değerlendirmelerde GÖKTÜRK-2'nin referans fotogrametrik DYM ile diferansiyel modelinden elde edilen yükseklik hata haritası üretilmiştir. İstatistiksel incelemelerde ise GÖKTÜRK-2 DYM konum doğruluğu standard sapma (5.1) ve normalize medyan mutlak sapma (5.2) metrikleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$SZ = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta Z_i - \mu)^2}{n-1}} \quad (5.1)$$

$$NMAD = 1.4826 \times \tilde{X}_1[|\Delta Z_i - \tilde{X}_j(\Delta Z_j)|] \quad (5.2)$$

Eşitlik (5.1)'de, n karşılaştırılan piksel sayısını, ΔZ karşılaştırılan piksellerin yükseklik farklarını, μ ise bu farkların aritmetik ortalamasını ifade etmektedir. Eşitlik (5.2)'de ise $\tilde{X}_j$, yükseklik farklarının tek değişkenli veri setinin medyanını, $\tilde{X}_1$ ise $\tilde{X}_j$ 'den gelen yükseklik farklarının medyan değerini ifade eder. Normal hata dağılımında NMAD, SZ'e çok yakın bir değer olarak göze çarparken incelenen DYM'inde rastlantısal hata dağılımına sebep olan bir yapı var ise NMAD değeri SZ'ten büyük çıkmaktadır. Bu, mutlak düşey doğruluk

analizlerinde test edilen DYM'nin yapısal sıkıntı içinde olduğunu işaret eden istenmeyen bir durumdur. NMAD, önemli ölçüdeki yapısal hataların ortaya konması için robust bir doğruluk metriği olmasına rağmen minör yükseklik farklarını ortaya koyma anlamında SZ kadar performanslı değildir (Hellerstein 2008).

GÖKTÜRK-2 yatay konum doğruluğu tespitinin ardından X ve Y doğrultularında ortaya çıkan hata miktarları, alan bazlı çarpaz korelasyon yöntemi ile yatay ötelemeye tabi tutularak elemine edilmiş ve düşey konum doğruluk analizleri öncesinde GÖKTÜRK-2 DYM ve referans DYM yatayda tam olarak karşılaştırılmıştır. Keza, düşey doğruluk değerlendirmelerinin temel koşulu yatay örtüşmedir. Yatay örtüşmenin sağlanmaması durumunda modellerin farklı bölümlerinde düşey hata tespiti yapılmasının operatörü yanıltıcı sonuçlara götüreceği tartışma götürmez bir durumdur.



BÖLÜM 6

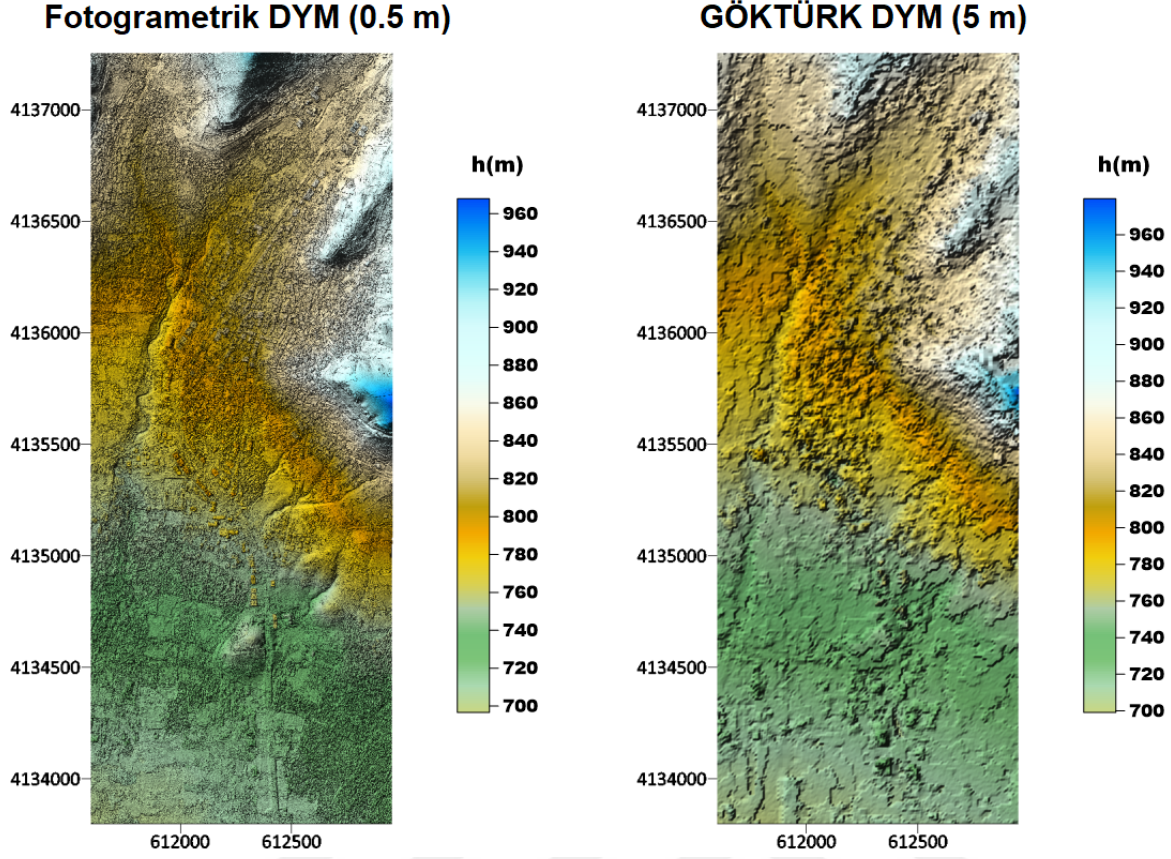
BULGULAR

GÖKTÜRK-2 DYM'nin referans fotogrametrik DYM'ne göre standart sapma metriği temelinde elde edilen yatay konum doğruluğu aynı zamanda düşey doğruluk öncesi gerçekleştirilen yatay öteleme miktarları Çizelge 6.1'de sunulmaktadır. Çizelgeden görülebileceği gibi GÖKTÜRK-2 yatay konum doğruluğu X yönünde 0.1 pixel, Y yönünde ise 0.01 pixel dolayındadır. Bu durum geometrik yöneltme işleminde kullanılan YKN'lerinin performansını da açık şekilde ortaya koymaktadır.

Çizelge 6.1 GÖKTÜRK-2 DYM mutlak yatay konum doğruluğu.

Referans DYM	Test edilen DYM	ΔX (m)	ΔY (m)
Fotogrametrik (0.5m)	Göktürk-2 (5m)	0.26	-0.03

Referans fotogrametrik nokta bulutu ve GÖKTÜRK-2 stereo görüntülerinden elde edilen DYM'leri Şekil 6.1'de görülmektedir. DYM'leri incelendiğinde, 2.5 m orta mekansal çözünürlükteki GÖKTÜRK-2 görüntülerinden elde edilen 5 m gridli DYM'inin topoğrafik tasvir performansının oldukça başarılı olduğu söylenebilir. Renkli yükseklik skalası göz önünde bulundurulduğunda, topoğrafik kot geçişi bölgelerinin fotogrametrik referansla korelasyonunun oldukça yüksek olduğu ayrıca bazı dar lineer hatların dahi tasvir edilebildiği açıkça görülebilmektedir. Ayrıca renkli yükseklik skalasında minimum ve maksimum kot değerlerinin eşit olduğu görülmektedir ki bu orta çözünürlüklü uydu verilerinden elde edilen DYM'leri için sık rastlanan bir durum değildir.



Şekil 6.1 GÖKTÜRK-2 ve referans fotogrametrik DYM.

GÖKTÜRK-2 DYM'ine ait mutlak düşey konum doğruluğu Çizelge 6.2'de görülmektedir. Çizelge'de DYM'nin hem tüm topoğrafya hem de yalnızca eğimsiz topoğrafyada sergilediği performanslar ayrı ayrı sunulmuştur. Eğimsiz ifadesi $\text{eğim} < \tan^{-1} 0.1$ ($\sim 6^\circ$) olan araziler için kullanılmıştır.

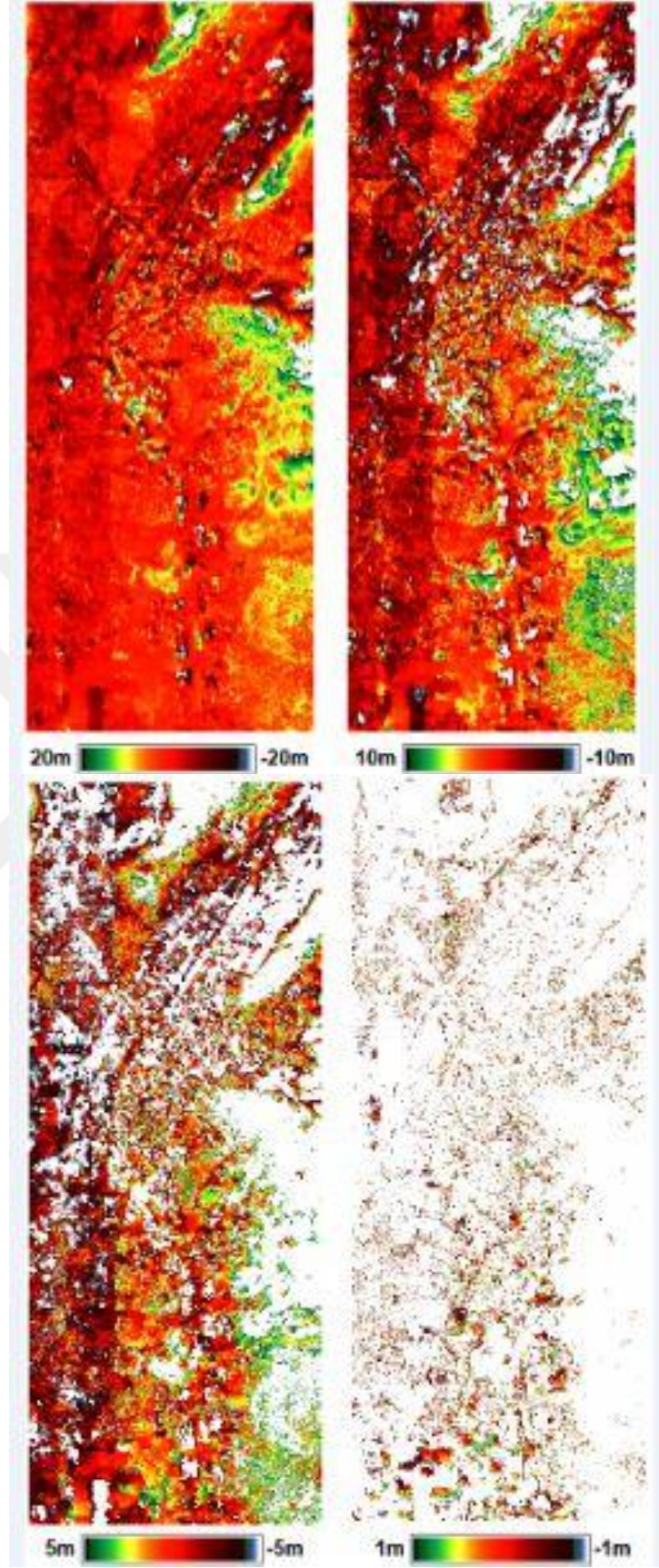
Çizelge 6.2 GÖKTÜRK-2 DYM mutlak düşey konum doğruluğu.

Referans DYM	Test edilen DYM	Sınıf	SZ (m)	NMAD (m)
Fotog. (0.5m)	Göktürk-2 (5m)	Tüm arazi	7.37	5.77
		Eğimsiz arazi	5.88	4.32

Çizelge 6.2’de görüldüğü üzere GÖKTÜRK-2’nin uzay kaynaklı optik UA verilerinden elde edilen tüm DYM’lerde olduğu gibi eğimsiz alanlarda performansının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Tüm arazi üzerinde yapılan analizlerde GÖKTÜRK-2’nin mutlak düşey konum doğruluğu SZ olarak 7.3 m mertebesinde iken NMAD olarak 5.7 m dolayındadır. Eğimsiz arazilerde ise her iki değer yaklaşık 1.5 m daha yüksek seviyededir. $NMAD < SZ$ olması GÖKTÜRK-2 uydu görüntüsünden elde edilen DYM’nin kaba hatalara sahip olmadığı, ani sıçramalar göstermediğinin ve renk geçişlerinin çok iyi olduğunun ispatıdır. Aynı zamanda bu sonuç bize, GÖKTÜRK-2 uydu görüntüsünün veri kalitesinin çok iyi olduğunu göstermektedir. Eğer, GÖKTÜRK-2 uydu görüntüsü kontrastı kötü, içinde gölge, bulut, sis gibi veriler barındıran bir görüntü olsaydı, üretilen DYM bu kadar mükemmel sonuçlar veremeyecek referans DYM ile bu kadar uyumlu bir grafik çizemeyecekti. Ayrıca, fotogrametrik DYM’nin de ne kadar sağlıklı bir üretim olduğu görülmektedir. Bunun en büyük sebebi, fotogrametrik uçak ile elde edilen görüntünün distorsiyon, boşluk, sünme, renk patlaması, bulut, kar, sis gibi olumsuz veriler barındırmamasıdır.

GÖKTÜRK-2 ve referans fotogrametrik DYM arasındaki yükseklik farklarını renkli olarak yansıtan yükseklik hata haritaları Şekil 6.2’de görülmektedir. Haritalar görsel yorumlamayı kolaylaştırmak amacıyla ± 20 m, ± 10 m, ± 5 m ve ± 1 m’lik yükseklik hatalarını yansıtacak şekilde farklı versiyonda hazırlanmışlardır. Yükseklik hata haritalarından açık şekilde görülmektedir ki, GÖKTÜRK-2 DYM’inin en büyük sorunu topoğrafik eğimdir. Topoğrafik eğimin yüksek olduğu bölgelerde fotogrametrik DYM ile korelasyon bariz şekilde düşmektedir. Diğer bir problem, Derik kent merkezindeki dar sokaklarda göze çarpmaktadır. Dar sokakların bazıları gereken seviyede tasvir edilememiştir. Ancak, GÖKTÜRK-2’nin 2.5 m’lik mekansal çözünürlüğü göz önünde bulundurulduğunda bu doğal bir sonuçtur.

Diğer yandan, aşırı eğimli topoğrafya dışında kalan bölümlerde GÖKTÜRK-2’nin performansının oldukça başarılı olduğu sonucuna varılmıştır. Özellikle, ± 1 m hata sınırlı bölgeler incelendiğinde, GÖKTÜRK-2 stereo görüntülerinin 684 m irtifadan sunduğu performans takdire şayandır. Keza bu bölgelerde, 800 m irtifadan elde edilmiş fotogrametrik referans DYM ile GÖKTÜRK-2 arasındaki düşey topoğrafik tasvir farkı ≤ 1 m’dir.



Şekil 6.2 Farklı ölçeklerde yükseklik hata haritaları.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR

Gerçekleştirilen çalışma ile Türkiye'nin ikinci yerli yapım yer gözlem uydusu olan GÖKTÜRK-2 2.5 m mekansal çözünürlüklü stereo uydu görüntülerinden üretilen 5 m gridli DYM'lerin yatay ve düşey mutlak konum doğruluğu performansı değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler, topoğrafik eğimi oldukça değişken olan Mardin İli Derik İlçesinde, fotogrametrik DYM referanslığında görsel ve istatistiksel yöntemlerle yapılmıştır.

Standart sapma ve normalize medyan mutlak sapma metrikleri temelinde gerçekleştirilen istatistiksel doğruluk analizleri ve yükseklik hata haritaları ışığında yapılan görsel yorumlamalar sonucunda GÖKTÜRK-2 uydusunun 2.5 m düzeyindeki orta mekansal çözünürlüğüne rağmen üç boyutlu topoğrafik tasvir yeteneğinin oldukça başarılı olduğu sonucuna varılmıştır. Uydu DYM'si yatayda her iki yönde ≤ 0.1 pixel mutlak konum doğruluğuna sahiptir. Düşeyde ise 7.3 m standard sapma ve 5.7 m dolayında normalize medyan mutlak sapma olarak doğruluk sunmaktadır.

Uydunun en büyük sorunu topoğrafik eğimin sertleştiği bölgelerdedir. Keza, eğimsiz bölgelerde düşey doğruluk seviyesinin hem standard sapma hem normalize medyan mutlak sapma olarak 1.5 m daha iyi seviyede olduğu tespit edilmiştir. Üretilen yükseklik hata haritalarında da bu durum açık şekilde görselleştirilmiştir. Yükseklik hata haritaları, GÖKTÜRK-2 uydu verilerinin kent merkezlerindeki dar sokaklarda da problemler yaşadığını ortaya koymuştur. Çalışma ekibimizin bir sonraki hedefi dar sokaklarda tespit edilen bu problemlerin ana kaynaklarını bulup filtreleme algoritmaları ile görüntü iyileştirmeleri yaparak uydunun topoğrafik tasvir performansının artırılmasına yönelik olacaktır.

GÖKTÜRK-2 projesi kapsamında elde edilen sonuçlar, ülkemize önemli değerler kazandırmıştır. Pankromatik ve Multispektral bantlardaki yüksek yersel çözünürlük sayesinde pek çok çalışmada uydu görüntülerinden fayda sağlanacaktır. RASAT uydu görüntülerine

oranla daha yüksek yersel çözünürlük sağlamanın yanında, bulundurduğu kızılötesi (NIR) bant sayesinde yeşil renk tonlarının ayırt edilmesine yönelik bitki örtüsü çalışmalarında GÖKTÜRK-2 uydusu önemli bir destekçi olacaktır. Kamu kurum ve kuruluşlarının yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü ihtiyacı büyük oranda karşılanacaktır. Farklı haritacılık uygulamalarında ve uydu bilgilerinin iyileştirilmesi sonrasında ortofoto ve DYM verilerinin üretiminde kullanılabilecektir. Doğruluğu yüksek olan YKN ve DYM verileri kullanılarak 10 m altında iyi bir konumsal doğruluk yakalanabilecektir.



KAYNAKLAR

- Aguilar F J, Mills J P, Delgado J, Aguilar M A, Negreiros J G and Perez J L** (2010) Modelling Vertical Error in Lidar-Derived Digital Elevation Models, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1): 103–110.
- Atak V O, Erdoğan M ve Yılmaz A** (2015) GÖKTÜRK-2 Uydu Görüntü Testleri, *Harita Dergisi*, 153: 18-33.
- Çoban H O** (2016) Türkiye'nin Yer Gözlem Uydu Sistemleri ve Ormancılık Uygulamalarında Kullanılabilirliği, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 17(1): 99-107.
- Doğan İ** (2008) Uzaktan Algılama Verileri ile Kıyı Çizgisi Değişiminin Zamansal Olarak Belirlenmesi: Alaçatı Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 52 s.
- Erdoğan M, Yılmaz A ve Eker O** (2013) Yer Kontrol Noktası Sayı ve Dağılımına Göre Rasat Uydu Görüntülerinin Geometrik Düzeltme Doğruluğunun Araştırılması, *Harita Dergisi*, 150: 1-7.
- Fraser C S** (2003) Prospects For Mapping From High-Resolution Satellite Imagery, *Asian Journal of Geoinformatics*, 4(1): 3–10.
- Font M, Amorese D and Lagarde J L** (2010) DEM and GIS Analysis of The Stream Gradient Index to Evaluate Effects of Tectonics: The Normandy Intraplate Area (NW France), *Geomorphology*, 119(3-4): 172-180.
- Göğərçin R ve Günlü A** (2017) Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma Ormanında GÖKTÜRK-2 Uydu Görüntüsü Kullanılarak Bazı Meşcere Parametrelerinin Tahmin Edilmesi, *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3(1): 1-13.
- Güven M** (2016) GÖKTÜRK-2 Uydu Görüntüsünün Geometrik Doğruluğunun Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 42 s.
- Hellerstein J M** (2008) Quantitative Data Cleaning for Large Databases. *Technical Report Presented at United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)*, 42pp.
- Höhle J** (2009) DEM Generation Using a Digital Large Format Frame Camera. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75(1): 87-93.
- Hladik C and Alber M** (2012) Accuracy Assessment and Correction of a LIDAR-Derived Salt Marsh Digital Elevation Model, *Remote Sensing of Environment*, 121: 224–235.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Hobi M L and Ginzler C** (2012) Accuracy Assessment of Digital Surface Models Based on WorldView-2 and ADS80 Stereo Remote Sensing Data, *Sensors*, 12(5): 6347–6368.
- Kara F ve Karatepe A** (2012) Uzaktan Algılama Teknolojileri ile Beykoz İlçesi (1986-2011) Arazi Kullanımı Değişim Analizi, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 25: 378-389.
- Kavzoğlu T ve Çölkesen İ** (2011) Uzaktan Algılama Teknolojileri ve Uygulama Alanları, *Türkiye’de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı*, 26-27 Mayıs 2011, Okan Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 71-77.
- Koç D ve Türker M** (2005) IKONOS Pankromatik Uydu Görüntülerinden Sayısal Yükseklik Modeli Oluşturulması. *Harita Dergisi*, 134: 31-43.
- Küpcü R** (2015) RASAT ve GÖKTÜRK-2 Uydu Görüntülerinin Uzaktan Algılama Yazılımları ile Farklı Referans Verileri Kullanarak Geometrik Düzeltme Doğruluğunun Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, 123 s.
- Mutluoğlu Ö, Yakar M ve Yılmaz H M** (2011) MONO GEOEYE-1 Uydu Görüntüsünün Geometrik Doğruluğunun Araştırılması. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 18-22 Nisan 2011, Ankara, Türkiye, 125-128.
- Mutluoğlu Ö, Yakar M ve Yılmaz H M** (2013) Worldview-2 (50 cm) Uydu Görüntüsünün Konumsal Doğruluğunun Araştırılması. *Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(4) 321-329.
- Navalgund R R, Jayaraman V and Roy P S** (2007) Remote Sensing Applications: an Overview, *Current Science*, 93(12): 1747–1766.
- Özendi M, Topan H, Cam A ve Bayık Ç** (2016) RASAT ve GÖKTÜRK-2 Görüntülerinden Pan-Keskinleştirilmiş Görüntü Üretimi ve Kalite Değerlendirmesi. 6. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016)*, 5-7 Ekim 2016, Adana, Türkiye, 447-453.
- Sabins F F** (2000) *Remote Sensing Principles and Interpretation Remote Sensing Enterprises*, ISBN-13: 978-1577665076, Waveland Pr Inc, Incorporated and University of California, Los Angeles, 512 pp.
- Sefercik U G** (2010) Generation and Evaluation of DEMs Derived by TerraSAR-X InSAR Images. *Doktora Tezi*, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 225 s.
- Sefercik U G, Alkan M, Büyüksalih G and Jacobsen K** (2013) Generation and Validation of High-Resolution DEMs from Worldview-2 Stereo Data, *The Photogrammetric Record*, Wiley Blackw (ISI), 28(144): 362-374.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Sönmez N M ve Sarı M** (2004) Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Esasları ve Uygulama Alanları. *Derim Dergisi*, 21(1) 54-68.
- Sterenczak K and Kozak J** (2011) Evaluation of Digital Terrain Models Generated in Forest Conditions From Airborne Laser Scanning Data Acquired in Two Seasons. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 26(4): 374–384.
- Şekertekin A İ** (2013) Uzaktan Algılama Verileri İle Bölgesel Çevre Etkilerinin Belirlenmesi : Zonguldak Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 83 s.
- Teke M, Demirkese C, Haliloğlu O ve İmre E** (2016) GÖKTÜRK-2 Uydusunun Bağlı ve Mutlak Çapraz Radyometrik Kalibrasyonu. *Harita Dergisi*, 155: 32-52.
- Turoğlu H** (2016) *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları*, Genişletilmiş 4. Baskı, ISBN: 978-975-9060-51-0, Anka Matbaa, İstanbul, 355 s.
- URL-1** <<https://www.tai.com.tr/urun/gokturk-2>>, Ziyaret tarihi: 02.11.2018.
- URL-2** <https://www.researchgate.net/figure/Block-matching-process_fig5_261140509>, Ziyaret tarihi: 01.12.2018.
- URL-3** <<http://portal.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pageId=111477944>>, Ziyaret tarihi: 05.01.2019.
- URL-4** <<https://www.hvkk.tsk.tr>>, Ziyaret tarihi: 05.01.2019.
- URL-5** <<https://slideplayer.biz.tr/slide/2020932/>>, Ziyaret tarihi: 20.01.2019.
- URL-6** <<http://uzay.tubitak.gov.tr>>, Ziyaret tarihi: 10.01.2019.
- URL-7** <<http://acikders.org.tr>>, Ziyaret tarihi: 22.12.2018.
- URL-8** <<https://docplayer.biz.tr/4689515-Uydu-goruntuleri-rehber-kitapcigi.html>>, Ziyaret tarihi: 16.02.2019.
- Yastıklı N** (2004) Algılama Sistemlerinin Doğrudan Yöneltilmesi. *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 90: 5-11.
- Yılmaz M** (2016) Taşkın Riski Ön Değerlendirmesinde Uzaktan Algılama Sistemlerinin Kullanılabilirliği: Meriç Nehrinde Uygulanması. *Uzmanlık Tezi*, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, 82 s.
- Yüksel G, Tunalı E, Gürol S ve Leloğlu U M** (2016) TÜBİTAK-UZAY yer gözlem uydusu çalışmaları ve görüntü temin politikaları. *UZAL-CBS 2016 Sempozyumu*, 5-7 Ekim 2016, Adana, Türkiye, 112-118.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Zhao S M, Cheng W M, Zhou C H, Chen X, Zhang S, Zhou Z, Liu H and Chai H (2011)
Accuracy assessment of the ASTER GDEM and SRTM3 DEM: An example in the
Loess Plateau and North China Plain of China. *International Journal of Remote
Sensing*, 32(23): 8081-8093.



ÖZGEÇMİŞ

Damla YÜCE 1990’da Ankara’nın Altındağ ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara’nın farklı ilçelerinde yer alan seçkin okullarında tamamladı. Anıttepe Yabancı Dil Ağırlıklı Süper Lisesi’nden mezun olduktan sonra 2009 yılında o zamanki ismiyle Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2013 yılında değişen üniversite ve bölüm adıyla, Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü’nden iyi bir derece ile mezun oldu. Mezuniyetinden sonra 2 yıl özel sektörde farklı haritacılık alanlarında çalıştı. 2012 yılında stajyerlik yaptığı kurum olan Harita Genel Müdürlüğü’nde, 2016 yılında Devlet Memurluğu kadrosunda Harita Mühendisi olarak çalışmaya başladı.

ADRES BİLGİLERİ

Tıp Fakültesi Caddesi Cebeci Mahallesi Harita Genel Müdürlüğü ÇANKAYA/ANKARA

Tel: (+90) 542 681 42 40

E-posta: damlay1990@hotmail.com