

**BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE ÖRNEĞİ ÜZERİNDE ALOS AW3D30 VE SRTM C-BAND  
GLOBAL YÜZEY MODELLERİNİN UYUŞUMSUZLUK ANALİZİ**

**GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Ümit GÖKMEN**

**DANIŞMAN: Doç. Dr. Umut Güneş SEFERCİK**

**ZONGULDAK**  
**Mart 2018**

**BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE ÖRNEĞİ ÜZERİNDE ALOS AW3D30 VE SRTM C-BAND  
GLOBAL YÜZEY MODELLERİNİN UYUŞUMSUZLUK ANALİZİ**

**GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÜMİT GÖKMEN**

**MART 2018**

**KABUL:**

Ümit GÖKMEN tarafından hazırlanan “Türkiye Örneği Üzerinde ALOS AW3D30 ve SRTM C-Band Global Yüzey Modellerinin Uyuşumsuzluk Analizi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir.  
22/03/2018

**Danışman:** Doç. Dr. Umut Güneş SEFERCİK

Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü



**Üye:** Doç. Dr. Ayhan ATEŞOĞLU

Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü



**Üye:** Dr. Öğr. Üy. Serkan KARAKIŞ

Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü

**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

....../....../2018



Doç. 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.”*



Ümit GÖKMEN

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## TÜRKİYE ÖRNEĞİ ÜZERİNDE ALOS AW3D30 VE SRTM C-BAND GLOBAL YÜZEY MODELLERİNİN UYUŞUMSUZLUK ANALİZİ

Ümit GÖKMEN

Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Umut Güneş SEFERCİK

Mart 2018, 111 sayfa

Dijital Yüzey Modeli (DYM), yer yüzeyi topoğrafyası ve (varsa) üzerindeki cisimlerin (bina, ağaç ve insan yapısı objeler) X, Y planimetrik koordinatları ve Z yükseklik değerleriyle dijital kartoğrafik bir gösterimi olarak tanımlanabilir. Hidroloji uygulamaları, acil durum yönetimi 3B’lu uçuş planlaması, madencilik, kentsel değişim analizleri ve birçok mühendislik uygulamasında bu modellere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç doğrultusunda günümüzde çok sayıda DYM üretim teknikleri geliştirilmiştir. Dizayn edilen ileri teknoloji uydu misyonları ile dünyamızı tamamen kapsayan global modeller elde edilmeye başlanmıştır. Bu üç boyutlu (3B) modellerin üretim için LİDAR, fotogrametri, stereo uydu görüntüleri ve interferometrik yapay açıklıklı radar (InSAR) teknikleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler birbiri ile kıyaslandığında LİDAR üç boyutlu lazer tarama tekniği ile çalışır ve diğer yöntemlere göre doğruluğu yüksektir. Yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları, optik uydu görüntülerine göre daha düşük mertebeden çekim yaptığı için çok daha güçlü bir obje çıkarımı yapılabilir. Ancak optik algılama mantığı ile çalışan hava kameraları ve optik uydu sensörleri kendi enerjilerini kendileri üretmedikleri için güneş enerjisine ihtiyaç duyarlar.

## ÖZET (devam ediyor)

Bu yüzden hava koşullarına bağılı olarak çalışırlar ve gece çekimi yapamazlar. InSAR tekniğinde ise obje çıkarımı optik sistemlere kıyasla daha düşük doğruluklu olmasına rağmen gece ve gündüz atmosferik koşullardan etkilenmeden yılın her döneminde veri elde edilebilir. Bu çalışmada InSAR yönteminin kullanıldığı dünyamızın tamamını (kutup bölgeleri hariç) on bir günde dolaşıp modellemeyi başaran SRTM uydu verilerinden oluşan global yüzey modelleri ile Japon Uzay Ajansı tarafından geliştirilen ALOS uydusunun PRISM sensörü görüntülerinden elde edilmiş ALOS AW3D global yüzey modellerinin ülkemiz üzerindeki uyuşmazlık içeren bölgelerin tespiti ve bu uyuşmazlık kaynaklarının analizi hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda, bu iki uydu verilerinden 30 m grid aralıklı DYM'ler üretilmiş üretilen DYM'lerden tüm Türkiye için fark yükseklik modelleri oluşturulmuş doğruluk analizleri yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** SRTM, ALOS AW3D, DYM, Diferansiyel Yüzey Modeli, Doğruluk

**Bilim Kodu:** 616.02.04.

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **TURKEY SAMPLE ON ALOS AW3D AND SRTM C-BAND DISCONTINUITIES ANALYSIS OF GLOBAL SURFACE MODEL**

**Ümit GÖKMEN**

**Bülent Ecevit University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Geomatics Engineering**

**Thesis Advisor: Assoc Prof. Umut Güneş SEFERCİK**

**March 2018, 111 pages**

The Digital Surface Model (DYM) can be defined as a digital cartographic display with X, Y planimetric coordinates and Z height values of surface topography and (if any) objects (buildings, trees and human structure objects). These models are needed for hydrology applications, emergency management flight planning with 3D, mining, urban change analysis and many engineering applications. In line with this need, many DYM production techniques have been developed. With the high-tech satellite missions designed, global models are beginning to be developed that cover the entire world. LIDAR, photogrammetry, stereo satellite images and interferometric synthetic aperture radar (InSAR) techniques are used for the production of these three dimensional (3D) models. Compared to each other, these methods work with the LIDAR three-dimensional laser scanning technique and have higher accuracy than other methods. Because high-resolution aerial photographs take a lower order of magnitude than optical satellite images, a much stronger object can be extracted. However, optical cameras that operate with optical sensing logic and optical satellite sensors need solar energy because they cannot produce their own energy.

## **ABSTRACT (continued)**

Because of this, they work according to weather conditions and cannot shoot at night. In the InSAR technique, although the object extraction is less accurate than optical systems, data can be obtained at any time of the year without being influenced by night and day atmospheric conditions. In this study, global surface models consisting of SRTM satellites, which accomplish the modeling of the entire world (except for the polar regions) used in the InSAR method, and ALOS AW3D global surface models obtained from PRISM sensor images of the ALOS satellite developed by the Japanese Space Agency, the analysis of these sources of discontinuities is targeted. Towards this goal, the two satellite data from 30 m grid spacing DYM models are made of the height difference formed accuracy of analysis for all Turkey produced DYM produced.

**Keywords:** SRTM, ALOS AW3D, DYM, Differential Surface Model, Accuracy

**Science Code:** 616.02.04.

## TEŞEKKÜR

Lisans bitirme tezimden sonra yüksek lisans tezi danışmanlığımı da üstlenerek, bu çalışmanın tamamlanabilmesi için bilgi ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Umut GÜNEŞ SEFERCİK 'e teşekkürlerimi sunarım.

BLUH yazılımı için Almanya Hannover Üniversitesi Fotogrametri ve Jeoinformasyon Enstitüsünde görev yapan Dr. Karsten JACOBSEN hocamıza teşekkür ederim.

Tez yazım aşamasında ve gerekli idari işlemler hakkında bilgilerini esirgemeyen Arş. Gör. Can ATALAY 'a, teşekkür ederim.

Her türlü fedakârlıkta bulunan Babam Sezai GÖKMEN' e, Annem Hamiyet GÖKMEN' e teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

|                                                                            | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------|
| KABUL.....                                                                 | ii           |
| ÖZET .....                                                                 | iii          |
| ABSTRACT .....                                                             | v            |
| TEŞEKKÜR .....                                                             | vii          |
| İÇİNDEKİLER .....                                                          | ix           |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                      | xi           |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                    | xvii         |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                                       | xix          |
| <br>BÖLÜM 1 GİRİŞ .....                                                    | <br>1        |
| 1.1 MOTİVASYON .....                                                       | 1            |
| 1.2 ÇALIŞMANIN ÖNEMİ .....                                                 | 1            |
| 1.3 ÇALIŞMANIN YAPISI .....                                                | 2            |
| <br>BÖLÜM 2 OPTİK VE MİKRODALGA UZAKTAN ALGILAMA PRENSİPLERİ .....         | <br>3        |
| 2.1 LİTERATÜR TARAMA .....                                                 | 3            |
| 2.2 UZAKTAN ALGILAMA HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....                         | 6            |
| 2.3 DİJİTAL GÖRÜNTÜ KAVRAMI .....                                          | 7            |
| 2.4 DİJİTAL YÜZEY MODELİ .....                                             | 8            |
| 2.5 OPTİK UZAKTAN ALGILAMA, STEREO GÖRÜNTÜ ALIMI VE DYM ÜRETİMİ .....      | 9            |
| 2.6 GELİŞMİŞ KARA GÖZLEM UYDUSU (ALOS) .....                               | 14           |
| 2.6.1 ALOS WORLD 3D .....                                                  | 17           |
| 2.7 MİKRODALGA UZAKTAN ALGILAMA, STEREO GÖRÜNTÜ ALIMI VE DYM ÜRETİMİ ..... | 18           |
| 2.8 SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION (SRTM) .....                          | 32           |

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

|                                                        | <u>Sayfa</u> |
|--------------------------------------------------------|--------------|
| BÖLÜM 3 ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİ SETLERİ ..... | 37           |
| 3.1 ÇALIŞMA ALANI .....                                | 37           |
| 3.2 VERİ SETLERİNİN ELDE EDİLMESİ .....                | 38           |
| BÖLÜM 4 METODOLOJİ .....                               | 43           |
| BÖLÜM 5 BULGULAR .....                                 | 61           |
| BÖLÜM 6 SONUÇ VE ÖNERİLER .....                        | 101          |
| KAYNAKLAR .....                                        | 105          |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                         | 111          |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>No</u>                                                                                  | <u>Sayfa</u> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 2.1 Elektromanyetik tayf .....                                                       | 6            |
| Şekil 2.2 Dijital görüntü gösterimi .....                                                  | 7            |
| Şekil 2.3 DYM ve DAM'ların şekil üstünde gösterimi .....                                   | 8            |
| Şekil 2.4 Pasif algılama yapan sistemlerde dijital görüntü elde etme işlem adımları .....  | 9            |
| Şekil 2.5 CCD ve CMOS sensörlerin çalışma prensibi .....                                   | 10           |
| Şekil 2.6 Mekânsal çözünürlük örneği .....                                                 | 11           |
| Şekil 2.7 Bit sayısına göre radyometrik çözünürlüğün gösterimi .....                       | 11           |
| Şekil 2.8 Zamansal çözünürlük .....                                                        | 12           |
| Şekil 2.9 Along-track stereo görüntüleme .....                                             | 13           |
| Şekil 2.10 Cross-track stereo görüntüleme .....                                            | 13           |
| Şekil 2.11 ALOS uydusu genel görünüm .....                                                 | 14           |
| Şekil 2.12 PRISM sensörü kamera yapısı .....                                               | 15           |
| Şeki 2.13 Avnir-2 sensörü kamera yapısı .....                                              | 16           |
| Şekil 2.14 ALOS uydusu donanımları .....                                                   | 17           |
| Şekil 2.15 ALOS World 3D uygulama alanları .....                                           | 18           |
| Şekil 2.16 Aktif algılama yapan sistemlerde dijital görüntü elde etme işlem adımları ..... | 19           |
| Şekil 2.17 Radar sinyallerinin iletilmesi .....                                            | 20           |
| Şekil 2.18 Radar İmpulsları .....                                                          | 21           |
| Şekil 2.19 Radar Geometrisi ve mesafe çözünürlüğü .....                                    | 21           |
| Şekil 2.20 SAR sistemlerin görüntü alımı .....                                             | 22           |
| Şekil 2.21 Azimut çözünürlüğü .....                                                        | 22           |
| Şekil 2.22 Ters görüntüleme etkisi .....                                                   | 25           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u>                                                                                                                             | <u>Sayfa</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 2.23 Kısa görüntüleme etkisi .....                                                                                              | 26           |
| Şekil 2.24 Gölge etkisi .....                                                                                                         | 26           |
| Şekil 2.25 Radar gölge etkisi .....                                                                                                   | 27           |
| Şekil 2.26 Radargrametride kullanılan köşe yansıtıcıları .....                                                                        | 27           |
| Şekil 2.27 InSAR tekniğinin matematiksel ifadesi .....                                                                                | 28           |
| Şekil 2.28 İki alıcı ile gönderilen ve yansıyan radar dalgaları .....                                                                 | 30           |
| Şekil 2.29 Bir tek alıcı ile gönderilen ve yansıyan radar dalgaları .....                                                             | 31           |
| Şekil 2.30 Endeavour uzay mekiği ve SRTM çalışma prensibi .....                                                                       | 33           |
| Şekil 2.31 SRTM Uydu görüntüleri kapsama alanı .....                                                                                  | 34           |
| Şekil 2.32 (a) SRTM için kullanılan uzay mekiği donanımı (b) SRTM dış anten donanımı ..                                               | 34           |
| Şekil 2.33 60 m uzunluğundaki SRTM alıcı direği .....                                                                                 | 35           |
| Şekil 3.1 (a) Dünya, (b) Dünya haritası (kırmızı çerçeve Türkiye), (c) Türkiye haritası<br>(SRTM ile üretilmiş Türkiye mozaığı) ..... | 37           |
| Şekil 3.2 ALOS AW3D30 sayısal yüzey modellerinin elde edilmesi .....                                                                  | 38           |
| Şekil 3.3 SRTM C-band coğrafi koordinatlı verilerinin elde edilmesi .....                                                             | 39           |
| Şekil 3.4 Türkiye orman varlığı haritası .....                                                                                        | 40           |
| Şekil 3.5 Türkiye dağlık topoğrafya haritası .....                                                                                    | 40           |
| Şekil 3.6 Türkiye Su varlığı haritası .....                                                                                           | 41           |
| Şekil 3.7 Türkiye Şekil dosyası .....                                                                                                 | 41           |
| Şekil 4.1 Türkiye haritası sayısallaştırma .....                                                                                      | 44           |
| Şekil 4.2 Sayısallaştırma sonuç ekranı .....                                                                                          | 44           |
| Şekil 4.3 Temizlenmiş Türkiye orman varlığı haritası .....                                                                            | 45           |
| Şekil 4.4 Temizlenmiş Türkiye dağlık topoğrafya haritası .....                                                                        | 46           |
| Şekil 4.5 Temizlenmiş Türkiye su varlığı haritası .....                                                                               | 46           |
| Şekil 4.6 Türkiye düz ve açık alanlar haritası .....                                                                                  | 47           |
| Şekil 4.7 Zone 35, orman sınıfı alanlar (örnek) .....                                                                                 | 47           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u>                                                                                                                                               | <u>Sayfa</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 4.8 Türkiye vektör dosyası ve çalışma alanı çerçeveleri .....                                                                                     | 49           |
| Şekil 4.9 ENVI 5.3 programı araçları .....                                                                                                              | 49           |
| Şekil 4.10 İndirilen SRTM yüzey modellerinin mozaiklenmesi (SRTM C-band Coğrafi Koordinat Sistemi, WGS84 Datumu) .....                                  | 49           |
| Şekil 4.11 SRTM Türkiye dijital yüzey modeli (SRTM C-band, Coğrafi Koordinat Sistemi, WGS84 Datumu) .....                                               | 50           |
| Şekil 4.12 İndirilen SRTM yüzey modellerinin mozaiklenmesi (SRTM C-band Coğrafi Koordinat Sistemi, WGS84 Datumu).....                                   | 50           |
| Şekil 4.13 ALOS Türkiye dijital yüzey modeli (SRTM C-band, Coğrafi Koordinat Sistemi, WGS84 Datumu) .....                                               | 51           |
| Şekil 4.14 Çakıştırılmış Türkiye şekil dosyası ve Türkiye uydu görüntüsü mozaïği .....                                                                  | 51           |
| Şekil 4.15 Çalışmada kullanacağımız Türkiye dijital yüzey modeli (SRTM C-band, Coğrafi Koordinat Sistemi, WGS84 Datumu) .....                           | 52           |
| Şekil 4.16 Çalışmada kullanacağımız Türkiye dijital yüzey modeli (ALOS AW3D, Coğrafi Koordinat Sistemi, WGS84 Datumu) .....                             | 52           |
| Şekil 4.17 Envi programında ROI ekranı görüntüsü .....                                                                                                  | 53           |
| Şekil 4.18 Envi programında seçilen ROI'ler .....                                                                                                       | 53           |
| Şekil 4.19 Envi koordinat dönüşüm ekranı görüntüsü .....                                                                                                | 54           |
| Şekil 4.20 (a) Coğrafi koordinatlara sahip SRTM uydu görüntüsü (35_2), (b) Projeksiyon dönüşümü sonrası oluşan SRTM uydu görüntüsü (35_2) (Örnek) ..... | 55           |
| Şekil 4.21 Global Mapper programında açılan uydu görüntüsü (35-1) .....                                                                                 | 55           |
| Şekil 4.22 Türkiye yükseklik haritası .....                                                                                                             | 56           |
| Şekil 4.23 Oluşturulan hatalı ASCII nokta verisinden bir görünüm .....                                                                                  | 57           |
| Şekil 4.24 BLUH yazılımı ara yüzü .....                                                                                                                 | 57           |
| Şekil 4.25 Manipule edilmiş ve boşlukları giderilmiş ASCII verileri .....                                                                               | 57           |
| Şekil 4.26 Manipule işlemi sonrası temizlenmiş uydu görüntüsü .....                                                                                     | 58           |
| Şekil 4.27 ALOS AW3D ve SRTM görüntülerinin birbirine göre kayıklıkları .....                                                                           | 58           |
| Şekil 5.1 Dilim 35, dijital yüzey modeli, (SRTM C-band, UTM 6°, WGS84) .....                                                                            | 61           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u>                                                                                                            | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 5.2 Dilim 35, dijital yüzey modeli (ALOS AW3D, UTM 6°, WGS84) .....                                            | 61           |
| Şekil 5.3 Dilim 35, diferansiyel yüzey modeli .....                                                                  | 62           |
| Şekil 5.4 Dilim 36, dijital yüzey modeli, ( SRTM C-band, UTM 6°, WGS84 ) .....                                       | 66           |
| Şekil 5.5 Dilim 36, dijital yüzey modeli (ALOS AW3D, UTM 6°, WGS84) .....                                            | 66           |
| Şekil 5.6 Dilim 36, diferansiyel yüzey modeli .....                                                                  | 67           |
| Şekil 5.7 Dilim 37, dijital yüzey modeli, (SRTM C-band, UTM 6°, WGS84) .....                                         | 74           |
| Şekil 5.8 Dilim 37, dijital yüzey modeli (ALOS AW3D, UTM 6°, WGS84) .....                                            | 74           |
| Şekil 5.9 Dilim 37, diferansiyel yüzey modeli .....                                                                  | 75           |
| Şekil 5.10 Dilim 38, dijital yüzey modeli, (SRTM C-band, UTM 6°, WGS84) .....                                        | 82           |
| Şekil 5.11 Dilim 38, dijital yüzey modeli (ALOS AW3D, UTM 6°, WGS84) .....                                           | 82           |
| Şekil 5.12 Dilim 37, diferansiyel yüzey modeli .....                                                                 | 83           |
| Şekil 5.13 Türkiye dijital yüzey modeli renk skalalı gösterimi (SRTM C-Band, UTM 6°,WGS84, 30 m grid ) .....         | 88           |
| Şekil 5.14 Türkiye dijital yüzey modeli renk skalalı gösterimi (ALOS AW3D, UTM 6°,WGS84, 30 m grid) .....            | 89           |
| Şekil 5.15 Türkiye dijital yüzey modeli, gri renk skalalı gösterimi ( SRTM C-Band, UTM 6°,WGS84, 30 m grid) .....    | 90           |
| Şekil 5.16 Türkiye dijital yüzey modeli, gri renk skalalı gösterimi (ALOS AW3D, UTM 6°,WGS84, 30 m grid) .....       | 91           |
| Şekil 5.17 Elde edilen dijital yüzey modelinin Google Earth programına aktarılması (SRTM C-band, UTM 6°,WGS84) ..... | 92           |
| Şekil 5.18 Türkiye eğim haritası (SRTM C-band, UTM 6°,WGS84) .....                                                   | 93           |
| Şekil 5.19 ALOS ve SRTM uyduları ile üretilmiş Türkiye fark haritası (1. Gösterim) .....                             | 94           |
| Şekil 5.20 ALOS ve SRTM uyduları ile üretilmiş Türkiye fark haritası (2. Gösterim) .....                             | 95           |
| Şekil 5.21 ALOS ve SRTM uyduları ile üretilmiş Türkiye fark haritası (3. Gösterim) .....                             | 96           |
| Şekil 5.22 ALOS ve SRTM uyduları ile üretilmiş Türkiye fark haritasının orman varlığı üzerinde gösterimi .....       | 97           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u>                                                                                                       | <u>Sayfa</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 5.23 ALOS ve SRTM uyduları ile üretilmiş Türkiye fark haritasının açık alanlar üzerinde gösterimi .....   | 98           |
| Şekil 5.24 ALOS ve SRTM uyduları ile üretilmiş Türkiye fark haritasının eğimli alanlar üzerinde gösterimi ..... | 99           |
| Şekil 5.25 ALOS ve SRTM uyduları ile üretilmiş Türkiye fark haritasının su alanları üzerinde gösterimi .....    | 100          |





## ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>No</u>                                                                                     | <u>Sayfa</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 2.1 Alos uydusu özellikleri .....                                                     | 14           |
| Çizelge 2.2 ALOS WORLD 3D versiyon bilgileri .....                                            | 18           |
| Çizelge 2.3 ALOS WORLD 3D Misyonu özellikleri .....                                           | 18           |
| Çizelge 2.4 Mikrodalga Algılama Sistemi Bantları .....                                        | 24           |
| Çizelge 2.5 SRTM özellikleri .....                                                            | 35           |
| Çizelge 3.1 Çalışmada kullanılan veri setleri .....                                           | 42           |
| Çizelge 4.1 Türkiye Diferansiyel yüzey modeli üretimi işlem adımları .....                    | 43           |
| Çizelge 5.1 Dilim 35,yatay konum öteleme hataları sonuçları ( $\mu$ = Ortalama hata) .....    | 62           |
| Çizelge 5.2 Dilim 35, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları .....                             | 63           |
| Çizelge 5.3 Dilim 36, yatay konum öteleme hataları sonuçları ( $\mu$ = Ortalama hata) .....   | 67           |
| Çizelge 5.4 Dilim 36, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları .....                             | 68           |
| Çizelge 5.5 Dilim 37, yatay konum öteleme hataları sonuçları ( $\mu$ = Ortalama hata) .....   | 75           |
| Çizelge 5.6 Dilim 37, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları .....                             | 76           |
| Çizelge 5.7 Dilim 38,yatay konum öteleme hataları sonuçları ( $\mu$ = Ortalama hata) .....    | 83           |
| Çizelge 5.8 Dilim 38, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları .....                             | 84           |
| Çizelge 5.9 Türkiye mutlak düşey konum doğrulukları ortalamaları .....                        | 87           |
| Çizelge 6.1 Türkiye ortalama yatay konum öteleme hataları sonuçları ( $\mu$ = ortalama) ..... | 101          |
| Çizelge 6.2 Türkiye ortalama mutlak düşey konum doğrulukları sonuçları .....                  | 101          |



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

|                |                             |
|----------------|-----------------------------|
| $\varphi$      | : Faz kayması               |
| $\lambda$      | : Dalga boyu                |
| R              | : Eğik uzaklık              |
| AL             | : Anten uzunluğu            |
| $\beta$        | : Anten ışın genişliği      |
| $R_a$          | : Azimut çözünürlüğü        |
| $R_s, R_{res}$ | : Yer mesafe çözünürlüğü    |
| c              | : Işık hızı                 |
| t              | : Zaman farkı               |
| $\theta$       | : Depresyon açısı           |
| $\xi$          | : Deklinasyon               |
| $\Delta\psi$   | : Faz farkı                 |
| $\pi$          | : Pi sayısı                 |
| P              | : Radar geçişleri           |
| $\Delta Z$     | : Hedef noktanın yüksekliği |

### KISALTMALAR

|                |                                                        |
|----------------|--------------------------------------------------------|
| <b>AFZ</b>     | : Almus Fay Zonu                                       |
| <b>ALOS</b>    | : Advanced Land Observing Satellite                    |
| <b>ASI</b>     | : Italian Space Agency                                 |
| <b>AVNIR-2</b> | : Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2 |
| <b>BLUH</b>    | : Bundle Block Adjustment Leibniz University Hannover  |
| <b>CCD</b>     | : Charge-Coupled Devices                               |
| <b>CMOS</b>    | : Complementary metal oxide semiconductor              |
| <b>DAM</b>     | : Dijital Arazi Modeli                                 |

## **SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)**

|               |                                                                      |
|---------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>DLR</b>    | : German Aerospace Center (Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt) |
| <b>DYM</b>    | : Dijital Yüzey Modeli                                               |
| <b>InSAR</b>  | : Interferometric Synthetic Aperture Radar                           |
| <b>JAXA</b>   | : Japon Uzay Ajansı                                                  |
| <b>JPL</b>    | : Jet Uçuş Laboratuvarı                                              |
| <b>MS</b>     | : Multispektral                                                      |
| <b>NASA</b>   | : National Aeronautics and Space Administration                      |
| <b>NIMA</b>   | : National Imagery and Mapping Agency                                |
| <b>PALSAR</b> | : Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar                  |
| <b>PRISM</b>  | : Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping          |
| <b>RADAR</b>  | : Radio Detection And Ranging                                        |
| <b>RAR</b>    | : Real aperture radar                                                |
| <b>SAR</b>    | : Synthetic aperture radar                                           |
| <b>SLR</b>    | : Side Looking Radar                                                 |
| <b>SRTM</b>   | : Shuttle Radar Topography Mission                                   |
| <b>YKN</b>    | : Yer Kontrol Noktası                                                |
| <b>TÜİK</b>   | : Türkiye İstatistik Kurumu                                          |
| <b>UA</b>     | : Uzaktan Algılama                                                   |
| <b>UTM</b>    | : Universal Transverse Mercator                                      |
| <b>3B</b>     | : Üç Boyutlu                                                         |
| <b>YM</b>     | : Dijital Yükseklik Modeli                                           |

## **BÖLÜM 1**

### **GİRİŞ**

#### **1.1 MOTİVASYON**

Uzay kaynaklı uzaktan algılama, hızlı ve periyodik olarak elde edilebilen ve geniş alan kapsama yetisine sahip uydu görüntüleri sayesinde haritacılık disiplininde her geçen yıl daha fazla tercih edilen bir teknoloji haline gelmiştir. Dizayn edilen ileri teknoloji uydu misyonları ile dünyamızı tamamen kapsayan global modeller elde edilmeye başlanmıştır. Çalışmamızda kullanacağımız ALOS ve SRTM uyduları ile elde edilmiş modeller Dünya genelinde en sık kullanılan global modellerdir. Özellikle SRTM uydusu uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Fakat SRTM uydusunun 1 arcsec bütün Dünya modeli sadece Amerika'nın elinde bulunmaktaydı. Amerika Dünya'ya 3 arcsec 90 m'lik modelleri ücretsiz olarak verirken, 2014 yılından itibaren 1 arcsec 30 m'lik görüntüleri ücretsiz olarak vermeye başladı. ALOS WORLD 3D verilerinin de 1 arcsec olması ile birlikte veri setlerinin birbirine göre analizlerinin yapılmasının mümkün olduğu ortaya çıkmıştır. Her iki global modellerin de ücretsiz oluşu çok büyük bir alan çalışabilmemizdeki en büyük etkidir.

#### **1.2 ÇALIŞMANIN ÖNEMİ**

Motivasyon kısmında belirtildiği gibi uzaktan algılama çalışmaları sayesinde Dünya üzerinde yapılan çalışmalar bölgesel olmaktan çıkmış evrensel bir hal kazanmıştır. Günümüz teknolojisi ile tüm Dünya'nın global modelleri üretilebilmektir ve bu modellerin birbirlerine göre doğruluk analizleri yapılabilmektedir. Global modeller insanlara direk olarak üç boyutlu (3B) görsellik sunmakta ve tüm Dünya'yı 3B'lu modelleme şansı vermektedir. Hepimizin kullandığı Google Earth programı altlık olarak bu global modelleri kullanmaktadır. Bu tarz tüm Dünya'yı ilgilendiren çalışmalar parça parça yapılamaz.

3B’lu rölyef haritaları üretimi, şehir bölge planlama, hidroloji, maden, karayolu çalışmaları gibi neredeyse bütün mühendislik disiplinlerinde bu modellere ihtiyaç duyulmaktadır. Şunu da bildiğimiz gibi projelere başlamadan önce her zaman bir ön çalışma yapılmaktadır ve bu çalışmalarda arazi verileri ile yapılmaktadır. Çok büyük bir alanda kısa zamanda ortaya bir sonuç koymak bu modeller sayesinde mümkün olmaktadır.

### **1.3 ÇALIŞMANIN YAPISI**

Birinci bölümde çalışmaya nasıl motive olduğumuz bu çalışmayı yapmamızdaki sebepler çalışmanın Dünya ve bilim üzerindeki önemi anlatılmıştır. İkinci bölümde bu uydular kullanılarak yapılan çalışmalar, literatür taramaya optik ve mikrodalga uzaktan algılamanın prensiplerine ve bu tezde kullanılan uydular ilgili özelliklere yer verilmiştir. Üçüncü bölümde test alanı ve kullanılan veri setleri anlatılmıştır. Dördüncü bölümde uygulamanın nasıl gerçekleştirildiği ile ilgili işlem adımları anlatılmıştır. Beşinci bölümde uygulama sonucu elde edilen veriler yapılan analiz sonuçları gösterilmiştir. Altıncı bölümde bu zamana kadar yapılan bütün çalışmaların ortaya koyduğu sonuçlar anlatılmıştır.

## BÖLÜM 2

### OPTİK VE MİKRODALGA UZAKTAN ALGILAMA PRENSİPLERİ

#### 2.1 LİTERATÜR TARAMA

Bilindiği üzere ülkemiz engebeli ve ortalama yüksekliği fazla olan bir ülkedir. Ortalama yüksekliği 1132 m'dir. Türkiye'deki arazilerin yarısından fazlası 1000-2000 m arasında bir yüksekliğe sahiptir (URL-2 2013). Ülkemiz yükseltisinin fazla olması sebebiyle hidroelektrik enerji potansiyeli bakımından oldukça zengindir. Sapanca gölü havzasının hidroelektrik enerji potansiyeli ALOS (Advanced Land Observing Satellite) PRISM verileri ile belirlenmiştir. ALOS PRISM verileri kullanarak geniş alanlarda 1:10000 ölçeğinde arazi modelleri üretilmiştir. Bu şekilde üretilen modeller sayesinde hidroelektrik enerji potansiyelinin hassas bir şekilde belirlenmesi uydulardan üretilen sayısal yükseklik modelleri sayesinde yapılabilmektedir. Sonuçlara bakıldığında ALOS PRISM verileri kullanılarak 5 metre ve ya daha hassas güncel SYM üretmenin mümkün olduğu belirlenmiştir (Dağcı ve Köklü 2009).

Sapanca gölü, Adapazarı başta olmak üzere çevresindeki yerleşimler için başlıca içme suyu kaynağıdır. Sakarya bölgesi sanayi kuruluşları bakımından da oldukça zengindir ve gereken endüstriyel su ihtiyacının çok büyük kısmı yine Sapanca gölü sayesinde sağlanmaktadır. Göl çok yoğun bir şekilde kullanıldığı için içerisinde kirlilik yaratacak unsurların tespit edilmesi gerekmekte ve önlemler alınmalıdır. Bu nedenle Sapanca Gölü için coğrafi bilgi sistemleri alt yapısı oluşturulmuştur. Teknik özellikleri ve maliyeti düşünüldüğünde ALOS PRISM verileri bölgedeki güncel altlık verilerin oluşturulmasında en önemli veri kaynaklarından birisi olmuştur. ALOS PRISM uydusu ile direk olarak sayısal yükseklik modelleri üretilmiş ve CBS alt yapısı oluşturulmuştur (Aydöner vd. 2010).

Arşivlenmiş ALOS PRISM stereo veya triplet görüntü çiftleri kullanılarak ALOS AW3D 30 metre küresel yüzey modellerinin ön doğruluk çalışmaları ve analizleri yapılmıştır. Çalışma

sonucunda verilerin sadece araştırma toplulukları için değil aynı zamanda coğrafi bilgi sistemlerinde ve çeşitli uygulamalar alanlarında ticari olarak kullanılabileceği görülmüştür. 30 metre modellerin ön doğrulama sonuçlarına ulaşılmıştır. ALOS modellerindeki boşlukların ise farklı enterpolasyon yöntemleri ile giderilip iyileştirileceği anlatılmıştır (Tadono et al. 2016).

Corona ve ALOS PRISM gözlem verileri kullanılarak İmja buzullarının (Khumbu Himal, Nepal) yüzey modellerinin oluşturulmuştur. Çalışmada üretilen global yüzey modelleri ve topoğrafik haritalar yardımıyla buzul gölleri, yüzey çöküntüleri, buzul yüzeylerinin yüksekliği belirlenmiştir. Buzul seviyelerindeki değişimler tespit edilmiştir (Damodar et al. 2011).

Brezilya'nın 7 ayrı ili için (Araca, Barcelos, Pantanal, Iporanga, Rio Claro, Santa Catarina, Serra do Mar) TanDEM-X verilerinin SRTM, ASTER GDEM ve ALOS AW3D verileri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışma kapsamında farklı jeomorfolojik özelliklere sahip test alanları ve bu alanlarda uyduların davranışları incelenmiştir. Oluşturulacak yüzey modelleri için hangi alanda hangi uydu çalışılması konusunda önemli bir çalışma olduğu görülmektedir (Grohmann 2018).

Su kaynaklarının korunması, izlenmesi ve kullanım koşullarının değerlendirilmesi çalışmalarında uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılmaktadır. Çok zamanlı uydu görüntüleri kullanılarak İran'daki 26440 km<sup>2</sup>'lik alana sahip Neyriz havzasında yer alan Neyriz Göllerinin (Bakhtegan ve Tashk) göllerinin 1976 – 2000 yılları arasındaki yüzey değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Kıyı kenar çizgisi değişim analizleri yapılmıştır. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli SRTM verileri kullanılarak üretilmiştir (Günel ve Özdemir 2010).

Eş yükselti eğrilerinin üretiminde ALOS ve SRTM uyduları karşılaştırılmıştır. Çalışma alanı olarak düz bir topoğrafyaya sahip Konya ili ve dağlık yükseltisi fazla olan Çanakkale ili tercih edilmiştir. Yapılan karşılaştırma ve analizler sonucunda ALOS 30 m verisinin SRTM 30 m verisine göre daha doğru sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur ve elde edilen arazi modellerinin arazinin topoğrafyasını daha iyi yansıttığı tespit edilmiştir (Çabuk vd. 2017).

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) ve topoğrafik arazi verileri kullanılarak Artvin ilindeki yağış havzalarının fiziksel özellikleri (eğim, drenaj ağı büyüklük) belirlenmiştir. Hidrolojik modellemeler, arazi planlama gibi çalışmaların SRTM modelleri ile rahatlıkla yapılabileceği görülmüştür (Yıldırım vd. 2016).

Almus fay zone (AFZ)'nin jeolojik özelliklerinin sayısal arazi modelleri ile incelenmesi çalışmasında SRTM verileri kullanılmıştır. SRTM görüntüleri yardımıyla bölgedeki morfolojik yapıları belirlemeye yönelik uygulamalar gerçekleştirilmiştir. SRTM verileri sayesinde bölgedeki jeolojik özellikler ortaya çıkarılmıştır (Gürsoy 2006).

Denizli Babadağ Gündoğdu sınırında meydana gelen deformasyonun yönü ve büyüklüğünün interferometrik yapay açıklıklı radar yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Babadağ ve çevresindeki farklı alanlarda oluşabilecek deformasyonun izlenmesi çalışmanın bir diğer amacını oluşturmaktadır. Çalışma alanı için ALOS PALSAR görüntü çiftleri, Babadağ ilçesi ve çevresi için SRTM verilerinden elde edilen yüzey modelleri kullanılmıştır (Çomut vd. 2015).

Landsat-7 Tematik haritalayıcı (ETM +) görüntüleri ve SRTM C-band 30 m dijital yüzey modelleri kullanılmıştır. Mısır Çölünün kuzeybatısında bulunan Siwa bölgesinde mekânsal değişimin hidrojeolojik değişimlerle ilişkisinde uygulanan algoritmanın performansı analiz edilmiştir. Bölgenin tektonik evriminin yapısal analizi yer altı suları yönetimi ve kalkınma planlaması bakımından oldukça önemlidir (Masoud and Koike 2006).

Vietnam'ın Vu Gia şehrinde yer alan Thu Bon nehri çalışma alanında SRTM yüzey modelleri kullanılarak jeomorfolojik yaklaşıma dayalı bir sel tehlike haritası oluşturulmuştur. Aynı zamanda ASTER ve LANDSAT uydu görüntüleri kullanılarak arazi tipleri sınıflandırılmıştır. Nemli topraklarda taşkın tahmini yapılması açısından önemli bir çalışma olmuştur (Ho 2010).

Bitkilerin yetiştirilmesinde iklimsel faktörler büyük önem taşımaktadır. Bunların başında en önemli faktör sıcaklıktır. Bu nedenle bu çalışmada sıcaklık parametresi ele alınmış, ülkemizde meyve, süs bitkileri, sebze ve orman ağaçları gibi alanlarda yetiştiricilik yapanların kullanabilecekleri bitkisel üretimde önemli olan sıcaklıkla ilgili alt ve üst sınır değerlerinin dağılımını gösteren haritaların üretilmesi amaçlanmıştır. Sıcaklık değeri bilindiği

gibi yükseklikle orantılıdır. CBS analizleri için yükseklik bilgilerinin elde edilmesinde SRTM verileri kullanılmıştır (Peşkircioğlu vd. 2016).

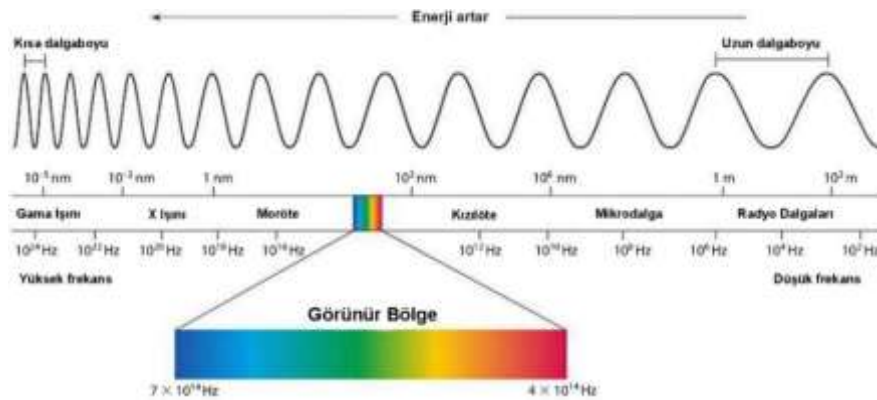
## 2.2 UZAKTAN ALGILAMA HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Uzaktan algılama (UA) yeryüzünden belirli mesafelere, atmosfere ve ya uzaya yerleştirilen platformlara monte edilmiş ölçüm cihazlarıyla yeryüzünde bulunan doğal ve yapay objeler hakkında bilgi edinme ve değerlendirme teknikleri olarak tanımlanabilmektedir (URL-1 2014).

Uzaktan algılama tekniği kullanılarak elde edilmiş veriler yeryüzüne ait birçok bilgiyi bizlere sunmaktadır. Bu bilgiler yeryüzünden yansıyan enerjinin uydu alıcıları tarafından algılanarak kaydedilmesi ile oluşmaktadır. Yansıyan elektromanyetik enerji dalga boylarına ayrılır ve uydunun ilgili kısımlarında işlenir (Çelik vd. 2004).

Günümüzde uzaktan algılama verileri; insanlı veya insansız hava araçları ve uydular tarafından sağlanmaktadır. Objelerden yansıyan ve yayılan enerji Şekil 2.1’de görülen elektromanyetik tayftaki dalga boyu değerine göre kümelendirilir ve görüntü oluşumu gerçekleşir (Anon 2002).

Elektromanyetik spektrum gama ışınlarından radyo dalgalarına kadar bilinen tüm elektromanyetik dalgaları içeren bir gösterimdir. Şekilde görüldüğü gibi manyetik spektrum içinde dalga boyları  $10^{10}$  ile  $10^{-16}$  metre arasında değişim göstermektedir. Frekans değeri yüksek olan dalgalar büyük enerjiye sahiptirler. Frekansla enerji arasında doğru orantı görülmektedir. Yani frekans arttıkça enerji artmaktadır (Palamutcu vd. 2009).



Şekil 2.1 Elektromanyetik tayf (URL-3)

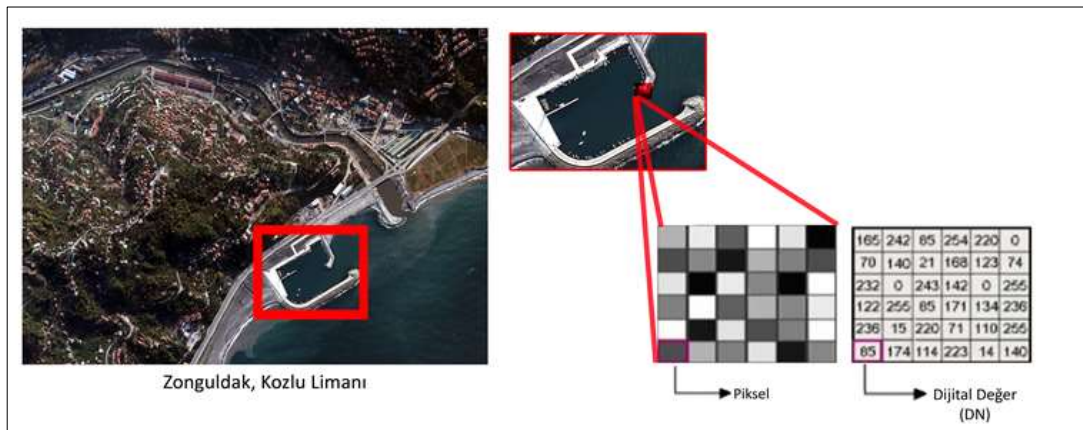
## 2.3 DİJİTAL GÖRÜNTÜ KAVRAMI

Yapmış olduğumuz çalışmaların ana amacı dijital görüntü üretmek ve bu görüntülerden elde edilen sonuçları yorumlamaktır. Bu yüzden dijital görüntüyü tanımlamak gerekmektedir.

Çeşitli algılayıcılar tarafından yeryüzü veya uzaydaki objelerden algılanan enerjinin dijital forma dönüşümü ile elde edilen görsel ürünlerdir. UA görüntüleri dijital olarak kayıt edilir ve bilgisayarlar tarafından görüntüye dönüştürülmek üzere işlenir. Bir uzaktan algılama sisteminde algılayıcı platform enerjisi algılar, ölçer ve miktarını bilgisayarın okuyabileceği bir sayıya dönüştürür. Yörüngedeki uzay aracı bu kodları sinyaller ile yeryüzündeki uydu istasyonuna gönderir. Dijital görüntünün en küçük elemanı pikseldir. Her piksel bir gri değeri içerir. Gri değeri sayısı görüntünün radyometrik çözünürlüğü ile doğrudan ilişkilidir. Radyometrik çözünürlük tanımı bir sonraki başlıklarda anlatılacaktır (URL-3 2015).

Bir dijital görüntünün özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Dijital görüntüler raster formatındadır.
- Bir raster X ve Y koordinatları ile tanımlanmış gridlerden oluşur.
- Bu gridlerin her birine piksel denir.
- Her bir pikselin sayısal bir gri değeri vardır.



Şekil 2.2 Dijital görüntü gösterimi

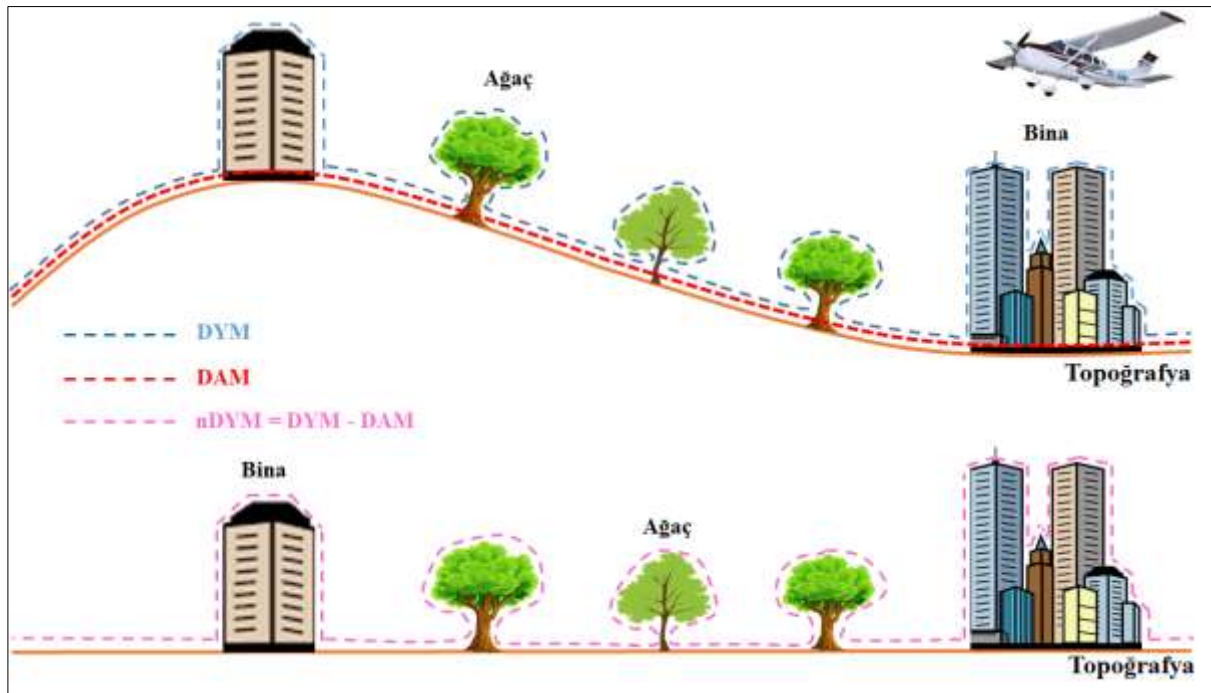
Dijital görüntüler uydulardaki algılayıcının çalışma prensibine göre pasif algılama ve ya aktif algılama yöntemlerinden biriyle elde edilmektedirler.

## 2.4 DİJİTAL YÜZEY MODELİ

Dijital Yüzey Modeli (DYM), yer yüzeyi topoğrafyası (orman, bitki örtüsü) ve (varsa) üzerindeki insan yapımı objelerin (bina vb.) X, Y planimetrik koordinatları ve Z yükseklik değerleriyle dijital kartoğrafik bir gösterilimidir. DYM'ler yer ölçüm verilerinden, fotogrametri, LİDAR ya da interferometrik yapay açıklıklı radar (InSAR) tekniklerinden biriyle elde edilebilir (Sefercik 2010).

DYM'ler dijital yükseklik modellerinin (YM) bir ürünüdür. YM'lerde yeryüzü topoğrafyası çıplak bir biçimde yansıtılır. Üzerinde orman bitki örtüsü vb. detaylar yer almaz (Sefercik 2007).

YM'lerin DYM'lerden farklı olarak bir başka ürünü de dijital arazi modelleridir (DAM). DAM, YM bilgilerini içermektedir. DYM'lerden farklı olarak yeryüzü topoğrafyasını 3B'lu ifade etmenin yanı sıra ekstra morfolojik bilgiler içermektedir. Bitki örtüsü, ağaç, bina gibi detay noktaları olmayıp sadece çıplak arazi morfolojisini yansıtan hidrolojik (su ile ilgili) detaylar, dere akış kotları, şev, vadi gibi detayları üzerinde bulunur.



Şekil 2.3 DYM ve DAM'ların şekil üstünde gösterimi

Arazi dışı nesnelerin yüksekliği denklemde formüle edilmiş nDYM'nin üretilmesi ile elde edilmiştir (2.1). Denklemde görüldüğü gibi nDYM, DYM ve DAM yükseklik farklarından elde edilmiş bir üründür (Hashemi 2008).

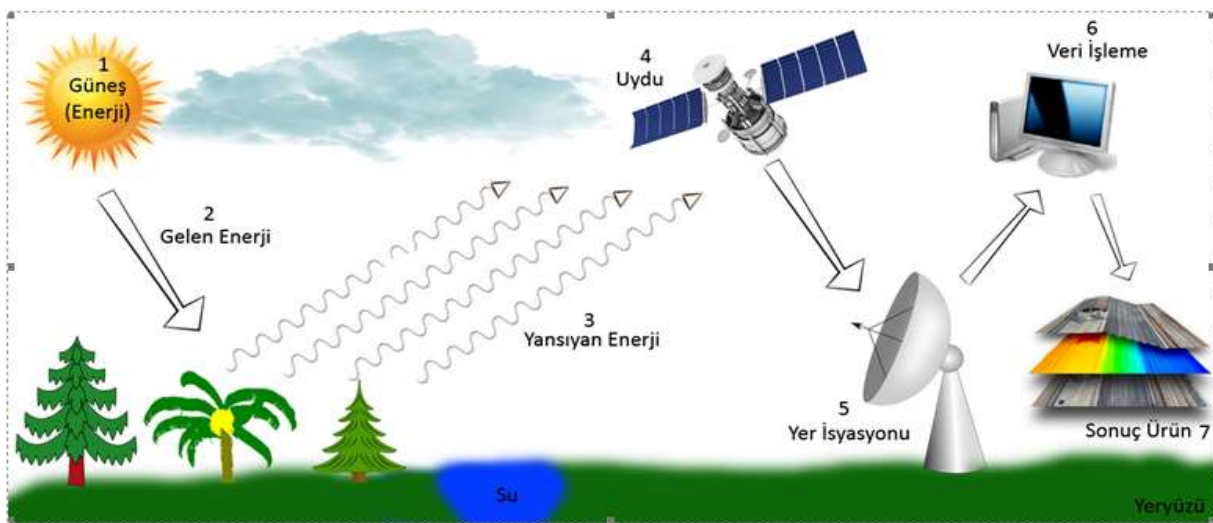
$$nDYM = DYM - DAM \quad (2.1)$$

DYM'lerin başlıca kullanım alanları:

- Hidroloji ve Arazi Hareketleri için Su Akışının Modellenmesi
- 3B uçuş Planlaması
- Uydu Görüntülerinin ve Hava Fotoğraflarının Ortorektifikasyonu
- Mühendislik ve Altyapı Çalışmaları
- Kentsel Değişim analizleri

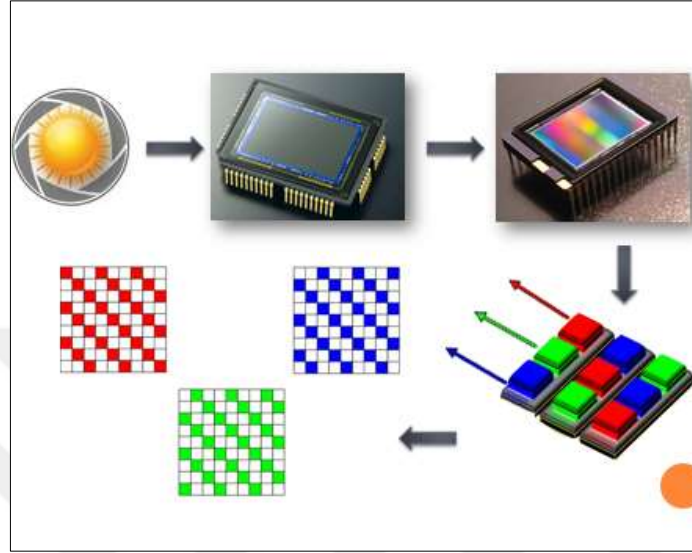
## 2.5 OPTİK UZAKTAN ALGILAMA, STEREO GÖRÜNTÜ ALIMI VE DYM ÜRETİMİ

Optik uzaktan algılama (pasif algılama) yapan sistemler kendi enerjisini kendileri üretemezler. Enerji kaynağı güneştir. Optik sistemler yani kimyasal bazlı sistemler pasif algılamayı kullanırlar. Aydınlanma kısmında güneş enerjisine ihtiyaç duyulduğu için bu sistemi kullanan algılayıcılar gece çekimi yapamaz. Güneşten gelen enerjinin yansımalarının kaydedildiği ve görüntüye çevrildiği bir sistemdir.



Şekil 2.4 Pasif algılama yapan sistemlerde dijital görüntü elde etme işlem adımları

Optik algılama yapan sistemler üzerinde dijital görüntünün oluşmasını sağlayan CCD (Charge-Coupled Devices) ve ya CMOS (Complementary metal oxide semiconductor) adı verilen çipler bulunmaktadır. Bu çipler gelen enerjinin dalga boyuna göre piksellerin renk değerini alması sağlamaktadır (URL-4 2010).

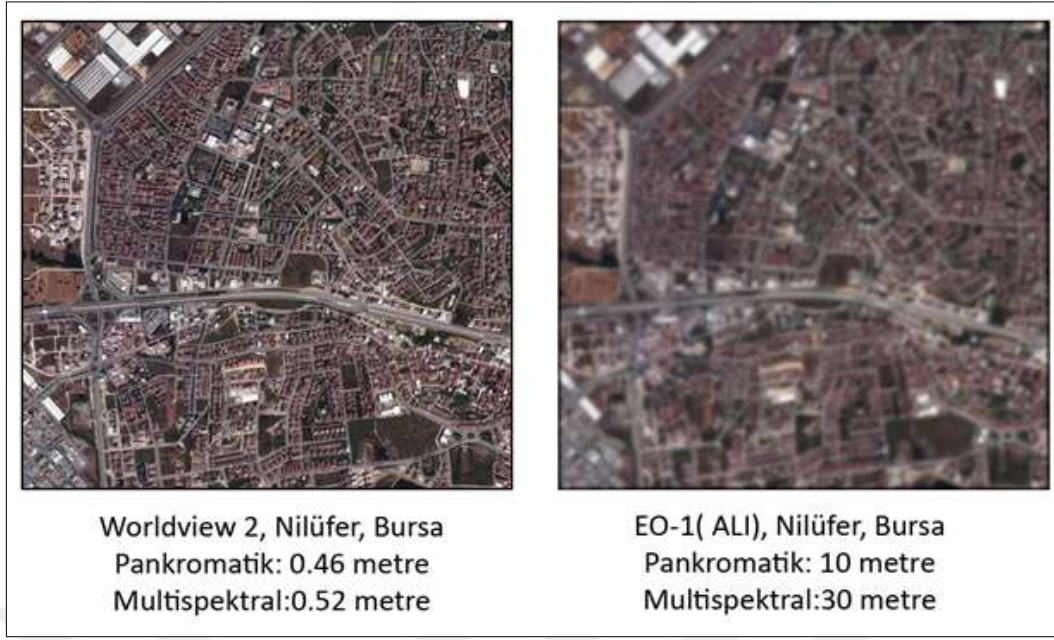


**Şekil 2.5** CCD ve CMOS sensörlerin çalışma prensibi

Dijital görüntüyü elde ettiğimiz zaman elde edilen bu görüntülerin anlamlı bir şekilde yorumlanabilmesi görüntünün çözünürlüğü sayesinde olmaktadır. Çözünürlük bir görüntüleme sisteminde kayıt edilen detayların ayırt edilebilme ölçütüdür. Dijital uydu görüntüleri için dört farklı çözünürlük tanımlanmaktadır. Bu çözünürlük tiplerini şu şekilde sıralayabiliriz.

- Mekânsal Çözünürlük
- Radyometrik Çözünürlük
- Spektral Çözünürlük
- Zamansal Çözünürlük

Mekânsal çözünürlük bir görüntüleme sistemi tarafından ayrık olarak kaydedilebilen iki nesne arasındaki en kısa mesafe olarak adlandırılabilir. Uydular üzerinde bulunan algılayıcının yer örnekleme aralığı olarak da ifade edilebilir. Yer örnekleme aralığı bir pikselin yerde kapsadığı alan olarak tanımlanmaktadır.



**Şekil 2.6** Mekânsal çözünürlük örneği

Şekil 2.6’da farklı mekânsal çözünürlük değerlerinde aynı yere ait görüntüler verilmiştir. Görüldüğü gibi mekânsal çözünürlük değeri azaldıkça cisimlerin temsil edildiği piksel sayısı azalmakta ve dolayısıyla da cisimlerin tespiti zorlaşmaktadır.

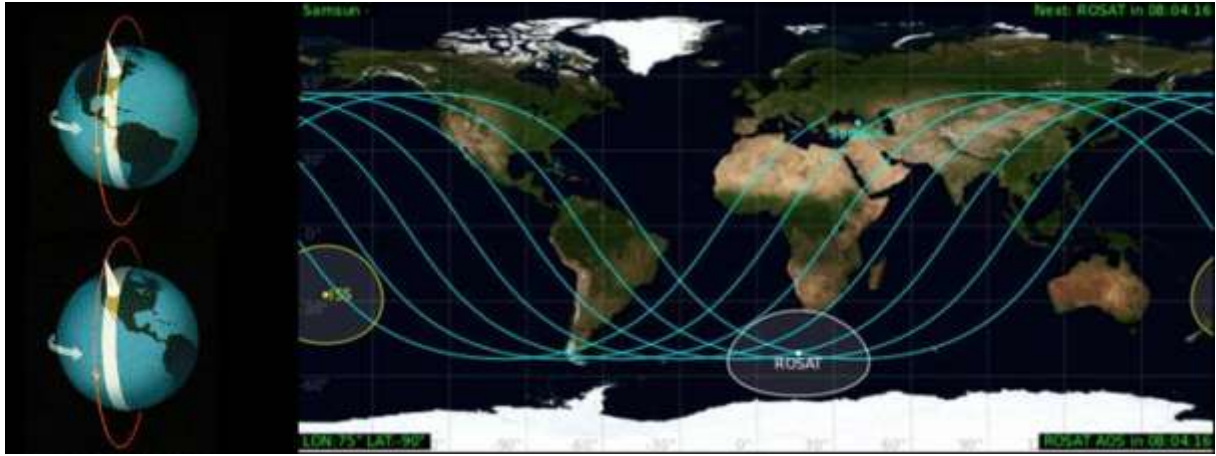
Radyometrik çözünürlük enerjideki küçük farklılıkları ayırma yeteneği ile tanımlanır. Diğer bir anlatımla, kaydedilen enerjinin bölündüğü “bit” sayısıdır. Görüntüdeki bit sayısı  $2^n$  formülü ile hesaplanmaktadır. Burada n, bit işlem sayısı olarak ifade edilir. Örneğin, Rasat uydusu 8 bit radyometrik çözünürlüğe sahiptir.  $2^8 = 256$  çeşit gri değerli görüntü oluşturmaktadır (Baltasvias et al. 2001).



**Şekil 2.7** Bit sayısına göre radyometrik çözünürlüğün gösterimi (URL-4)

Şekil 2.7’de görüldüğü gibi  $2^1 = 2$  gri değere sahip 1 bitlik görüntü sadece siyah ve beyaz iki renkten oluşmaktadır. Bit sayısı arttıkça görüntünün kalitesi artmaktadır. Spektral çözünürlük ise bir algılayıcının elektromanyetik spektrumda kaydedebildiği belirli dalga boyu aralığıdır. Aralık daraldıkça spektral çözünürlük artmaktadır. Daha önce şekil 2.1’de elektromanyetik spektrum gösterilmiştir (URL-5 2016).

Uydular Dünya etrafında belirli bir yörüngede dönerler. Uydunun bir yere ait görüntüyü almasından itibaren, aynı yere ait görüntüyü tekrar alması arasında geçen süre zamansal çözünürlük olarak tanımlanmaktadır. Fakat aynı yerden tekrar görüntü alma süresinden bahsedilirken görüntünün hangi açıyla alındığı önem taşımaktadır (URL- 5 2016).

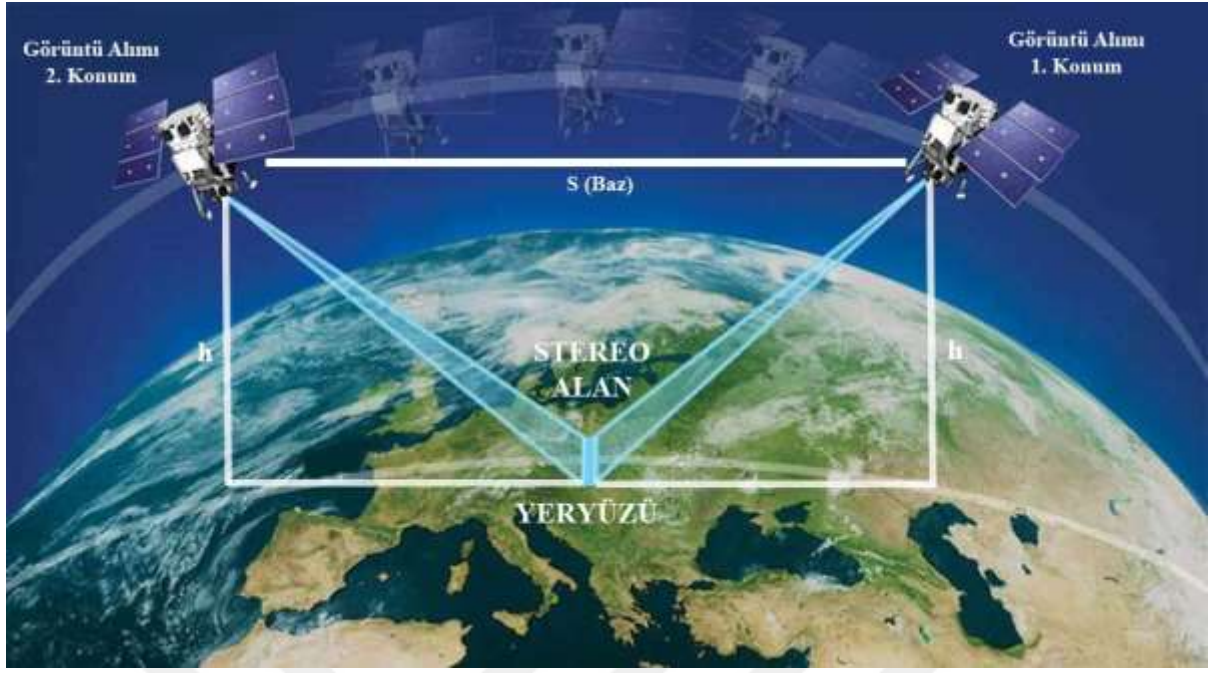


Şekil 2.8 Zamansal çözünürlük (URL-5 2016)

Optik uzaktan algılamada iki farklı stereo görüntü oluşturma tekniği vardır. Bunlar;

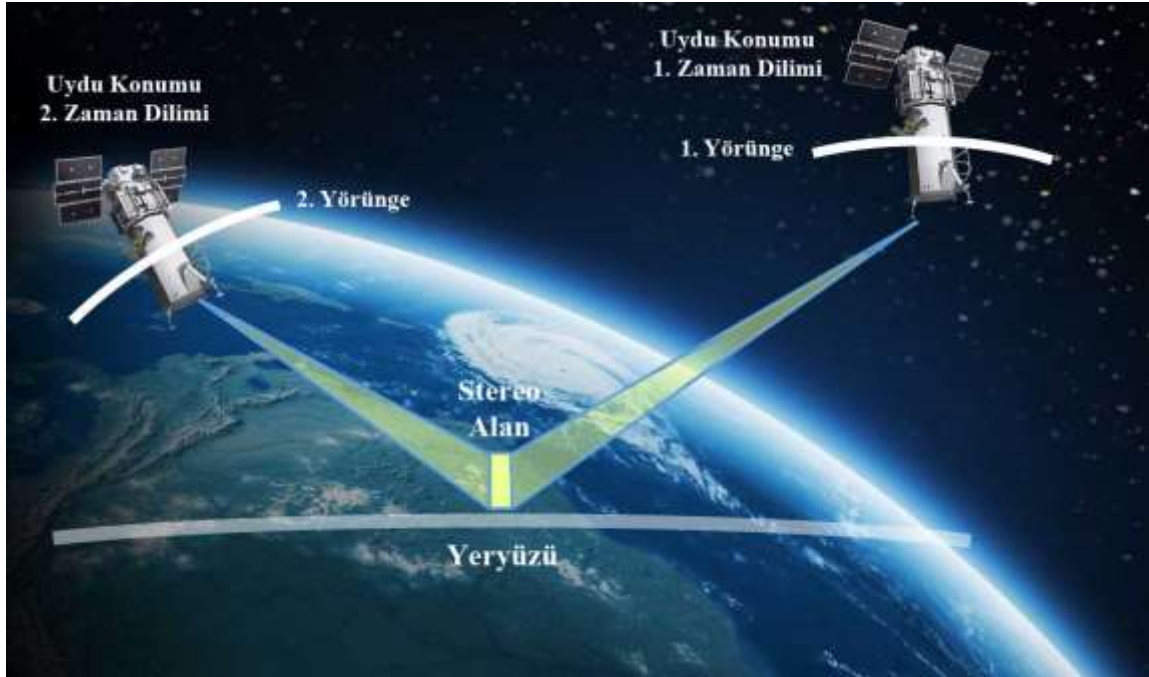
- Along-track tekniği
- Cross-track tekniği

Along-track tekniği uydunun uçuş doğrultusunda giderken saniye farkları ile alım yapması olarak tanımlanabilir. Görüntü alımları yapılırken uydu aynı yörüngededir. Uydu birinci konumdayken kamera sistemi bir ön bakış yapıyor ve görüntü alıyor daha sonra uydu hareketine devam ediyor saniyeler sonra kamera sistemi geri bakış yaparak bir görüntü daha alıyor. Uydunun her iki konumdayken almış olduğu görüntülerin ortak alanı bizim stereo modelimizi oluşturuyor (URL-6 2008).



Şekil 2.9 Along-track stereo görüntüleme (URL-19)

Cross-track tekniğinde ise uydu uçuş doğrultusunda hareket ederken birinci zaman diliminde bir görüntü alıyor. Daha sonra ikinci bir zaman diliminde (günler, aylar ve ya seneler sonra) aynı bölgeye ait farklı açıyla bir görüntü daha alıyor. Bu alınan iki görüntünün ortak alanı stereo modelimizi oluşturuyor (URL-6 2008).



Şekil 2.10 Cross-track stereo görüntüleme

Along-track stereo görüntülemenin en büyük avantajı atmosferik koşullardan etkilenmemesidir. Yani alınan her iki görüntü arasında zaman farkı olmadığı için aynı atmosferik etkilere (güneşin geliş açısı, bulutsuzluk oranı vb.) maruz kalınmaktadır. Cross-track stereo görüntülemeye ise görüntü alımı farklı zamanlarda gerçekleştiği için iki görüntüler eşleştirirken bir takım problemler (kontrast farklılıkları vb) ortaya çıkabilmektedir.

## 2.6 GELİŞMİŞ KARA GÖZLEM UYDUSU (ALOS)

JAXA (Japon Uzay Ajansı) tarafından geliştirilen ALOS (Daichi) uydusu, J-ERS ve ADEOS uydularından sonra bu teknolojilerin daha da geliştirilerek uygulandığı bir uydudur (URL-11).

**Çizelge 2.1** Alos uydusu özellikleri (Shimada 2010)

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| Ait Olduğu Ülke     | Japonya (JAXA)           |
| Fırlatma Tarihi     | 24.01.2006               |
| Fırlatma Yeri       | Tanegashima Uzay Merkezi |
| Fırlatma Aracı      | H-IIA                    |
| Uçuş Yüksekliği     | 692 km                   |
| Yörünge Tipi        | Güneş Eşzamanlı Dairesel |
| Tahmini Ömrü        | 3-5 Yıl                  |
| Zamansal Çözünürlük | 46 Gün                   |
| Ağırlık             | Yaklaşık 4 Ton           |



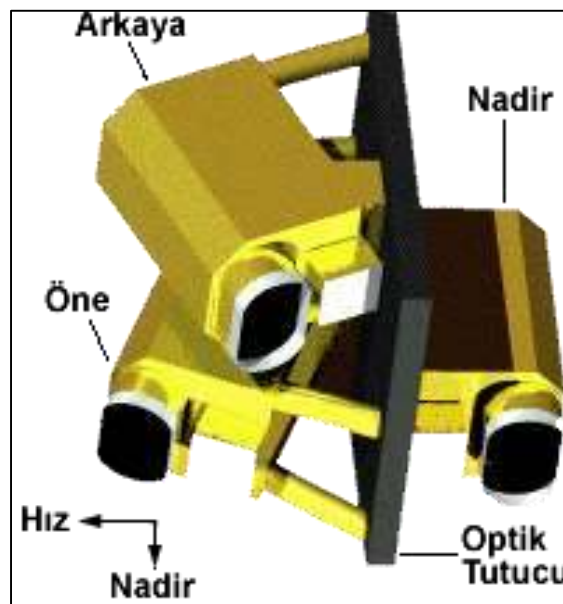
**Şekil 2.11** ALOS uydusu genel görünüm (JAXA)

Bu uydunun üzerinde üç farklı sensör bulunmaktadır. Bu sensörler;

- **PRISM** (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping)
- **AVNIR-2** (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2)
- **PALSAR** (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar)

PRISM, üç adet (öne, nadir ve arkaya yönlendirmeli) 2.5 m mekânsal çözünürlüğe sahip pankromatik teleskoptan oluşan, stereoskopik görüntüleme özelliğine sahip bir sistemdir. 2.5 m mekânsal çözünürlüğe sahip; öne, nadir ve arkaya bakışlı 3 bağımsız teleskoptan oluşmaktadır. 0.52 – 0.77 mikrometre dalga boyu aralığında çalışmaktadır. PRISM sensörü görüntülerinin radyometrik çözünürlüğü 8 bittir.

PRISM sistemi uçuş yörüngesi boyunca stereoskopik görüntüleme yapabilme özelliğine sahiptir. Öne ve arkaya bakışlı teleskopların açısı nadirden  $\pm 24^\circ$ 'dir. Teleskoplardaki bu konfigürasyon elde edilen stereoskopik görüntülerdeki Baz/yükseklik (base to height ratio) oranını 1.0 olmasını sağlar. Bu stereo haritalama için en uygun olan orandır. Her bir radyometre, Dünya'nın dönüşünden ileri gelen sapmaları düzeltmek ve tam bindirmeli üçlü (triplet) görüntü elde edebilmek için elektrikli yönlendirme fonksiyonunu ( $\pm 1.5^\circ$ ) kullanır. PRISM nadir görüntülemeye 70 km, arkaya ve öne yönlendirmeli görüntülerde ise 35 km'lik şerit tarama özelliğine sahiptir (URL-12).



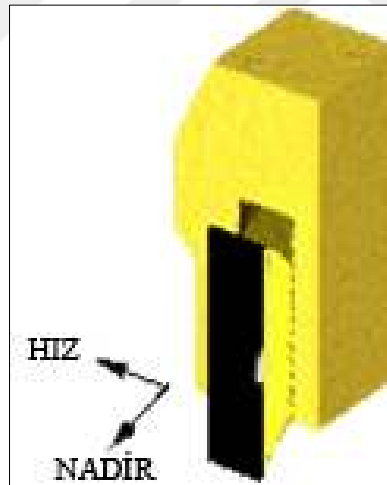
Şekil 2.12 PRISM sensörü kamera yapısı (JAXA)

PRISM sensörü ile kullanıcılara yeterli çözünürlük ve konumsal doğruluğa sahip stereo görüntüler sağlanmakta ve 1:25,000 ölçekte harita yapılabilmesi mümkün kılınmıştır.

AVNIR-2, sensörü 10 m mekânsal çözünürlüğe ve dört spektral kanala (görünür ve yakın kızıl ötesi dalga boylarında) sahip olup, kara ve kıyı alanlarını gözlemlemek için dizayn edilmiş radyometredir. AVNIR-2 sensörü görünür ve yakın kızıl ötesi 10 metre mekânsal çözünürlükte 4 spektral kanala sahiptir. Şerit genişliği 70 km olan AVNIR-2 sensörü, uçuş yönüne açılı (across track  $\pm 44^\circ$ ) olarak görüntüleme yapabileceği için aynı bölgeyi bir ya da iki gün aralıkla da görüntüleyebilir (URL-13).

**Not:** AVNIR-2 sensörü 88.4 derece kuzey enlemleri ve 88.5 güney enlemleri dışında görüntüleme yapamamaktadır.

AVNIR sensörünün 10m çözünürlükteki multispektral (MS) verileri arazi örtüsü sınıflandırılması (vegetasyon, orman vb.) gibi çalışmalar için uygundur.



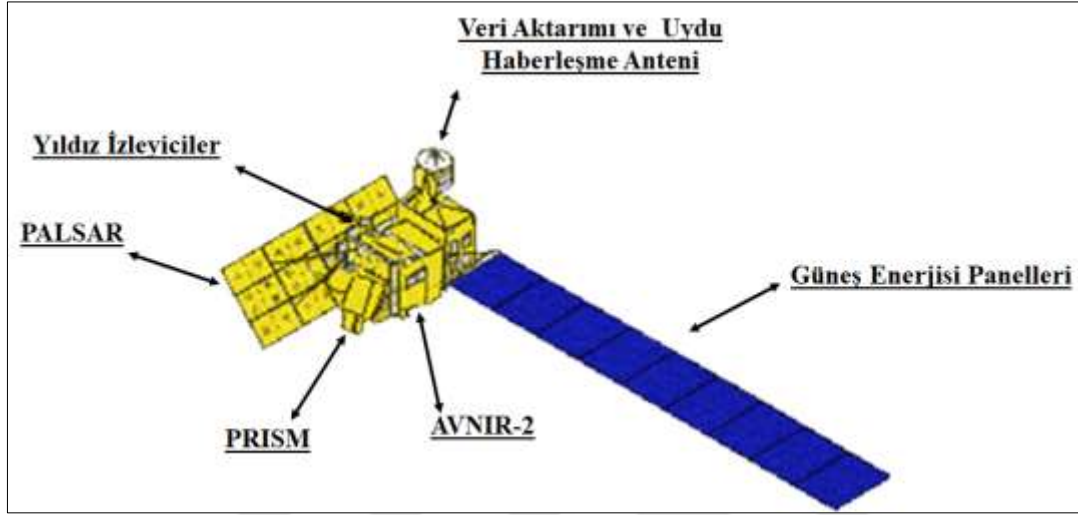
**Şeki 2.13** Avnir-2 sensörü kamera yapısı (JAXA)

Palsar, L-Band SAR (Yapay Açıklıklı Radar) sensörü, gece veya gündüz her türlü hava koşulunda, 10 ila 100m mekânsal çözünürlüklü görüntüler sağlayabilmektedir.

- L-Bant (1270)
- Yüksek Çözünürlük
- Geniş gözlem çerçevesi

- Full-polarimetrik gözlem
- Değişken off-nadir açıları (gözlem açıları)

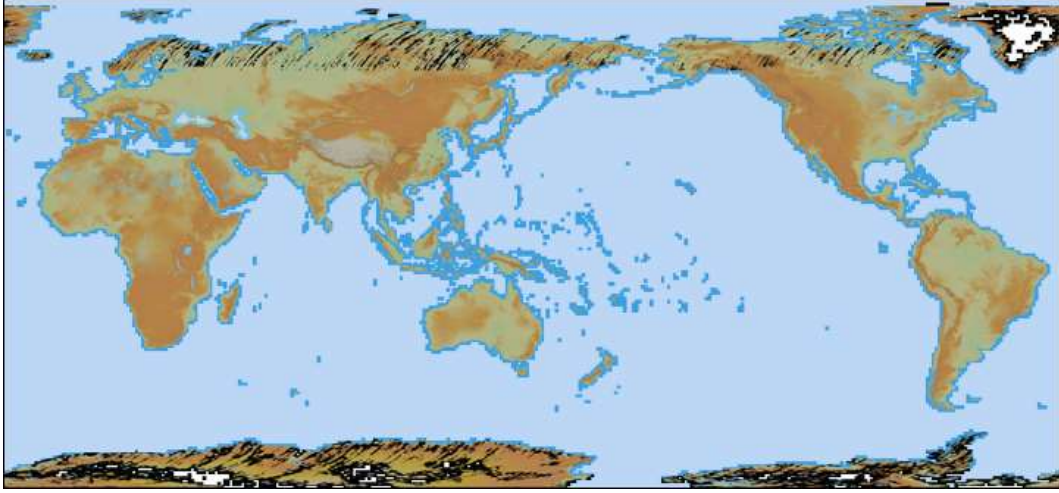
PALSAR hava şartlarından etkilenmeden görüntüleme yapabilir. Sağladığı görüntüler en çok interferometrik çalışmalarda kullanılmaktadır.



Şekil 2.14 ALOS uydusu donanımları (URL-20)

### 2.6.1 ALOS WORLD 3D

Japonya Uzay Keşif Ajansı (JAXA) tarafından 2014 yılından beri devam eden ve geliştirilen küresel kara alanlarının hassas, dijital üç boyutlu haritalarının üretilmesini amaçlayan bir uydu misyonudur. Sistem ALOS uydusu üzerindeki PRISM sensörünün elde etmiş olduğu görüntüleri kullanmaktadır. Üç milyon görüntü arşivi değerlendirilerek stereo görüntüler elde edilmiştir. Elde edilen bu görüntüler sayesinde sayısal yükseklik modelleri ve sayısal yüzey modelleri oluşturulmuştur. Mart 2017 yılında 1.1 versiyonu ile 1 versiyonunda olan boşluklar giderilmiştir. Dijital üç boyutlu haritalar doğal afetler, su kaynakları araştırma gibi önceki kısımlarda anlatmış olduğumuz birçok uygulamada kullanılmaktadır (URL-13).



**Şekil 2.15** ALOS World 3D uygulama alanları

**Çizelge 2.2** ALOS WORLD 3D versiyon bilgileri (JAXA)

| Versiyon | Tarih      | Revizyon İçeriği                                                                                                     |
|----------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | 31.03.2015 | İlk Versiyon                                                                                                         |
| 1.1      | 6.03.2017  | İlk Versiyondaki Bulut, Sis ve kar gibi etkilerden kaynaklanan boşluklar en yakın komşuluk metodu ile giderilmiştir. |

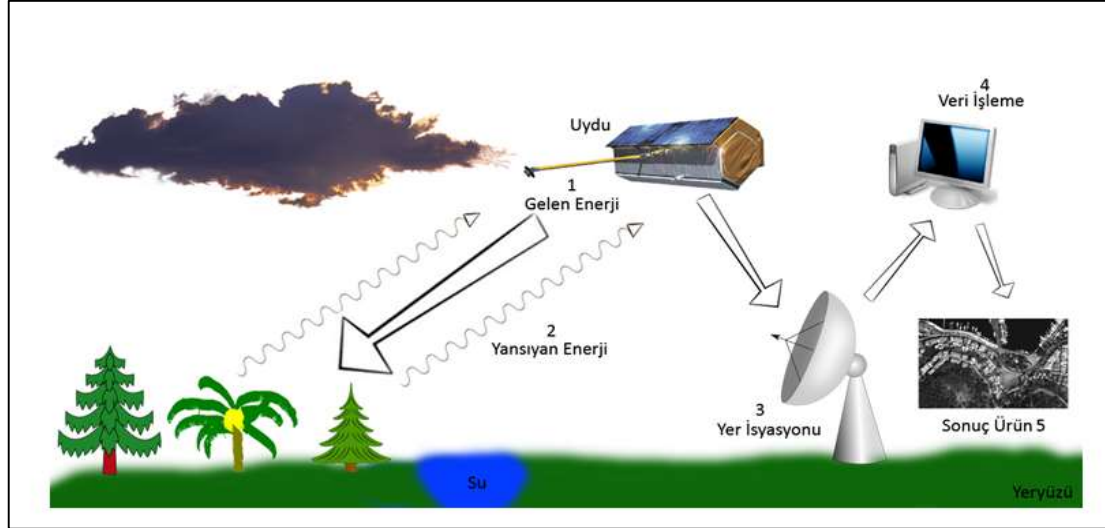
**Çizelge 2.3** ALOS WORLD 3D Misyonu özellikleri (JAXA)

|                        |                                      |
|------------------------|--------------------------------------|
| Çözünürlük             | Yatayda yaklaşık 30 m ( 1 arcsec )   |
| Yükseklik Doğruluğu    | 5 m standart sapma ( 1 sigma )       |
| Radyometrik Çözünürlük | 16 bit GeoTIFF (Yeniden örneklenmiş) |
| Başlık Dosyası         | ASCII Text Dosyası                   |

## 2.7 MİKRODALGA UZAKTAN ALGILAMA, STEREO GÖRÜNTÜ ALIMI VE DYM ÜRETİMİ

Mikrodalga uzaktan algılama (aktif algılama) yapan sistemlerde CCD ve CMOS sensörlerin yaptığı görevi yapan gönderici ve alıcı antenler bulunmaktadır. Dijital görüntü bu antenler yardımı ile oluşmaktadır. Bu sistemler yeryüzüne mikrodalga sinyaller gönderir ve sinyalin geri yansımalarını gönderici ve alıcı antenler yardımı ile anten algılama grafiklerine kaydeder.

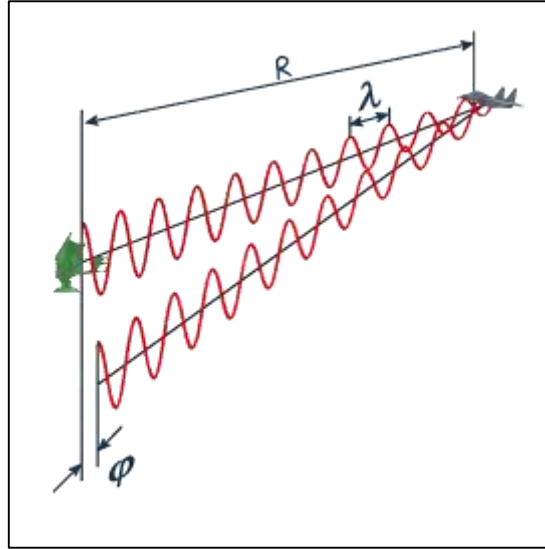
Aktif sistemler kendi enerjilerini kendileri üretirler yani aydınlanmayı kendileri sağlarlar. Bu sebeple hiçbir hava koşulundan etkilenme olmaz gece ve gündüz sürekli veri akışı sağlanabilmektedir (Campbell and Wynne 2011).



**Şekil 2.16** Aktif algılama yapan sistemlerde dijital görüntü elde etme işlem adımları

Mikrodalga uzaktan algılamayı RADAR prensibiyle çalışan sistemler kullanmaktadır. RADAR kelimesi, **R**adio **D**etection And **R**anging kelimelerinin kısaltılmasından oluşmuştur. Gönderdiği radyo dalgaların yeryüzündeki nesnelere çarpıp geri dönmesi ve arada geçen zamanın hesaplanarak hedeflerin tespit edilmesi sağlanmaktadır. İkinci Dünya Savaşı sırasında hava bombardımanını desteklemek ve düşmanın yeri saptamak amacıyla kullanılmaya başlamıştır (Sefercik 2006).

Radar sinyalleri dalga boyları ile yayılmaktadır. Şekil 2.17’de cisimlere çarpıp dönen radar sinyali gösterilmiştir.



**Şekil 2.17** Radar sinyallerinin iletilmesi

$\phi$  = Gönderilen ve alınan sinyal arasında ki faz kayması

$\lambda$  = Gönderilen sinyalin dalga boyu

R= Eğik Uzaklık

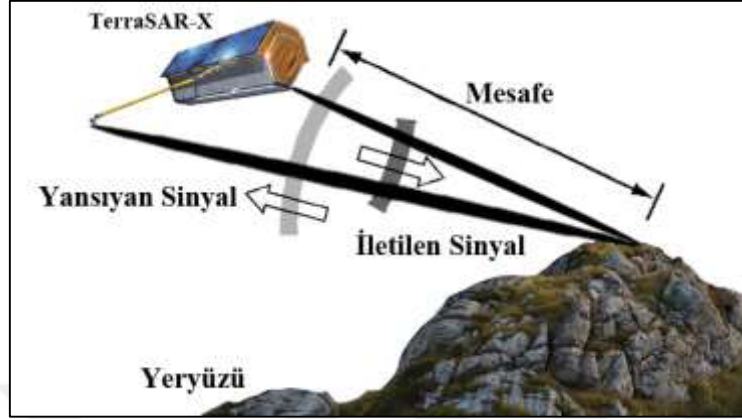
#### ➤ Yan bakışlı radar (SLR)

Daha önceki radar tanımlamasında bahsettiğimiz gibi SLR sistemi ikinci dünya savaşı döneminde keşfedilmiş ve sonrasında giderek geliştirilmiştir. Sistem ilk olarak tropikal bölgelerde sürekli olarak bulut kaplı alanlarda haritalama amaçlı test edilmiş ve başarısı tespit edilince genel kullanıma sunulmuştur. SLR sistemlerinde radar arazide uçuş doğrultusuna paralel bir şerit aydınlatır. Yan bakışlı radar teknolojisini iki ana başlık altında toplayabiliriz. Bu başlıklar:

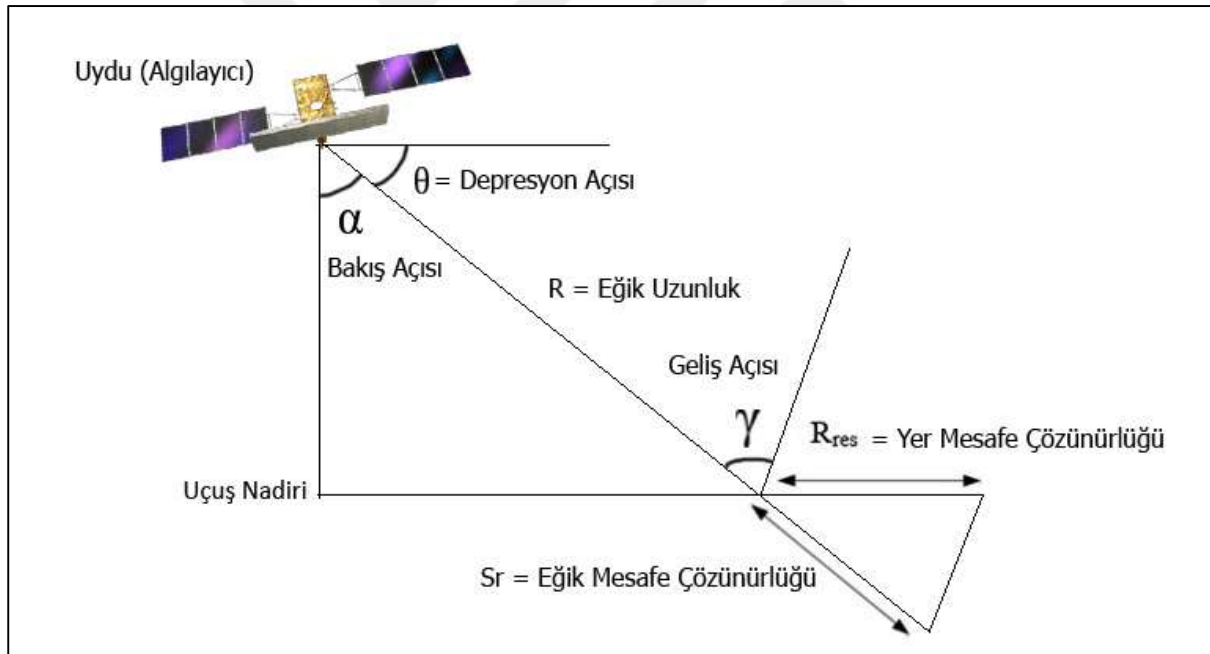
- Gerçek Açıklıklı Radar (RAR)
- Yapay Açıklıklı Radar (SAR)

Gerçek açıklıklı radar ilk SAR teknolojilerindendir. Radar görüntüsü yer yüzeyine yollanan enerji ile yeryüzünden yansıyan enerjinin arasındaki oran hesaplanarak oluşmaktadır (Abdikan 2007).

Gerçek Açıklıklı Radar (Real Aperture Radar), Uydu platformu üzerine yerleştirilen anten ile uydunun hareket ettiği yön doğrultusuna (azimuth direction) dik olarak alım yapar (Ristau 1999).

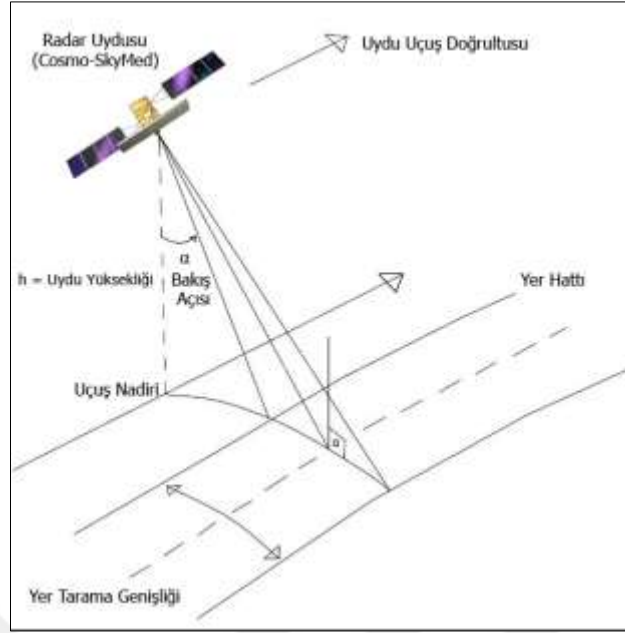


Şekil 2.18 Radar İmpulsları



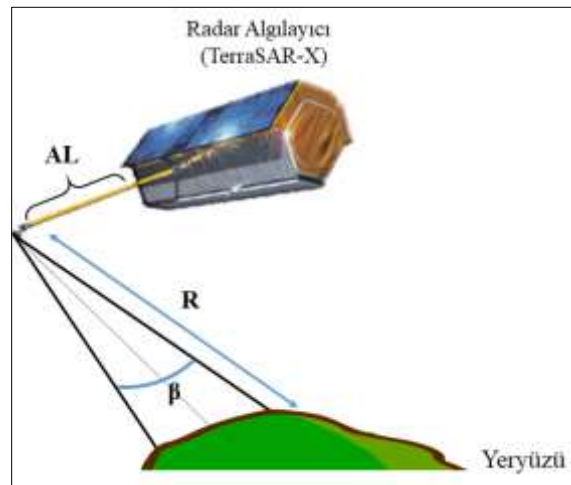
Şekil 2.19 Radar Geometrisi ve mesafe çözünürlüğü (Abdikan 2007 ve Lillesand et al. 2000)

Radar uydularının çalışma geometrisi şekil 2.19’da gösterilmektedir. Sistemin bakış açısı (look angle) uçuş nadiri ile hedef obje arasında kalan açıdır. Depresyon açısı (depression angle), bakış açısının tümleridir ve geliş açısı bakış açısının yer yüzeyi normali ile yapmış olduğu açıdır (Abdikan 2007).



**Şekil 2.20** SAR sistemlerin görüntü alımı

RAR sistemlerinde görüntü alımı fiziksel anten uzunluğuna bağlıdır. Anten boyu arttıkça çözünürlük artmaktadır. Daha yüksek çözünürlük için düşük dalga boylarında çalışılmak zorunda kalınmıştır. 3 km uzunluğunda bir antenin algılayıcıya entegre edilmesi mümkün olmamaktadır. Uydunun eylemsizliği bozulacaktır. İstenilen çözünürlüğün elde edilebilmesi için çok daha uzun antenlere ihtiyaç duyulması bu sistemin yerini yapay açıklıklı radar sistemlerine bırakmasına yol açmıştır. Yeryüzündeki iki nesnenin ayrı ayrı ayırt edilebilmesi anten boyuna ve eğik uzunluğa bağlıdır. Uydunun uçuş yönündeki çözünürlüğüne azimut çözünürlüğü denmektedir (Abdikan 2007).



**Şekil 2.21** Azimut çözünürlüğü

Şekil 2.21’de anten uzunluğu  $AL$ , eğik uzunluk  $R$ , dalga boyu  $\lambda$ , anten ışın genişliği  $\beta$  ve azimut çözünürlüğü  $R_A$  olarak tanımlanmıştır.

$$\beta = \frac{\lambda}{AL} \quad (2.2)$$

$$R_A = \beta \times R \quad (2.3)$$

Anten ışın genişliği, dalga boyu ( $\lambda$ ) ile doğru anten uzunluğu ile ters orantılıdır. Dalga boyu ne kadar büyük olursa anten ışın genişliği o kadar artar.

Yatay mesafe çözünürlüğünde çözünürlük azimut doğrultusuna diktir ve anten uzunluğundan bağımsız olarak hesaplanmaktadır. Çözünürlük yalnızca uydunun görüntü alma açısına ve radar sinyallerinin yüzeye çarpıp geri dönme süresine bağlıdır. Sinyaller yeryüzündeki objelere çarpar ve geri döner arada geçen zaman hesaplanarak algılayıcı ve nesne arasındaki mesafe belirlenmiş olur (Ristau 1999).

Şekil 2.19’da eğik uzaklık  $R$ , ışık hızı  $c$ , nesnenin depresyon açısı  $\theta$ , sinyalin nesneye çarpıp geri dönünceye kadar geçen zaman farkı  $t$  olmak üzere, yer mesafe çözünürlüğü aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$R_S = \frac{ct}{2} \quad (2.4)$$

$$R_{res} = \frac{ct}{2\cos\theta d} \quad (2.5)$$

Gerçek açıklı radar teknolojisindeki fiziksel anten uzunluğu sorunu, geliştirilen SAR (Syntetic Aperture Radar) sistemi teknolojisiyle çözülmüştür. Gerçek fiziksel antenler bir takım matematiksel bağıntılarla yapaylaştırılmıştır. Çok uzun anten etkisi yaratılmıştır. Son derece yüksek çözünürlükler elde edilmiştir (Sefercik 2006).

Bulut, sis, pus gibi etmenlerden etkilenmeden gece ve gündüz görüntü alma özelliğine sahip yapay açıklıklı radar (SAR), optik sistemlerin yeterli olmadığı ya da problemli bölgelerde alternatif/bütünleyici bir sistem olarak kullanılmaktadır.

TerraSAR-X, Cosmo-SkyMed ve SRTM bu sistemin yüksek çözünürlüklü en önemli uyduları arasında yer almaktadır. Çalışmamızda kullanmış olduğumuz SRTM uydusu yapay açıklı radar prensibi ile çalışmaktadır. Bu sistem gelişmiş bir sinyal işleme teknolojisidir.

SAR görüntülerinin oluşması yüzey pürüzlülüğü, dalga boyu, sinyalin geliş açısı ve polarizasyon gibi çeşitli parametrelere bağlıdır. Bu parametreler kullanılan algılayıcıya göre farklılık göstermektedir. İhtiyaca göre kullanmak için farklı özelliklere sahip uydular tasarlanmıştır.

SAR sisteminde detaylar algılayıcının kullandığı bant çeşidine göre farklılık göstermektedir. Radar algılayıcı bantları frekansa ve kullandıkları dalga boyuna göre çeşitli harflerle gösterilmektedir. Bu harflerin özel bir anlamı yoktur tamamen rastgele verilmiş harflerdir (Hussin 2005).

**Çizelge 2.4** Mikrodalga Algılama Sistemi Bantları (Hussin 2005)

| Bantlar   | Frekans (GHz)      | Dalga Boyu (cm)    | Kullanım                             |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|
| <b>P</b>  | <b>0.23-0.39</b>   | <b>133.0-76.90</b> | Hava Radarı                          |
| <b>L</b>  | <b>0.39-1.55</b>   | <b>76.90-19.40</b> | JERS-1 SAR, ALOS PALSAR              |
| <b>S</b>  | <b>1.55-3.90</b>   | <b>19.40-7.69</b>  | Almaz 1 (Rus, Elmas)                 |
| <b>C</b>  | <b>3.90-5.75</b>   | <b>7.69-5.21</b>   | ERS-1/2, RadarSat-1/2, SRTM, Risat-1 |
| <b>X</b>  | <b>5.75-10.90</b>  | <b>5.21-2.75</b>   | TerraSAR-X, COSMO-SkyMed, SRTM       |
| <b>Ku</b> | <b>10.9-18.00</b>  | <b>2.75-1.67</b>   | Askeri Amaçlı                        |
| <b>K</b>  | <b>18.00-26.50</b> | <b>1.67-1.13</b>   | Askeri Amaçlı                        |
| <b>Ka</b> | <b>26.50-36.00</b> | <b>1.13-0.83</b>   | Askeri Amaçlı                        |
| <b>Q</b>  | <b>36.00-46.00</b> | <b>0.83-0.63</b>   | Askeri Amaçlı                        |
| <b>V</b>  | <b>46.00-56.00</b> | <b>0.63-0.53</b>   | Askeri Amaçlı                        |
| <b>W</b>  | <b>56.00-100.0</b> | <b>0.53-0.30</b>   | Askeri Amaçlı                        |

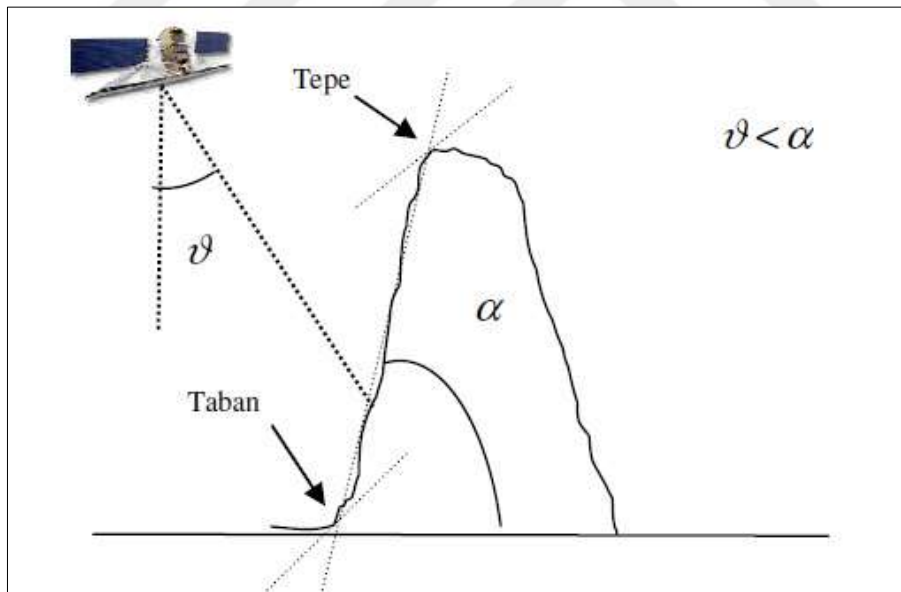
Radar bantlarının dalga boylarının farklı olması, gelen dalgaların nesneyi geçme (penetration) özelliğini değiştirmektedir (Abdikan 2007).

P bandın dalga boyu en yüksektir. Bu nedenle ayırma gücü çok yüksektir. P bant genellikle ağaç yükseklikleri belirlemede kullanılır. Ancak çözünürlük son derece kötüdür. Haritacılık çalışmalarında yani yüksek çözünürlük gerektiren çalışmalarda tercih edilmez. Radar

görüntülerinde nesneler eğik bir şekilde algılanmaktadır. SAR sistemler yan bakışlı bir geometriye sahiptirler. Nesnenin algılayıcıya olan uzaklığı ölçmede yer gerçek uzaklığı yerine aradaki eğik uzaklık ölçüldüğü için geometrik hatalar oluşmaktadır (Abdikan 2007). Bunlar;

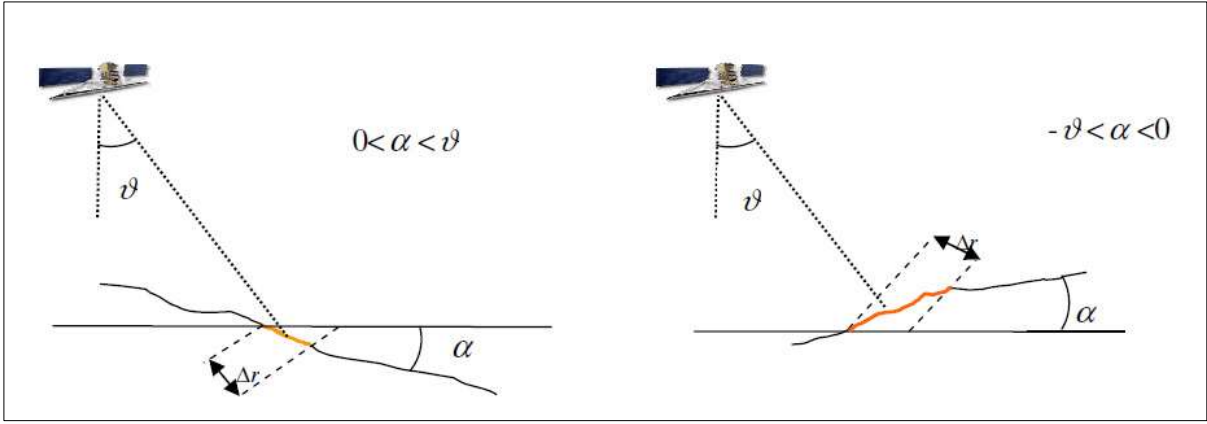
1. Ters görüntüleme (layover)
2. Kısa görüntüleme (foreshortening)
3. Gölge (shadow)

Ters görüntüleme distorsiyonu dik olan topoğrafyaya bağlı olarak ortaya çıkar. Ana sorun kaynağı topoğrafyanın sinyal yayılım doğrultusundan daha eğimli olmasıdır. Sinyal yayılım doğrultusundan daha dik bir dağın yamacındaki vadi ters görüntüleme etkisine uğrar. Dağın tabanı ve tepesi görüntüde yer değiştirir. Sar görüntüsünde ters görüntüleme etkisindeki bölgeler düşük eğim açıları nedeniyle parlak görülürler. Bir görüntüde ters görüntülemenin etkisini anlamsız yerlerde meydana gelen parlaklıklardan anlayabiliriz.



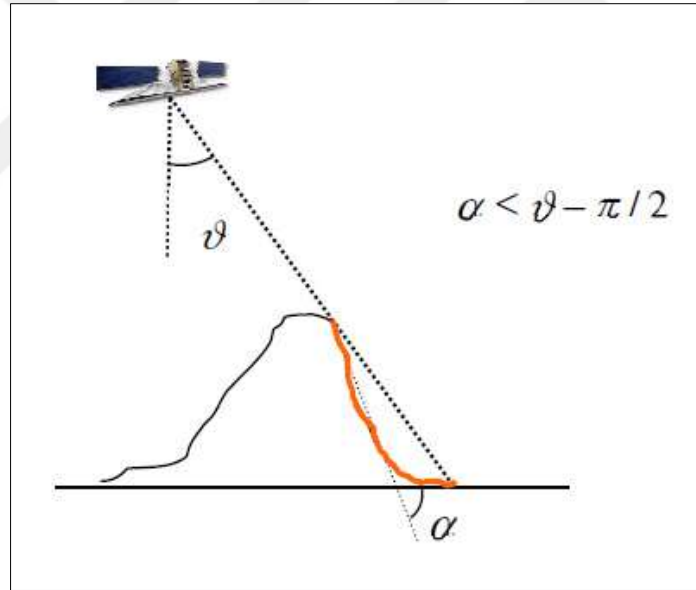
**Şekil 2.22** Ters görüntüleme etkisi (Franceschetti ve Lanari 1999)

Kısa görüntüleme dağlık bölgelerde ortaya çıkan dominant etkidir. Ters görüntülemenin tam tersidir. Dağın tepesi antene yakın olduğundan öne kaydedilir. SAR görüntüsünde tepe ve vadi arasındaki mesafe ortogonal projeksiyondaki halinden daha kısa görülür. Bu da demek oluyor ki dağ yamacındaki mesafeler olması gerekenden daha kısa görülür.



**Şekil 2.23** Kısa görüntüleme etkisi (Franceschetti and Lanari 1999)

Gölge etkisi radar ışınlarının yeryüzünü aydınlatmadığı yerlerde görülür. Geri saçılım kaydedilememesinden görüntüde siyahlıklar meydana gelir. Sar antenin depresyon açısından daha büyü olan objeler sinyali keser ve arkalarındaki alanlarda gölgeler oluşur.



**Şekil 2.24** Gölge etkisi (Franceschetti and Lanari 1999)



**Şekil 2.25** Radar gölge etkisi (URL-7)

Mikrodalga algılama sistemlerinde stereo görüntüler iki farklı teknikten biri tercih edilerek oluşturulabilir. Bu teknikler;

- Radargrametri
- İnterferometri

Radargrametri optik algılama sistemlerindeki stereo değerlendirmenin radar tekniğine uyarlanmış halidir. Arazi çalışması vardır. Araziye köşe yansıtıcıları yerleştirilir.

Köşe yansıtıcıları (corner reflector) yer kontrol noktası (YKN) görevi görür. Gelen sinyal odakta toplanır ve görüntüde parlama yapar.



**Şekil 2.26** Radargrametride kullanılan köşe yansıtıcıları (URL -8)

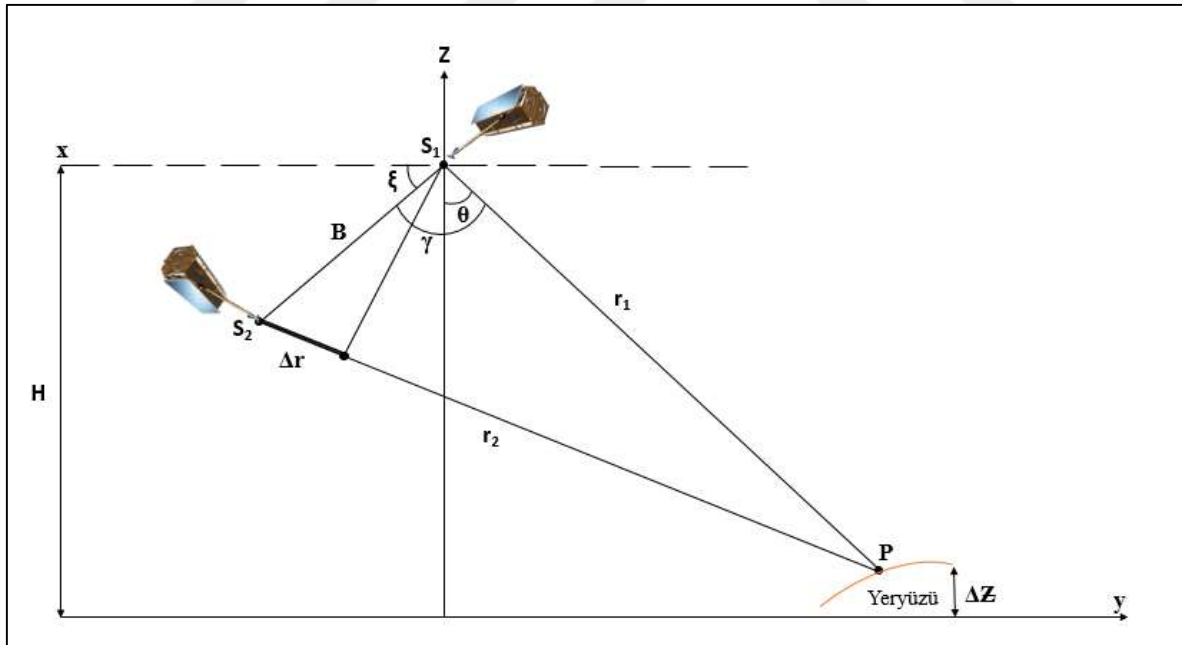
İnterferometrik tekniği ise yapay açıklıklı radar görüntülerini kullanmaktadır. Bu sistemler X ve Y planimetrik konum bilgisi yanı sıra InSAR adı verilen özel bir teknikle yükseklik bilgisi elde edebilmektedir. InSAR ile yükseklik verisi elde edebilmemiz için iki adet SAR görüntüsüne ihtiyacımız vardır. Bu görüntüler eş zamanlı ya da belirli zamanlı aralıklarında elde edilmiş olabilir. Radar interferometri tekniğinin temeli iki farklı radar görüntüsünün fazlarının karşılaştırılmasıdır.

InSAR tekniği yardımı ile herhangi bir bölgeye ait yüksek çözünürlükte sayısal yükseklik modelleri üretilmektedir. Bir bölgede herhangi bir nedenden dolayı (doğal afetler) oluşabilecek yüzey deformasyonları belirlenebilmektedir (Şengün ve Kılıçoğlu 2005).

Şekil 2.27'e göre  $\Delta Z$ 'yi elde etmek için matematik formülleri (Sörgel 2008):

$$r_2 = r_1 - \Delta r \quad (2.6)$$

$$\Delta r = r_2 - r_1 \quad (2.7)$$



Şekil 2.27 InSAR tekniğinin matematiksel ifadesi (Sörgel 2008)

$$\Delta \phi = \phi_1 - \phi_2 = (2\pi / \lambda) \times \Delta r \quad (2.8)$$

$$r_2^2 = r_1^2 + B^2 - 2r_1 \times B \times \cos \gamma \quad (2.9)$$

$$= r_1^2 + B^2 + 2 r_1 \times B \times \sin(\theta - \xi) \quad (2.10)$$

$$\sin(\theta - \xi) = (r_2^2 - r_1^2 - B^2) / (2 r_1 \times B)$$

$$= (r_2 - r_1)(r_2 + r_1) / (2 r_1 \times B) - (B^2 / (2 r_1 \times B)) \quad (2.11)$$

Bu şekilde kabul edersek:  $B \ll r_1$ ,  $2 r_1 + \Delta r \approx 2 r_1$  şeklinde yazılabilir. (2.12)

Bu kısımda:  $(r_2 - r_1)(r_2 + r_1) / (2 r_1 \times B) \approx \Delta r \times (2 r_1 + \Delta r) / (2 r_1 \times B)$

$$\approx (\Delta r \times 2 r_1) / (2 r_1 \times B) \quad (2.13)$$

$$\approx \Delta r / B \quad (2.14)$$

2.10'daki formülü kullanırsak:  $\Delta r = (\Delta \varphi \times \lambda) / 2\pi$  (2.15)

Bu kısımda:  $\sin(\theta - \xi) \approx \Delta r / B \approx (\Delta \varphi \times \lambda) / (2\pi \times B \times P)$  (2.16)

$$\theta = \xi + \arcsin((\Delta \varphi \times \lambda) / ((2\pi \times B \times P))) \quad (2.17)$$

$$\Delta Z = H - r_1 \times \cos \theta \quad (2.18)$$

Sonuç olarak  $\Delta Z$  şu şekilde elde edilir:

$$\Delta Z = H - r_1 \times \cos [\xi + \arcsin ((\Delta \psi \times \lambda) / (2 \pi \times B \times P))] \quad (2.19)$$

Matematiksel ifadedeki harflerin açıklaması

$H$  :  $S_1$ 'den olan yükseklik

$B$  : İki Sar anteni arasındaki baz uzunluğu

$\theta$  :  $S_1$ 'den olan bakış açısı

$\xi$  : Baz uzunluğu eğimi (deklınasyon)

$\lambda$  : Dalga boyu

$\Delta \psi$  : Faz farkı

(Matematiksel ifadelerin açıklaması devam ediyor)

$\pi$  : pi  $\sim 3,1416$

$r_1, r_2$  : Hedef nokta ile sar antenleri arasındaki eğik uzunluk

P : 1,2 (Tek geçiş ve ya tekrarlı geçiş InSAR)

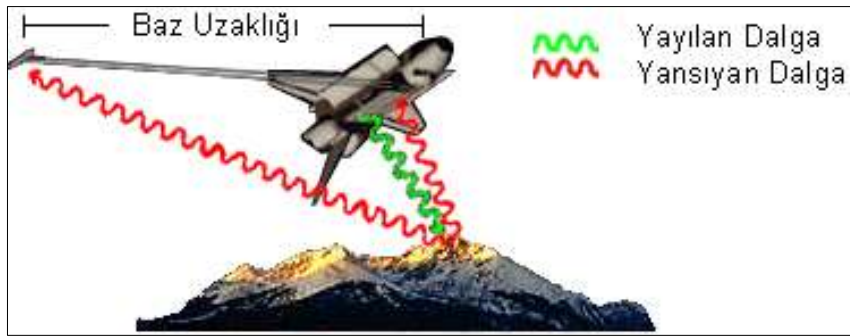
$\Delta Z$  : Hedef noktanın yüksekliği

InSAR tekniği kullanarak ile iki farklı yöntemle stereo modeller üretilmektedir.

- Tek Geçişli InSAR
- Çift Geçişli InSAR,

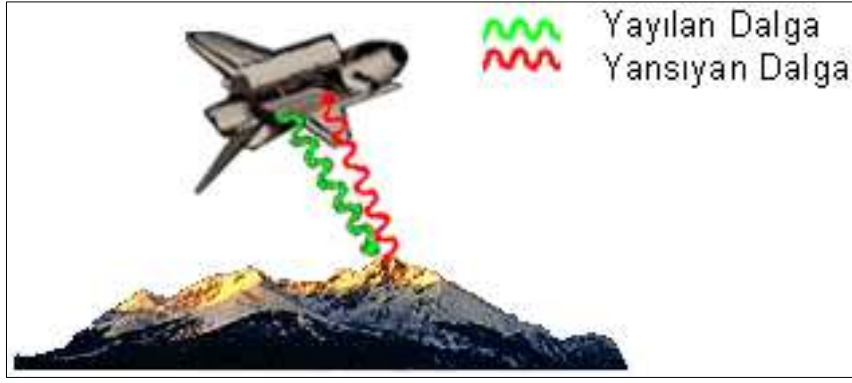
Tek geçişli InSAR tekniğinde taşıyıcı platform gövdesine monteli bir gönderici ve alıcı anten bulunurken yine kendisine monte edilmiş bir direğin ucunda ise yalnızca alıcı anten bulunmaktadır.

Bu sayede aynı noktaya iki farklı açıdan eş zamanlı ölçüm gerçekleştirilir ve stereo görüntü oluşturulmuş olur. Eş zamanlı ölçüm yapıldığı için görüntüler aynı atmosferik etkilere maruz kalmaktadır. En önemli uydu misyonları tez çalışmamızda da verilerini kullanmış olduğumuz SRTM ve buna ek olarak Tandem X misyonudur.



**Şekil 2.28** İki alıcı ile gönderilen ve yansıyan radar dalgaları (Maathuis 2004).

Çift geçişli InSAR tekniğinde taşıyıcı platform veri toplanacak bölgeden farklı zamanlarda iki ya da daha fazla sayıda tekrarlı geçişler yaparak stereo görüntü elde etme yöntemidir. TerraSAR– X uydu misyonu örnek olarak verilebilir.



**Şekil 2.29** Bir tek alıcı ile gönderilen ve yansıyan radar dalgaları (Maathuis 2004)

Radar görüntüleri çok sayıda mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır.

- Göller ve Okyanuslar
  - Göl seviyelerinin belirlenmesi
  - Petrol sızıntılarının tespiti ve zararlarının hesaplanması
  - Okyanus dalgaları ve denizlerin durumu
  - Buzul hareketleri
  - Buz kalınlıkları ve buzul kütlelerinin yaşının belirlenmesi
  - Kasırgaların izlenmesi (Sefercik 2006)
- Sahil
  - Kıyı şeridi erozyonlarının takibi
  - Sulak alanların haritalanması (Sefercik 2006)
- Su yönetimi
  - Drenaj havzalarının geometrisinin oluşturulması
  - Toprak nemi belirlenmesi
  - Yer altı su kaynaklarının tespiti (Sefercik 2006)
- Bitki Örtüsü
  - Mahsul türlerinin belirlenmesi
  - Mahsullerin olgunlaşma sürelerinin tespiti
  - Ormandaki bitki türlerinin sınıflandırılması (Sefercik 2006)

- Jeoloji ve Jeomorfoloji
  - Bölgesel jeomorfoloji
  - Yüzey sondajları (Sefercik 2006)
- Haritalama
  - Arazi kullanım değerlendirmeleri
  - Kentsel değişim analizleri (Sefercik 2006)

## **2.8 SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION (SRTM)**

Yeryüzünün tamamının taranarak 3 boyutlu topoğrafik haritasının çıkarılması amacıyla NASA (National Aeronautics and Space Administration) tarafından yürütülen İtalyan Uzay Ajansı (ASI: Italian Space Agency) ve Alman Uzay Merkezi'nin (DLR: German Aerospace Center) desteği ile gerçekleştirilen uluslararası bir projedir (Sefercik 2006).

Projenin diğer ortakları jet uçuşları laboratuvarı (JPL) ve Amerikan mekânsal bilgi kuruluşudur. Proje kapsamında maddi destek Ulusal Görüntüleme ve Haritacılık Bürosu (NIMA: National Imagery and Mapping Agency), ASI ve DLR tarafından sağlanmıştır.

Bu görev için 13,6 tonluk uzay mekiği Endeavour 11 Şubat 2000 tarihinde uzaya fırlatılmış ve 11 gün süresince 60° kuzey ve 56° güney enlemleri arasındaki bölgelerin (kutup bölgeleri hariç) tamamını tarayarak tüm Dünya üzerinde 3B'lu veri toplamayı başarı ile gerçekleştirmiştir. Uydu 233 km yörünge yüksekliği ve 57° eğimle uçurulmuştur (Koch and Lohmann 2000).

Algılayıcı sistem uzay mekiğinin ana gövdesine yerleştirilmiş bir radar anteni ile bu ana gövdeye entegre edilmiş 60 m uzunluğundaki başka bir radar anteninden oluşmaktadır. Bu sayede farklı konumlardaki antenler yardımı ile aynı ölçüm noktasına eş zamanlı gözlemler yapılabilmekte ve veri toplanabilmektedir. Sistem iki algılayıcı ile tek geçişli InSAR tekniğini kullanarak çalışmaktadır. Eş zamanlı yapılan ölçümler sonucunda, stereoskopik görüş sağlanmakta ve yeryüzünü 3 boyutlu modellemek mümkün olmaktadır.

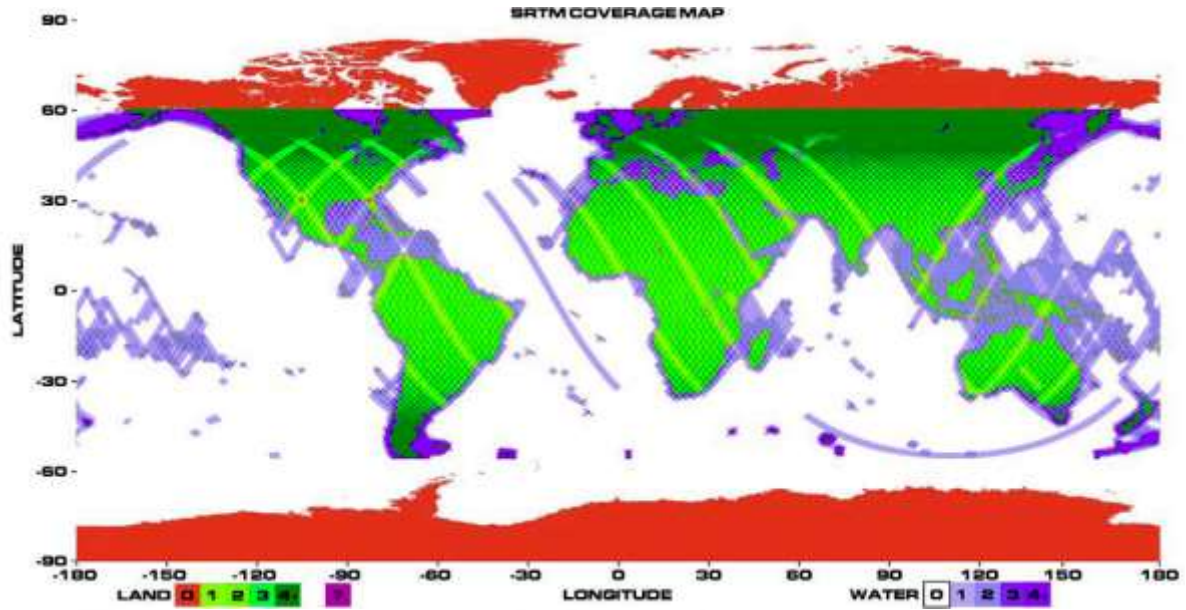
Radar sinyallerinin alınması sırasında yansıma, gölgelenme ve saçılma gibi meydana gelen olaylar birtakım veri boşluklarının oluşmasına sebep olmuştur (Bildirici ve Üstün vd. 2008).

SRTM uydu misyonu için yeryüzünün %80'inin görüntülenmesi hedeflenmiş ancak %99.96'sı bir kez, %64.59'u iki kez ve yaklaşık %50'si üç ya da daha çok kez görüntülenebilmiştir (Rodríguez et al. 2006).

Global olarak üretilen bu modeller internet üzerinden ücretsiz olarak kullanıcılara sunulmaktadır.

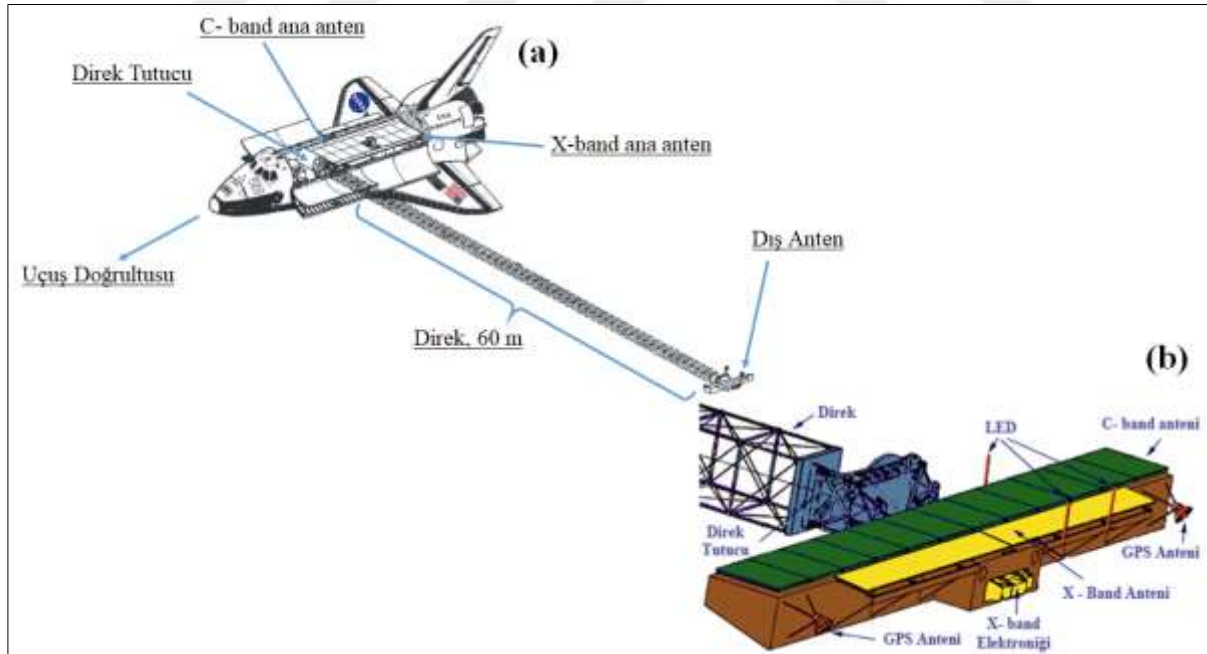


**Şekil 2.30** Endeavour uzay mekiği ve SRTM çalışma prensibi (URL-9)



**Şekil 2.31** SRTM Uydu görüntüleri kapsama alanı (URL 10)

Şekil 2.31’de görüldüğü gibi SRTM uydusu 60° kuzey ve 56° güney enlemleri arasında kalan bölgelerin ölçümünü gerçekleştirmiştir. Kırmızı alanlar hiç görüntülenmemiş kutup bölgelerini göstermektedir. Okyanus sularının kapladığı alanlarda değerlendirmeye katılmamıştır.



**Şekil 2.32** (a) SRTM için kullanılan uzay mekiği donanımı (b) SRTM dış anten donanımı (Karataş 2008).



**Şekil 2.33** 60 m uzunluğundaki SRTM alıcı direği (NASA)

#### **C-SRTM (C Band) : NGA-SRTM**

- Dalga Boyu: 5,3 cm
- 10 metre bağıl düşey doğruluk
- Yükseklik Birimi: metre
- Yatay Datum: WGS84
- Düşey Datum: WGS-84 EGM96 Geoid (Saygılı 2008).

#### **X-SRTM (X Band) : Almanya ve İtalya uzay ajansları tarafından tasarlanmıştır.**

- Dalga Boyu: 3,1 cm
- 6 metre bağıl düşey doğruluk
- Yükseklik Birimi: metre
- Yatay Datum: WGS-84
- Düşey Datum: WGS-84 EGM96 Geoid (Saygılı 2008)

**Çizelge 2.5** SRTM özellikleri (Abdikan 2007)

|                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| Dalga Boyu        | C-X                   |
| Geçiş             | Tek                   |
| Yörünge Doğruluğu | +                     |
| Geliş Açısı       | 20° - 60°             |
| Çözünürlük        | 30m - 90m - 1km       |
| Tarama Genişliği  | 225 km                |
| Scan Sar Modülü   | Var                   |
| Polarizasyon      | VV/HH - VV/VH - HH/HV |

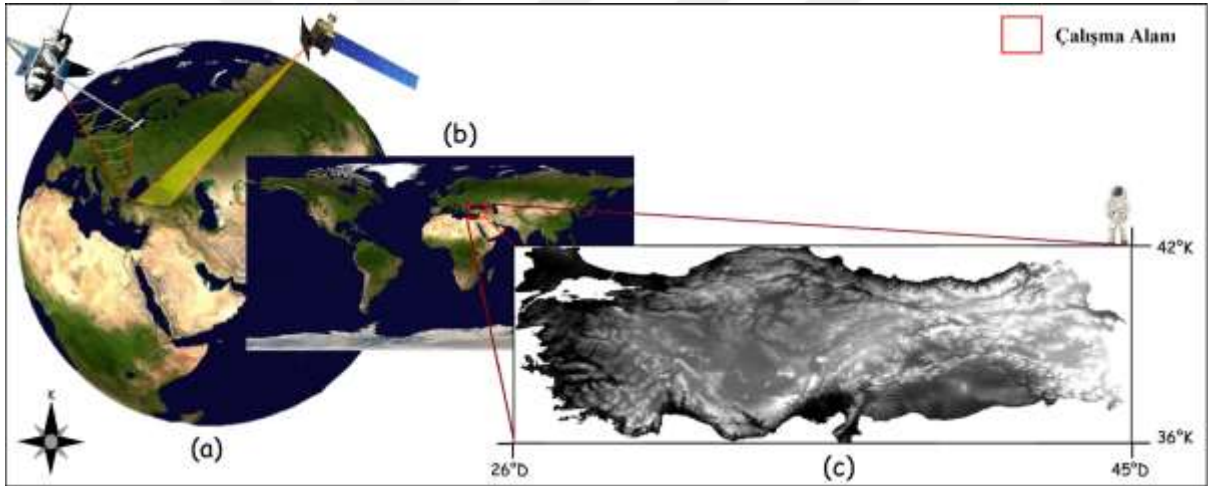


## BÖLÜM 3

### ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİ SETLERİ

#### 3.1 ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı 2016 Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 79.51 milyon nüfusu ile Dünya nüfus sıralamasında 19. Ülke olan Türkiye olarak belirlenmiştir. Bu bölge 783.562 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır.



**Şekil 3.1** (a) Dünya, (b) Dünya haritası (kırmızı çerçeve Türkiye), (c) Türkiye haritası (SRTM ile üretilmiş Türkiye mozaïği)

Türkiye, resmi adıyla ifade etmek gerekirse Türkiye Cumhuriyeti, Kuzey Yarımkürede, Asya ve Avrupa kıtaları arasında, kuşbakışı görünümü kabaca doğu-batı doğrultusunda bir dikdörtgeni andıran Anadolu platosu ve Trakya yarımadası üzerinde kurulmuştur. Akdeniz, Karadeniz, bu iki denizi boğazlar vasıtasıyla birbirine bağlayan Marmara Denizi ve Ege Denizi ile çevrilidir. Eski çağın başlıca uygarlık alanları olan Akdeniz dünyası, Balkanlar, Ortadoğu ve Uzakdoğu göç ve ticaret yollarının kesişim noktasında bulunan Türkiye coğrafyası pek çok medeniyete ev sahipliği yapmıştır (URL-9).

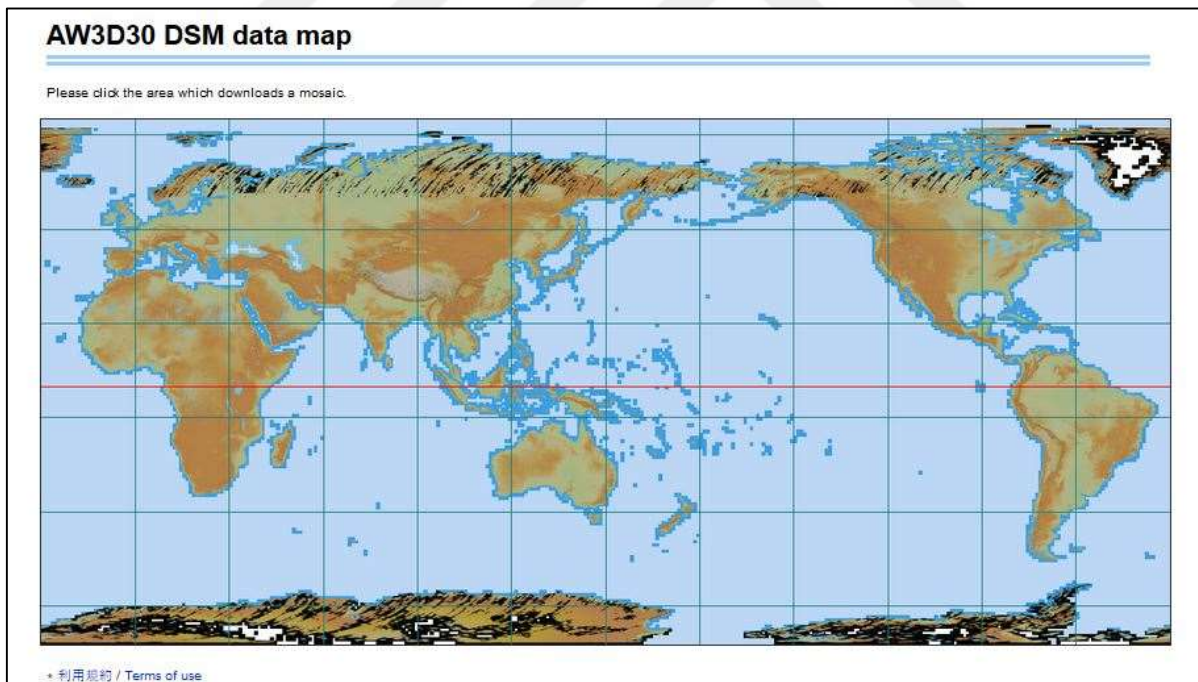
Türkiye, 36° - 42° Kuzey paralelleri ile 26° 45° Doğu meridyenleri arasında yer alır. Diğer bir ifadeyle, Türkiye Ekvator'un kuzeyinde ve Greenwich'in doğusunda bulunan bir ülkedir. Avrupa, Asya ve Afrika kıtalarının kesişim noktasında bulunan Türkiye: Batıda Bulgaristan ve Yunanistan; doğuda İran, Gürcistan, Ermenistan ve Nahçıvan; güneyde ise Irak ve Suriye ile komşudur (URL-15).

### 3.2 VERİ SETLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Elde edilen bütün veri setleri internet ortamından ücretsiz olarak elde edilmiştir.

#### a) ALOS AW3D Verilerinin Elde Edilmesi

ALOS AW3D30 verileri ile tüm Dünya'nın DYM'leri elde edilebilmektedir. İnternet üzerinden ücretsiz olarak bu veriler kullanıcılara sunulmaktadır. Türkiye'yi içine alacak şekilde bütün veriler indirilmiştir.



Şekil 3.2 ALOS AW3D30 sayısal yüzey modellerinin elde edilmesi (URL-16)

## b) SRTM Veri Setlerinin Elde Edilmesi

SRTM C-band verileri internet üzerinden kullanıcılara sunulmuştur. OpenTopography sitesinden tüm Türkiye için coğrafi koordinatlı WGS84 datumlu veriler indirilmiştir.



Şekil 3.3 SRTM C-band coğrafi koordinatlı verilerinin elde edilmesi (URL-17)

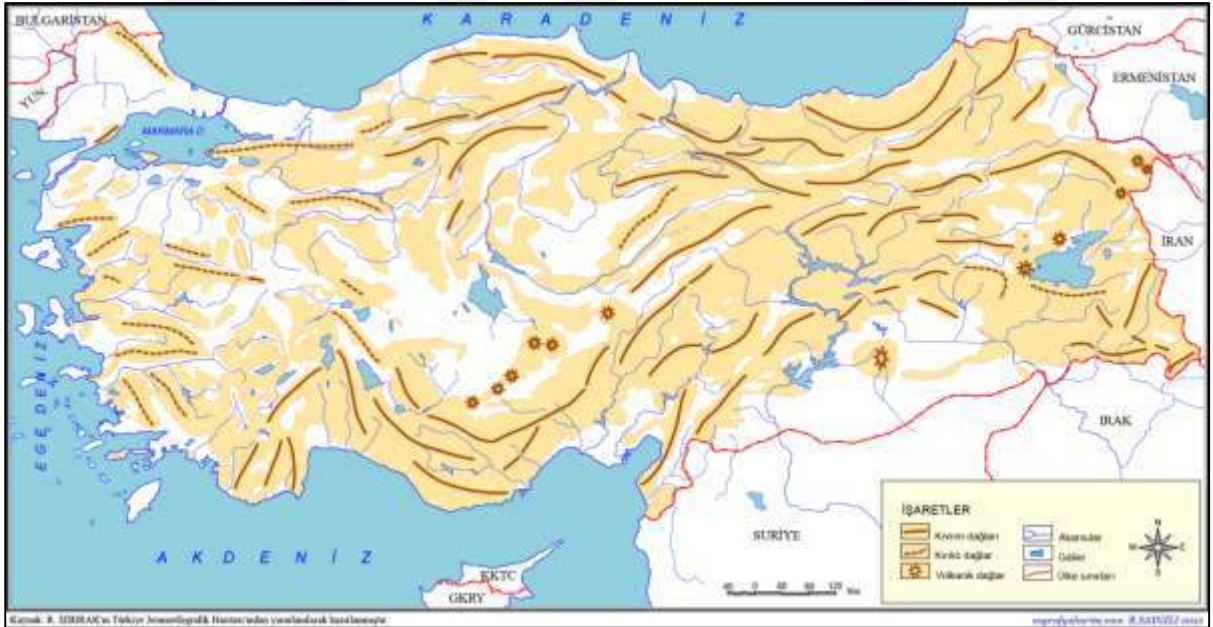
## c) Sınıflandırma Veri Setlerinin Elde Edilmesi

Türkiye orman varlığı haritası Orman Genel Müdürlüğü verilerine dayanarak R. Saygılı tarafından hazırlanmıştır. Kendi sitesinde kullanıcılara ücretsiz olarak sunulmaktadır (URL-17).



**Şekil 3.4** Türkiye orman varlığı haritası (URL-17)

Türkiye eğim (dağ) haritası Prof. Dr. Reşat İzbirak jeomorfolojik haritasından yararlanarak R. Saygılı tarafından hazırlanıp kendi sitesinde kullanıcılara ücretsiz olarak sunulmaktadır (URL-17).



**Şekil 3.5** Türkiye dağlık topoğrafya haritası (URL-17)

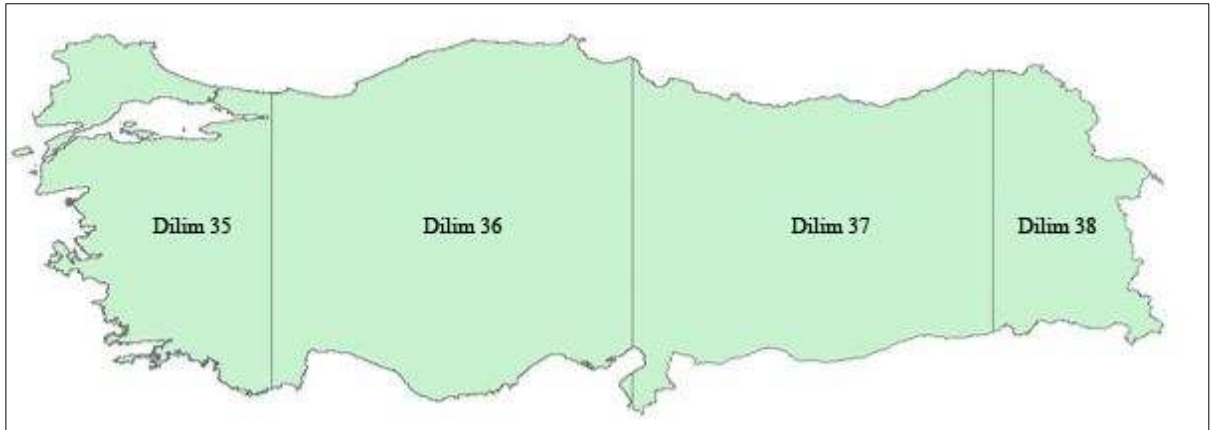
Türkiye su varlığı haritasına R. Saygılı tarafından hazırlanmış olup kendi sitesinde ücretsiz olarak paylaşılmaktadır (URL-17).



Şekil 3.6 Türkiye Su varlığı haritası (URL-17)

#### d) Türkiye Şekil Dosyasının Temin Edilmesi

Coğrafi koordinatlı Türkiye şekil dosyası internet üzerinden ücretsiz olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.7 Türkiye Şekil dosyası (URL- 18)

**Çizelge 3.1** Çalışmada kullanılan veri setleri

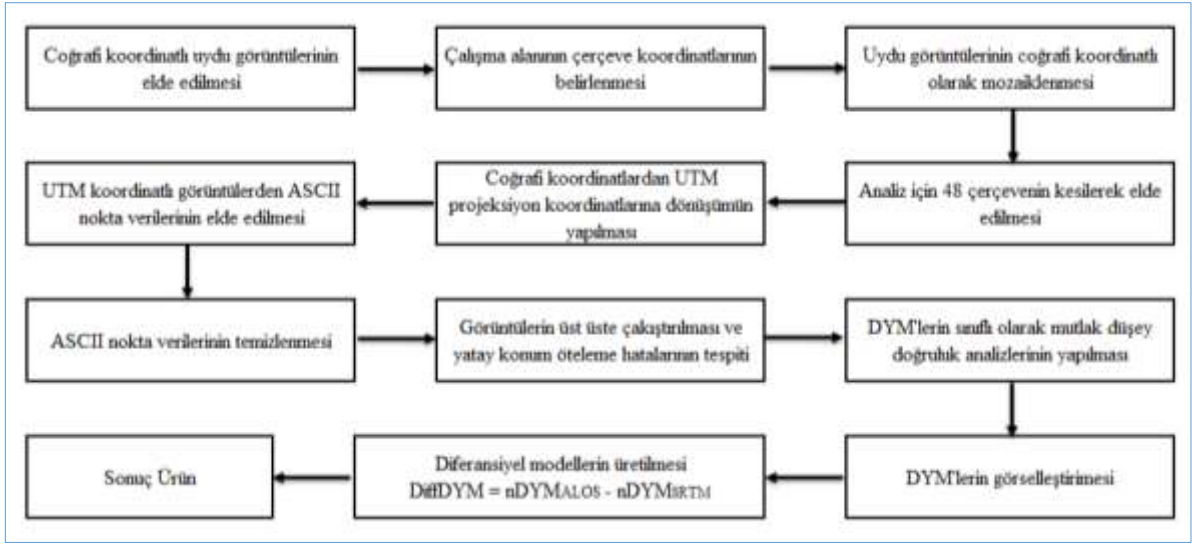
| Uydu Görüntüleri Veri Setleri                                               | Sınıflandırma Veri Setleri                |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| SRTM C-Band, Coğrafi Koordinatlı.WGS84 Datumlu Türkiye Dijital Yüzey Modeli | Türkiye Orman Varlığı Haritası            |
| ALOS AW3D Coğrafi Koordinatlı.WGS84 Datumlu Türkiye Dijital Yüzey Modeli    | Türkiye Dağlık (Eğim) Topoğrafya Haritası |
| <b>Diğer Veri Setleri</b>                                                   | Türkiye Su Varlığı Haritası               |
| Türkiye Coğrafi Koordinatlı Şekil Haritası                                  | Türkiye Açık ve Eğimsiz Alanlar Haritası  |

Çalışmada kullanılan veri setleri ücretsiz olarak indirildikten sonra direk olarak analizlerde kullanılamamaktadır. İndirilen toplam veri boyutu çok büyüktür. Verilerin elde edilmesinden sonra veri setlerinin analizler için hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Her veri seti için ayrı ayrı işlemler yapılmış uzun süren çalışmalar sonucunda veri setleri analiz için hazır hale getirilebilmiştir. Veri setlerinin hazırlanışı uygulama kısmında detaylı olarak anlatılacaktır.

## BÖLÜM 4

### METODOLOJİ

**Çizelge 4.1** Türkiye Diferansiyel yüzey modeli üretimi işlem adımları



#### i. Sınıflandırma Haritalarının Oluşturulması

Sınıflandırma veri setlerinin temin edilmesini önceki başlıklarda anlatmıştık. Elde edilen haritalar raster (fotoğraf) formatındadır. Üzerinde sadece resim koordinatları bulunmaktadır. Çalışmamızı yapabilmek için UTM koordinatlarına sahip görüntülere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple elimizdeki raster görüntüsünü Netcad 5.2 programında sayısallaştırıyoruz. Elimizde coğrafi koordinatlı Türkiye vektör haritası bulunmaktadır. Harita koordinatlarını vektör dosyadan alıp resim koordinatlarımızla karşılaştırıyoruz.



Şekil 4.1 Türkiye haritası sayısallaştırma

Kırk dokuz noktadan polinom dönüşümü yapılarak görüntüler sayısallaştırılmıştır. Bazı durumlarda görüntüler tam olarak oturmadiğı için aynı görüntü üzerinde birden fazla dönüşüm yapılmak zorunda kalınmıştır. Coğrafi olarak koordinatlandırılan bütün görseller ArcGIS programının ArcMap modülünde sadece Türkiye sınırlarını kalacak şekilde kesilmiştir. Şekil 4.2 'de raster dönüşüm sonuçlarına yer verilmiştir.

Raster Dönüştür [C:\Users\UmtGokmen\Desktop\4jturkiye-dilsiz-daglar-haritasi.DRE]

Ayarlar

Dönüşüm Yöntemi: Polinom Dönüşümü Polinom Derecesi: 4. derece

Enterpolasyon Yöntemi: Bilineer

Arka fon Rengi: [Black]

Örnekleme Aralığı: 1.00

☒ Dönüşüm sonrasında farklı dosya olarak kaydet

Karelej Göster

Noktalar

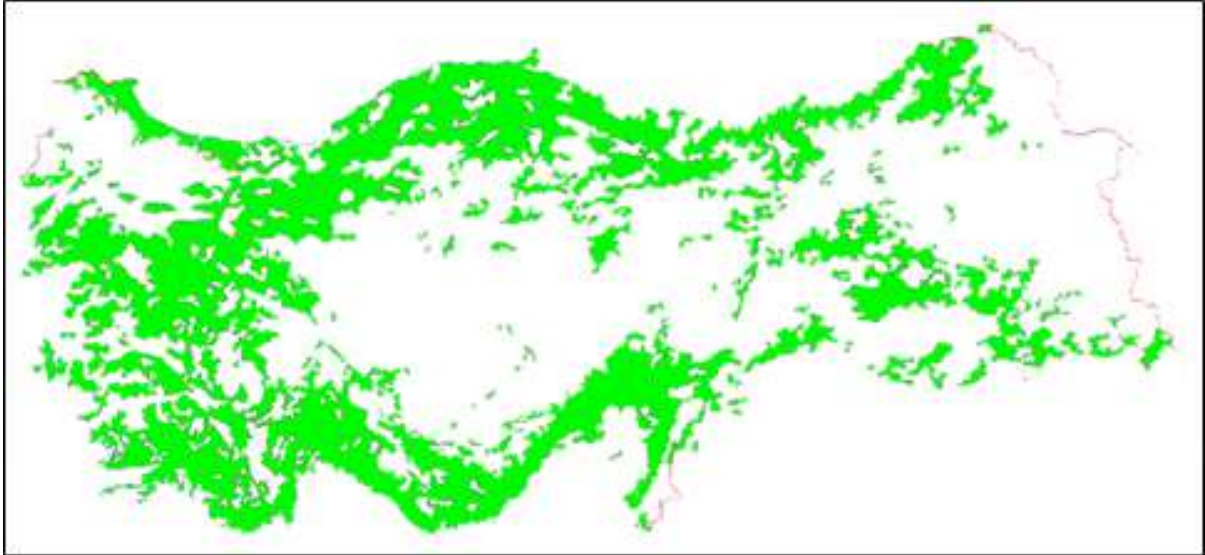
| No | Hata Y | Hata X | Resim Koordinatları | Harita Koordinatları |
|----|--------|--------|---------------------|----------------------|
| 38 | 0.0297 | 0.0299 | 1060.7310, 264.5987 | 37.0927, 36.6342     |
| 39 | 0.0179 | 0.0545 | 1557.9979, 364.6481 | 42.3681, 37.1084     |
| 40 | 0.0315 | 0.0358 | 1741.9713, 372.0273 | 44.3121, 36.9609     |
| 41 | 0.0397 | 0.0086 | 1532.6344, 896.9929 | 42.8380, 41.5785     |
| 42 | 0.0312 | 0.0359 | 1501.7022, 876.8558 | 42.5206, 41.4321     |
| 43 | 0.0095 | 0.0222 | 1419.0401, 881.3852 | 41.5569, 41.5348     |
| 44 | 0.0105 | 0.0518 | 1446.7829, 871.1940 | 41.8420, 41.4378     |
| 45 | 0.0494 | 0.1145 | 1220.1590, 278.2031 | 38.7315, 36.7142     |
| 46 | 0.0212 | 0.0171 | 293.0616, 239.4668  | 28.8485, 36.5920     |
| 47 | 0.0028 | 0.0328 | 138.2290, 466.1384  | 27.1632, 38.4624     |
| 48 | 0.0032 | 0.0113 | 130.2653, 521.8388  | 27.0422, 38.8965     |
| 49 | 0.0016 | 0.0305 | 116.6133, 545.3204  | 26.8827, 39.0725     |

Ortalama Hata, m0 : 0.07024416

Dönüştür

Şekil 4.2 Sayısallaştırma sonuç ekranı

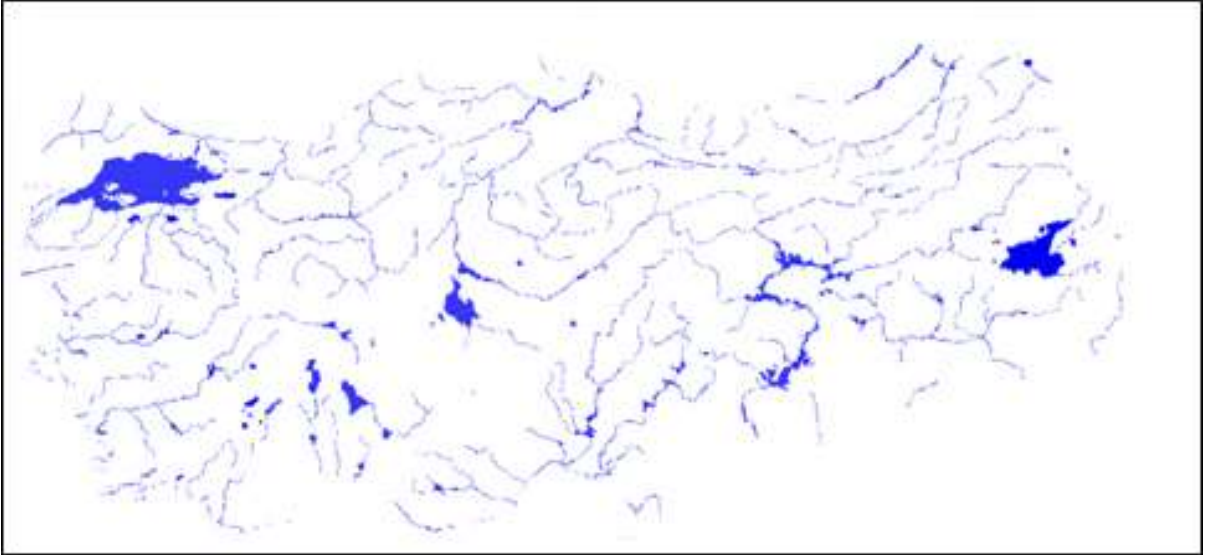
Görüntüler üzerinden metrik anlamda yorum yapabilmek için haritalarda projeksiyon dönüşümü yapmak gerekir. Bunun için bütün sınıflandırma haritaları ilk önce coğrafi olarak sayısallaştırılmıştır. Daha sonra UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyonuna dönüşüm yapılabilmesi için sınıflandırma haritaları dört ayrı dilime ayrılmıştır. Envi programında coğrafi koordinatlı Türkiye mozaïği dört parça olacak şekilde kesilmiştir ve gerekli tanımlamalar (30 m grid aralığı) yapılarak UTM dönüşümü gerçekleştirilmiştir. UTM koordinatlı haritalar Adobe Photoshop CS5 programında temizlenmiş ayrı ayrı sınıflar elde edilmiştir. Elde edilen orman varlığı, eğimli alanlar ve su varlığı sınıflandırma haritaları Netcad 7.6 yazılımında açılmıştır. Raster formattaki görüntülere gerektiği kadar saydamlık verilerek açık ve eğimsiz alanlar tespit edilmiş tüm Türkiye için manuel vektörleştirme işlemi yapılarak kapalı alanlar elde edilmiştir.



**Şekil 4.3** Temizlenmiş Türkiye orman varlığı haritası



**Şekil 4.4** Temizlenmiş Türkiye dağlık topoğrafya haritası



**Şekil 4.5** Temizlenmiş Türkiye su varlığı haritası



**Şekil 4.6** Türkiye düz ve açık alanlar haritası

Sınıflı veri analizleri her bir dilim için ayrı ayrı gerçekleştirilecektir. Netcad 5.2 yazılımında sınıflar içeride kalacak şekilde çerçeve geçirilmiş ve bu çerçevenin UTM projeksiyon koordinatları elde edilmiştir. BLUH (Bundle Block Adjustment Leibniz University Hannover) yazılımı için görüntüler Adobe Photoshop CS5 yazılımında siyah ham veri formatına dönüştürülmüştür.



**Şekil 4.7** Zone 35, orman sınıfı alanlar (örnek)

Sınıflı veri analizlerinde 100 m grid aralığı belirlenmiştir. Koordinatta karşılık gelen piksel değeri 100 m grid aralığına göre hesaplanmıştır. Analizlerde hesaplanan bu değerler programa tanıtılarak işlemler yapılmıştır.

## **ii. Uydu Görüntü Verilerin Hazırlanışı**

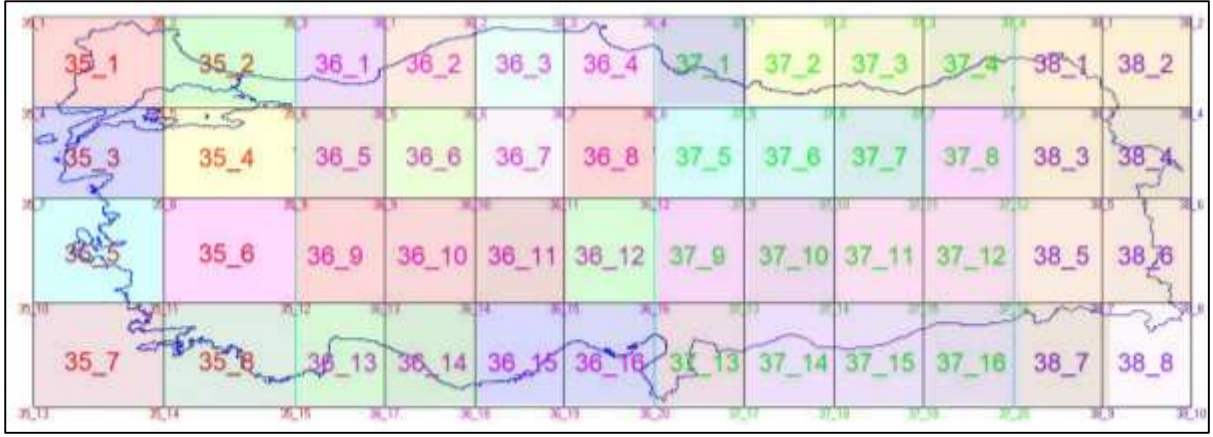
Çok yüksek boyutlu uydu görüntülerini tek seferde programlarda değerlendirmek zor olmaktadır. Kullanılan bilgisayarlar donanım olarak güçlü olabilir. Ancak bazı programların veri işleme kapasitesi yeterli olmayabilir. Programlar işlem sırasında veriyi işleyemeyebilir. Bu nedenlerle verilerin daha küçük işlenebilir boyutlara indirgenmesi gerekmektedir. Bu sebeple görüntülerin birtakım işlemlerden geçmesi gerekmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda programların işlem yapma kapasitesini de göz önünde bulundurarak Türkiye'nin kırk sekiz ayrı parçaya ayrılarak değerlendirilmesi gerektiğine karar verilmiştir.

## **iii. Çalışma Alanın Çerçeve Koordinatlarının Belirlenmesi**

Çalışma alanı tüm Türkiye olduğu için veri boyutu çok büyük olmaktadır. Kendi bilgisayarlarımızda rahatlıkla çalışabilmemiz için veri boyutunu düşürmemiz gerekmektedir. Bunun içinde Türkiye'yi parçalara ayırıp çalışmak en doğru seçenektir.

İlk olarak indirmiş olduğumuz Türkiye vektör dosyasını Netcad 5.2 (5.2 ve üstü sürümlerde kullanılabilir) programında açıyoruz. Vektör dosyasının projeksiyonu coğrafi ve datumu WGS-84 olduğu için direk olarak tüm Türkiye'yi koordinatlı bir şekilde elde etmiş bulunmaktayız. Netcad 5.2 programında tüm Türkiye'yi içine alacak şekilde bir çerçeve geçiriyoruz. Türkiye şekil 4.7 'de görüldüğü gibi Türkiye dört farklı dilime girmektedir. Bu dilimleri dikkate alarak programda çalışabilecek makul büyüklüğe indiriyoruz ve Türkiye'yi çerçevelere ayırıyoruz.

Sonuç olarak bakıldığında dilim 35-8 parça, dilim 36-16 parça, dilim 37-16 parça, dilim 38-8 parçaya ayrılmış durumdadır. Toplamda bu çalışmada şekil 4.15'te görüldüğü gibi kırk sekiz ayrı çerçeve elde edilmiştir.

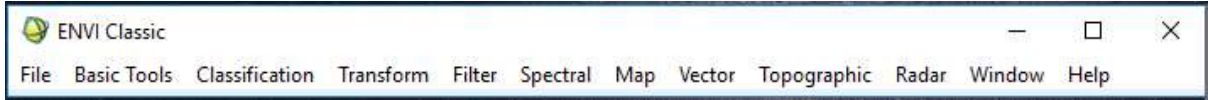


**Şekil 4.8** Türkiye vektör dosyası ve çalışma alanı çerçeveleri

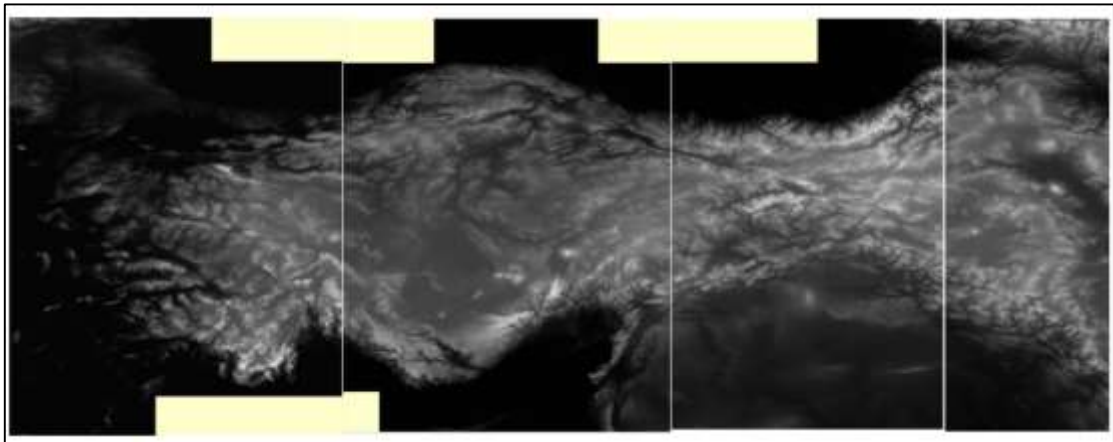
Ayrılan her bir çerçevenin koordinatlarına ihtiyacımız olduğu için Netcad 5.2 programında her bir çerçeve köşesine nokta atıyoruz ve çerçeveleri koordinatlandırıyoruz. Çerçeve koordinatlarını sonraki işlem adımlarında koordinatlı görüntü keserken kullanacağız.

#### **iv. Uydu Görüntülerinin Mozaiklenmesi**

İndirmiş olduğumuz görüntüleri ENVI Classic 5.3 programında açıyoruz. Görüntüler koordinatlı olduğu için georeferanslı mozaik yapma yöntemini kullanıyoruz.

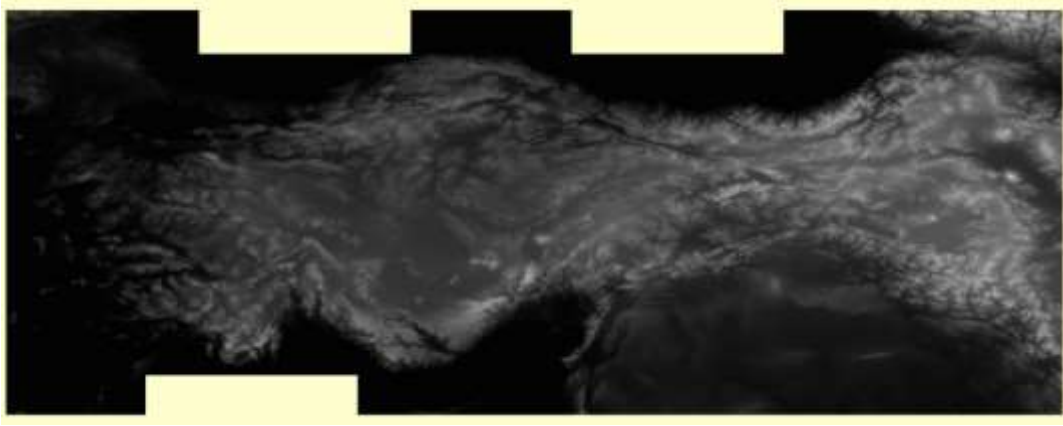


**Şekil 4.9** ENVI 5.3 programı araçları

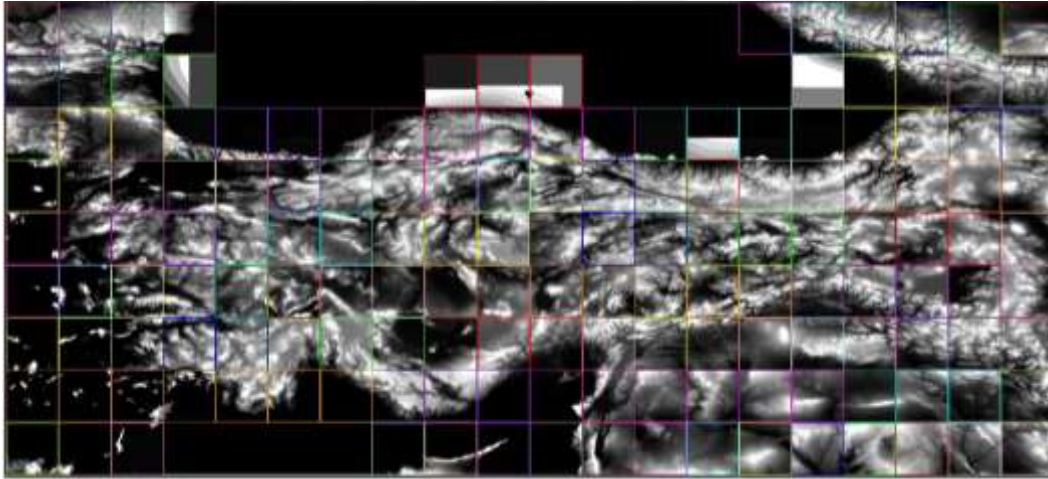


**Şekil 4.10** İndirilen SRTM yüzey modellerinin mozaiklenmesi (SRTM C-band Coğrafi Koordinat Sistemi,WGS84 Datumu)

Dört parça SRTM yüzey modeli Envi programında mozaikleniyor.

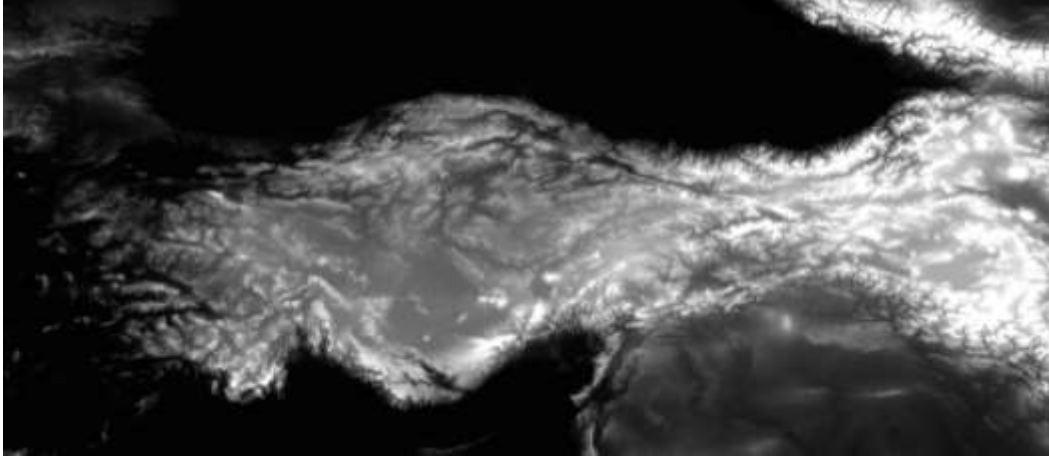


**Şekil 4.11** SRTM Türkiye dijital yüzey modeli (SRTM C-band, Coğrafi Koordinat Sistemi, WGS84 Datumu)



**Şekil 4.12** İndirilen SRTM yüzey modellerinin mozaiklenmesi (SRTM C-band Coğrafi Koordinat Sistemi, WGS84 Datumu)

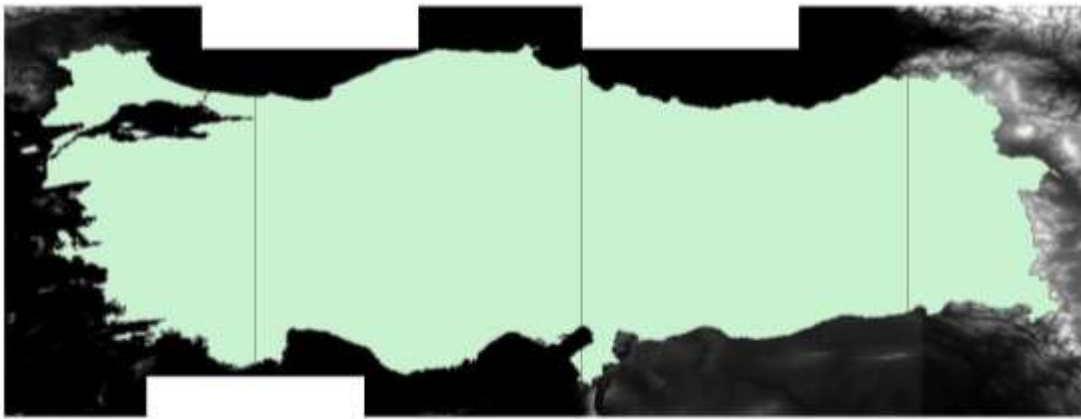
179 parça ALOS AW3D yüzey modeli ENVI programında mozaikleniyor.



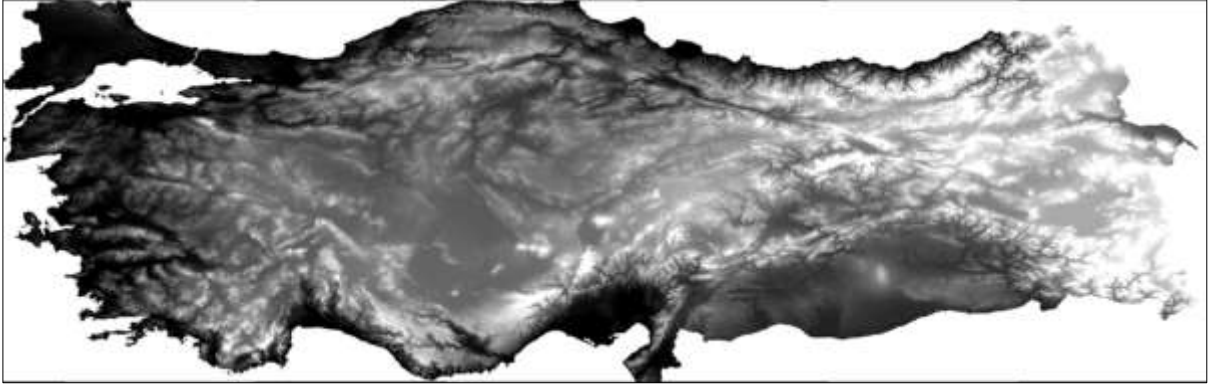
**Şekil 4.13** ALOS Türkiye dijital yüzey modeli (SRTM C-band, Coğrafi Koordinat Sistemi, WGS84 Datumu)

#### **v. Çalışma alanı Türkiye'nin ham görüntü mozaiklerinden kesilip elde edilmesi**

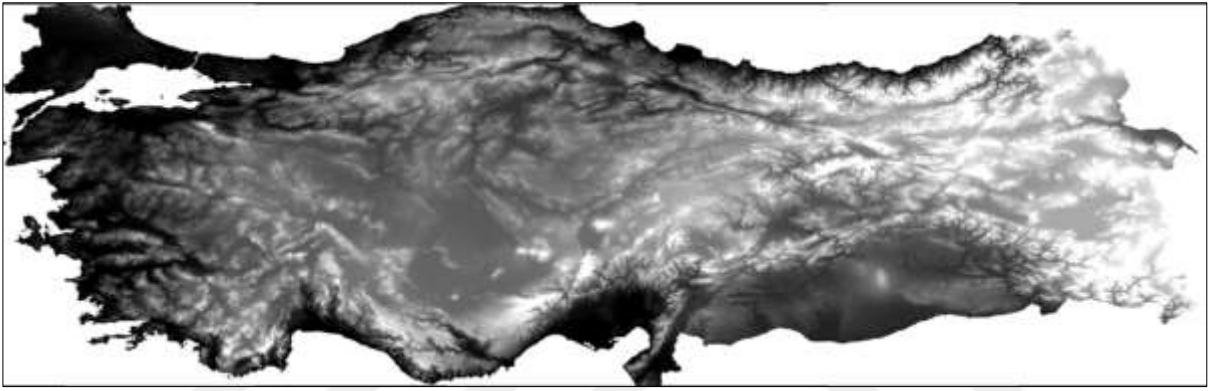
Türkiye'nin kesilmesi işlemlerini ArcGIS 10,3 yazılımında ArcMap modülünü kullanarak yapıyoruz. İlk olarak kesilecek olan uydu görüntümüzü programa tanıtıyoruz ve daha sonra hangi sınırlardan kesileceğini söyleyebilmemiz için daha önceden indirmiş olduğumuz Türkiye şekil dosyasını da programa tanıtıyoruz. ArcGIS programında her iki görüntüde aynı koordinat sistemine sahip olduğu için şekil 4.19'da görüldüğü gibi üst üste çakışmak zorundadır. Daha sonra ham görüntü içerisinden sadece Türkiye sınırlarını içeren görüntüyü kesip alıyoruz ve koordinatlı görüntüyü dışa aktarıp elde ediyoruz.



**Şekil 4.14** Çakıştırılmış Türkiye şekil dosyası ve Türkiye uydu görüntüsü mozaığı



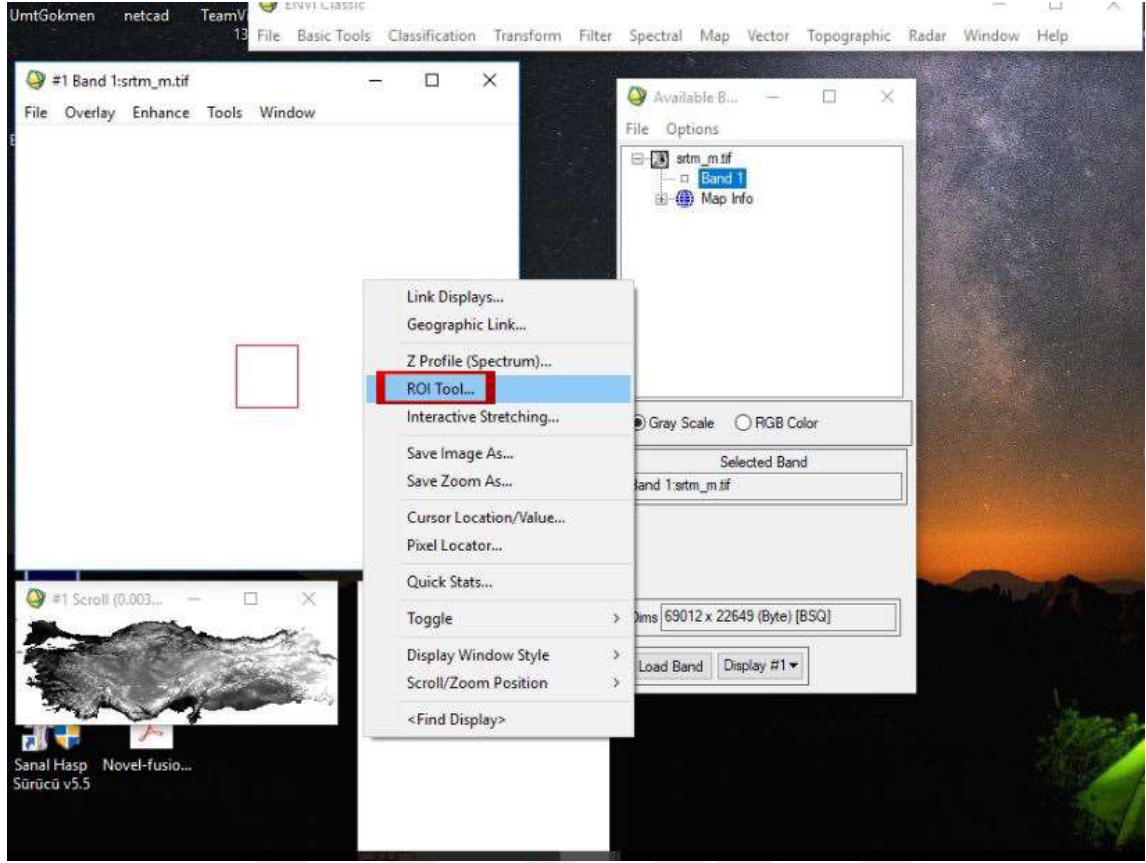
**Şekil 4.15** Çalışmada kullanacağımız Türkiye dijital yüzey modeli (SRTM C-band, Coğrafi Koordinat Sistemi, WGS84 Datumu)



**Şekil 4.16** Çalışmada kullanacağımız Türkiye dijital yüzey modeli (ALOS AW3D, Coğrafi Koordinat Sistemi, WGS84 Datumu)

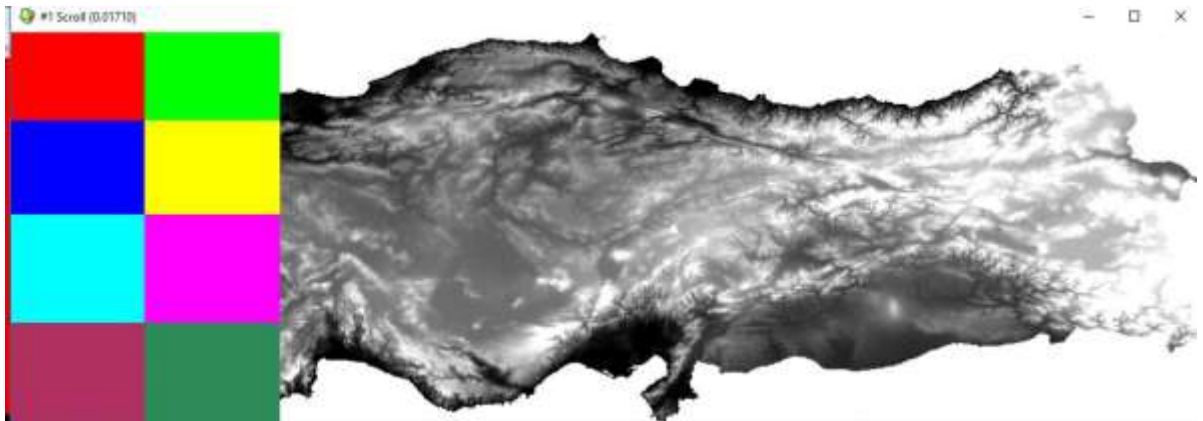
#### **vi. Uydu görüntülerinin koordinatlı olarak kesilmesi**

Uydu görüntülerinin koordinatlı olarak kesilmesi işlemlerini ENVI Classic 5,3 programında ROI aracı ile yapıyoruz. Daha önceki çalışmamızda çerçeve koordinatlarını elde etmiştik. Elde etmiş olduğumuz koordinatlı çerçeveleri programa tanıtıyoruz ve ilgili koordinatlardaki görüntülerin kesilmesini sağlıyoruz. Her iki uydu görüntüsü içinde aynı işlemleri tekrarlıyoruz. Kesim işlemi sonucunda georeferanslı görüntüleri elde ediyoruz. Yapılan işlemler sonucunda elimizde toplamda doksan altı tane coğrafi koordinatlı uydu görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 4.17 Envi programında ROI ekranı görüntüsü

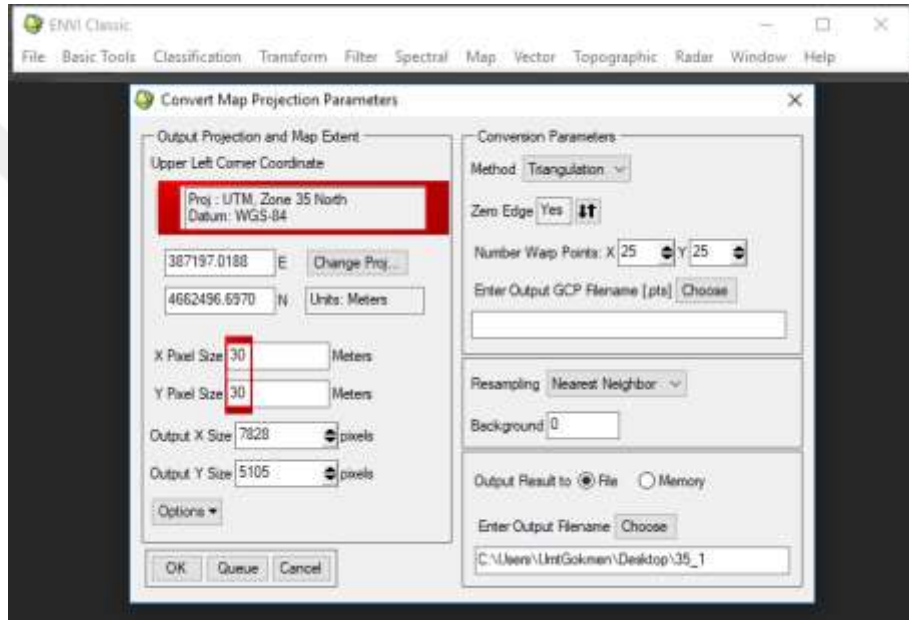
Şekil 4.18’de görüldüğü gibi yaptığımız işlem sırası doğru ise kesmek için belirlediğimiz alanlar program tarafından renklendirilmektedir.



Şekil 4.18 Envi programında seçilen ROI’ler

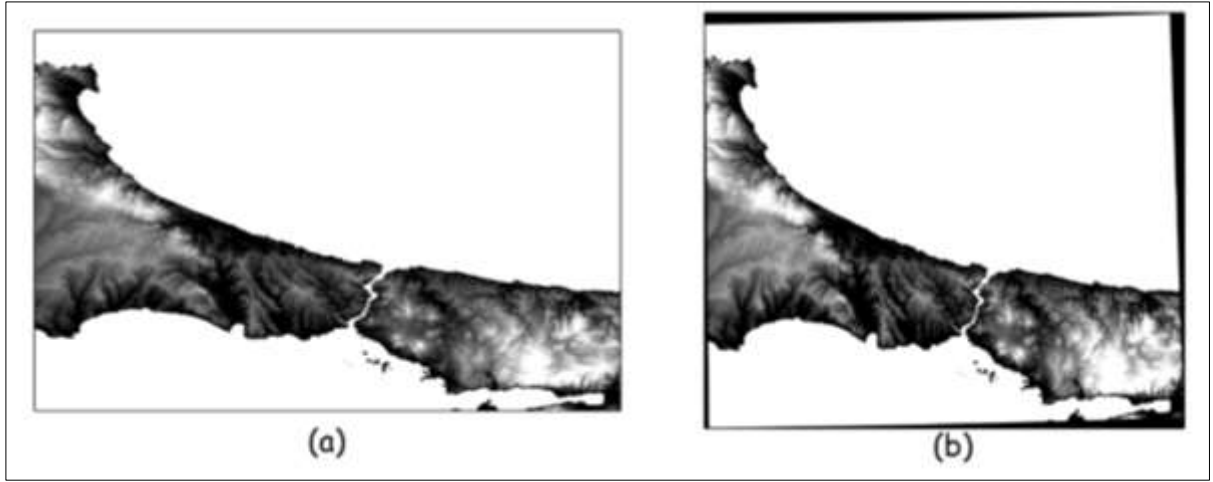
## vii. Koordinat Dönüşümü

Kullanmış olduğumuz vektör veri dosyası ve elde etmiş olduğumuz kesilmiş uydu görüntüleri coğrafi koordinatlara sahiptir. Üzerinden pratik olarak metrik bilgi elde edebilmemiz için coğrafi koordinatlardan UTM projeksiyon koordinatlarına dönüşüm yapmamız gerekmektedir. Bunun için üretmiş olduğumuz kırk sekiz coğrafi koordinatlı ALOS görüntüsü ve kırk sekiz coğrafi koordinatlı SRTM görüntüsünün UTM koordinatlarına çeviriyoruz. Koordinat dönüşüm işlemlerini Envi 5,3 programında yapıyoruz.



Şekil 4.19 Envi koordinat dönüşüm ekranı görüntüsü

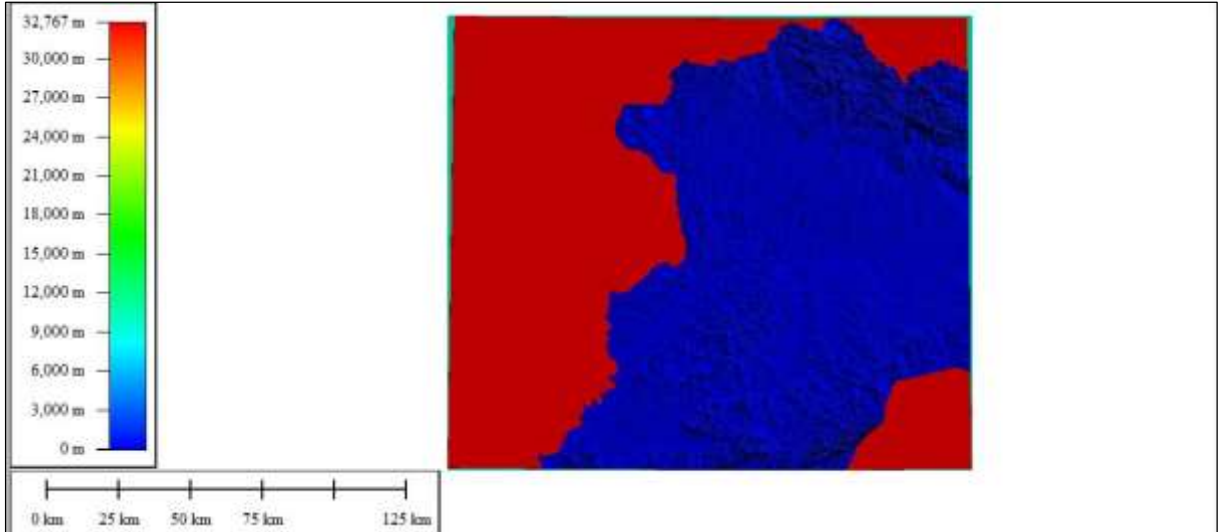
Türkiye dört ayrı dilime (35,36,37,38) ayrıldığı için her bölgenin projeksiyon değerinde ayrı ayrı tanımlama yapmamız gerekiyor. 30 m x 30 m çalıştığımız için piksel büyüklüklerine 30 olarak giriyoruz ve dönüşümleri yapıp UTM 6 derece koordinatlı görüntülerimizi oluşturuyoruz.



**Şekil 4.20** (a) Coğrafi koordinatlara sahip SRTM uydu görüntüsü (35\_2), (b) Projeksiyon dönüşümü sonrası oluşan SRTM uydu görüntüsü (35\_2) (Örnek)

#### **viii. ASCII nokta verilerinin elde edilmesi**

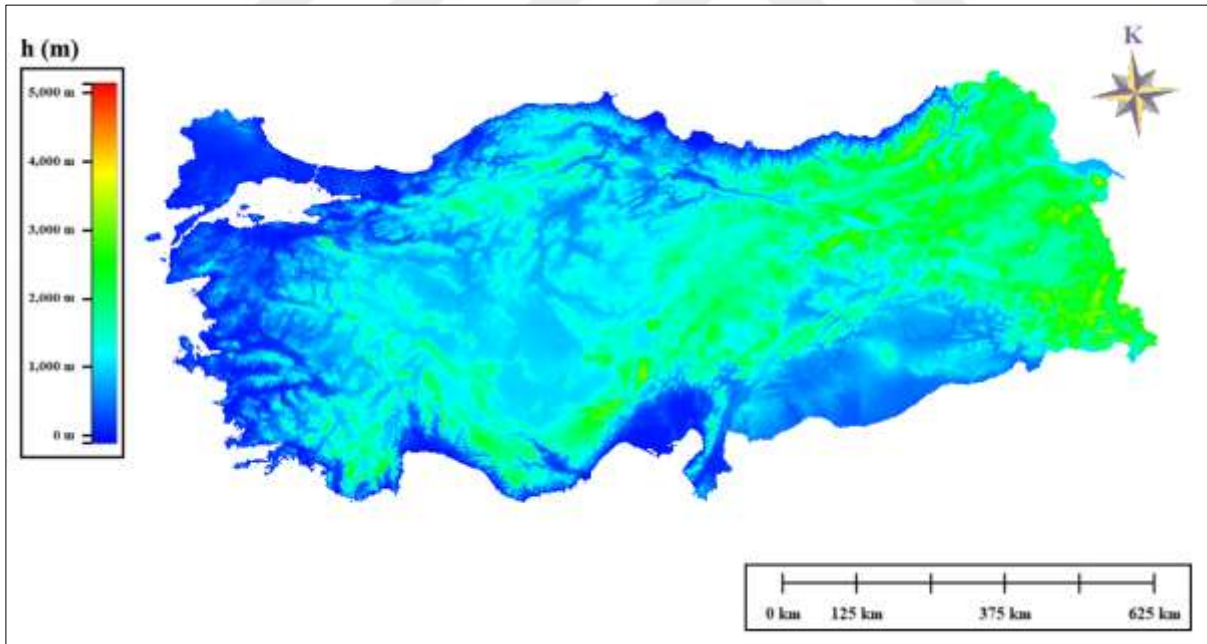
Diferansiyel modellerin üretilmesi için ASCII nokta verilerine ihtiyacımız bulunmaktadır. Bunun için bize direkt olarak görsellik sağlayan Global Mapper yazılımı tercih edilmiştir. Envi yazılımında elde etmiş olduğumuz UTM projeksiyonlu görüntüleri Global Mapper yazılımında açıyoruz. Nokta dosyalarını elde ediyoruz.



**Şekil 4.21** Global Mapper programında açılan uydu görüntüsü (35-1)

#### ix. ASCII nokta verilerinin temizlenmesi

Oluşturduğumuz ASCII verilerinde bazı kısımlarda yükseklik verisi olmadığı için program görüntünün bit değeri ilişkili olarak veri olmayan kısımlara kendisi bir yükseklik değeri atamaktadır. Bu atamış olduğu veriler hatalı olduğu için temizlenmesi ve elemine edilmesi gerekmektedir. Hatalı veriler aynı zamanda dosyanın içinde bulunduğu için fazladan yer tutmaktadır. Veri boyutunu arttırmaktadır. Çalışmamızı zorlaştırmaktadır. Program yükseklik verisi olmayan kısımlara şekil 4.21’de sol taraftaki yükseklik lejantında görüldüğü gibi 32767.00 diye bir yükseklik değeri tanımlamaktadır. Kırmızı renk ile ifade edilen yerlerde Türkiye’de bu şekilde bir yükseklik verisi bulunmamaktadır. Şekil 4.22’deki görsele bakıldığında 5137 m ve üzerinde Türkiye’de yükseklik verisi olmadığını açıkça görebilmekteyiz. (Türkiye’nin en doğusunda bulunan Ağrı Dağı’nın yüksekliği 5137 m’dir.) Oluşturulan ASCII nokta dosyalarının boyutu çok büyük olduğu için windows’un klasik not defteri uygulaması dosyayı açmamaktadır. Nokta dosyalarını açabilmek ve düzenlemek için UltraEdit programı kullanılmıştır.



Şekil 4.22 Türkiye yükseklik haritası

|   |           |            |          |
|---|-----------|------------|----------|
| 3 | 392639.22 | 4662031.00 | 32767.00 |
| 4 | 392669.22 | 4662031.00 | 32767.00 |
| 5 | 392699.22 | 4662031.00 | 32767.00 |
| 6 | 392729.22 | 4662031.00 | 32767.00 |
| 7 | 392759.22 | 4662031.00 | 32767.00 |
| 8 | 392789.22 | 4662031.00 | 32767.00 |
| 9 | 392819.22 | 4662031.00 | 32767.00 |

**Şekil 4.23** Oluşturulan hatalı ASCII nokta verisinden bir görünüm

İlk olarak 32767.00 gibi anlamsız verilerinin elenmesi ve çıkarılması için BLUH 2017 yazılımı kullanılacaktır. BLUH yazılımı Almanya Hannover Üniversitesi Fotogrametri ve Jeoinformasyon Enstitüsünde görev yapan Dr. Karsten Jacobsen tarafından hazırlanan sayısal yükseklik modelleri ile ilgili tüm analizlerin yapılabildiği ileri bir veri işleme ve değerlendirme yazılımıdır.

```

=====
PROGRAM MANI          LEIBNIZ UNIVERSITY HANNOVER   JUN 2013
=====

INSTITUTE OF  PHOTOGRAMMETRY AND GEOINFORMATION

OUTPUT DEVICE FOR LISTING = ?   T = TERMINAL
                                F = FILE MANI.LST = DEFAULT

INPUT OF FILE NAMES AND OPTIONS
CODE  FILE NAME / OPTION
1  FILE WITH INPUT DATA                                dacp.dat
2  "  ORIENTATIONS (O) COORDS. (C) IMU (I)
    GPF-FILE (G)  IPF-FILE (P)
    DGN-FILE (D)   C/O/I/D/G/P          C
3  INPUT WITH POINT NAME  Y/N + 4TH COORDS=N/4  YN
4  SIMPLE / ENHANCED FILE INPUT  S/E          E
5  FILE FOR OUTPUT OF DATA                                dacpc.dat
7  OUTPUT WITH POINT NUMBER  Y/N              Y
8  VALUE FOR ADDING TO POINT NUMBER                                0.
9  NUMBER OF DECIMAL DIGITS 3/6/9              3
10 HEADER FILE  *.TFW OR *.HDR
12 FILE FOR REPLACING Z-VALUES
13 FILE WITH VALUES FOR ADD TO INPUT
15 USE ALL = 1  ANY 2ND = 2  MAX=10
    -1 = USE OF SPECIAL LINE SEQUENCE              1
16 FILE FOR EXCHANGE POINT NAMES
17 TEXT LINE
20 DISPARITY FILE  Y/N              N
21 FILE WITH POINT NAMES FOR SELECTION
    TYPE CODE AND VALUE IN ONE LINE  JUST "R" = RESET ALL VALUES
1  s382.xyz

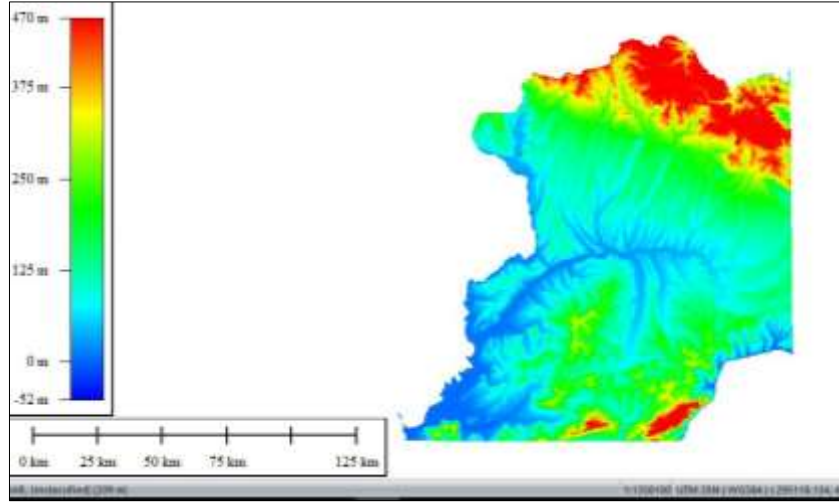
FIRST 5 LINES IN INPUT-FILE

```

**Şekil 4.24** BLUH yazılımı ara yüzü

|         |           |            |         |
|---------|-----------|------------|---------|
| 3031449 | 419926.28 | 4661507.00 | 1276.00 |
| 3031450 | 419956.28 | 4661507.00 | 1281.00 |
| 3031451 | 419986.28 | 4661507.00 | 1288.00 |
| 3031452 | 420016.28 | 4661507.00 | 1290.00 |
| 3031453 | 420046.28 | 4661507.00 | 1296.00 |
| 3031454 | 420076.28 | 4661507.00 | 1301.00 |
| 3031455 | 420106.28 | 4661507.00 | 1309.00 |

**Şekil 4.25** Manipule edilmiş ve boşlukları giderilmiş ASCII verileri

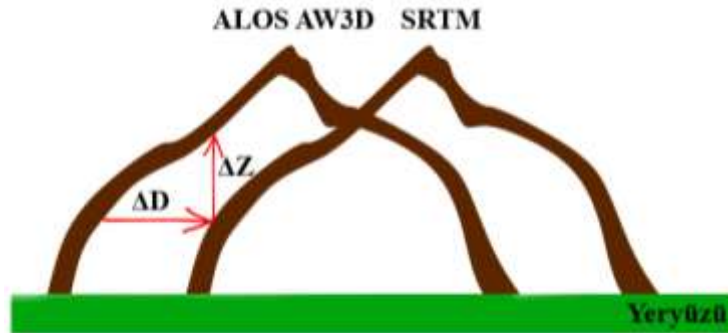


Şekil 4.26 Manipule işlemi sonrası temizlenmiş uydu görüntüsü

#### x. Sayısal Yükseklik Modellerinin Üst Üste Çakıştırılması

DYM'lerin birbirlerine göre doğruluklarının karşılaştırılması için ilk yapılması gereken işlem görüntülerin üst üste çakıştırılmasını sağlamaktır. Üst üste olmayan iki ayrı görüntü üzerinden analiz yapmak mümkün olmamaktadır. Bu durumu şu şekilde ifade etmek mümkündür. Bir nokta koordinat olarak doğrulukları kıyaslanacak ilk DYM'de hangi değerde ise ikinci DYM'de de o değerde olmalıdır. Bu noktanın yüksekliğiyle ilgili doğruluk analizi ancak planimetrik olarak iki DYM'de de aynı yerde olması halinde yapılabilir. Nokta iki ayrı yükseklik modelinde ayrı yerlerde ise bir kayıklık söz konusudur (Sefercik 2007).

Analizlere başlamadan önce bu kayıklıklar belirlenmeli ve giderilmelidir. Bu kayıklıkların giderilmesi için referans görüntümüz sabit tutulup ikinci görüntümüz referans görüntüye göre ötelenmelidir.



Şekil 4.27 ALOS AW3D ve SRTM görüntülerinin birbirine göre kayıklıkları

Şekil 4.27’de aynı tepe noktasının birinci ve ikinci DYM’lerdeki yeri görülmektedir. Görüldüğü gibi ALOS AW3D verisi SRTM verisine göre  $\Delta D$  kadar kayıktır ve bu kayıklık  $\Delta Z$  kadar yükseklik farkı meydana getirmektedir. Bu da kayıklık analizlerde hata yaptıracağı için bütün kayıklıklar tespit edilmiş çizelgelerde gösterilmiştir. Kayıklıkların giderilmesi için BLUH yazılımının DEMSHIFT modülü kullanılmıştır.

Programla ilk olarak Türkiye ülkesinin kırk sekiz bölümüne ait referans SRTM C-band yükseklik modelleri ile ALOS AW3D uydusuna ait yükseklik modellerinin uyuşumları analiz edilmiştir. Uyuşumlu noktalar arasındaki maksimum yükseklik farkı 50 m olarak alınmıştır. 50 m’yi aşan noktalar kaba hata yaratmaması açısından program tarafından elemine edilmektedir.

#### **xi. DYM’lerin doğruluk analizleri**

DYM’lerin ötelenmesi ve referans modelle karşılaştırılmasından sonra doğruluk analizlerine başlanmıştır. Analizler BLUH yazılımının parçası olan DEMANAL modülünde gerçekleştirilmiştir. Analizlere başlamadan önce ön tanımlamalar yapılarak programa kısıtlamalar getirilmiştir. Bu kısıtlamaları getirmemizdeki amaç kaba hatalı noktaların doğruluk değerlerini düşürmesini engellemektir. Test alanımız orman, dağlık araziler, akarsu ve göller bakımında oldukça zengin bir topoğrafyaya sahiptir. Bu nedenle analizlerimizin doğruluklarını anlamlı bir şekilde yorumlayabilmemiz için sınıflı veri analizi yapmak en doğru sonuca bizleri ulaştıracaktır. Kırk sekiz ayrı uydu görüntüsü için dört farklı sınıf belirlenmiştir. Türkiye’yi dilim farklılıklarından dolayı her bir sınıfta dört ayrı bölüme ayırmıştık. Dört ayrı sınıf dört bölüme ayrıldığı için toplamda elimizde on altı adet sınıflı arazi verimiz bulunmaktadır. Çalışma alanımızdaki kırk sekiz uydu görüntüsünü olduğu için toplamda 192 adet sınıflı veri analizi yapılmış sonuçlar çizelgelere eklenmiştir.

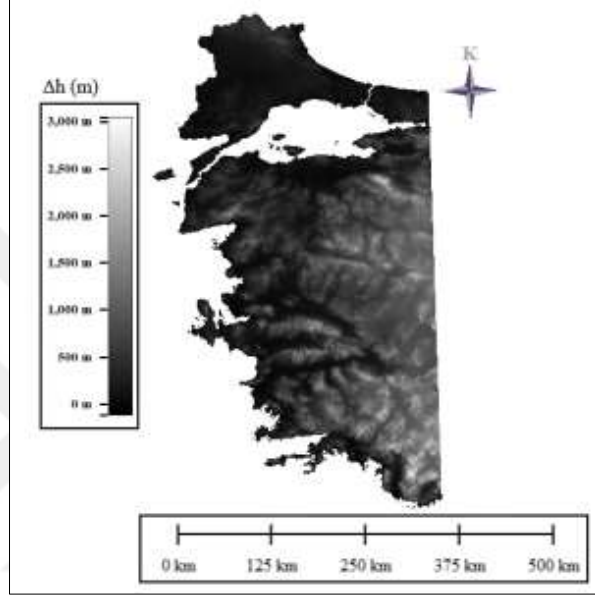
#### **xii. DYM’lerin görselleştirilmesi ve diferansiyel modellerin üretilmesi**

Bu zamana kadar kullanılan uzaktan algılama programların yanı sıra DYM’lerin görselleştirilmesi, enterpolasyon, düzenli gridleme ve çeşitli filtrelemelerin yapılabilmesi için W. Linder tarafından geliştirilmiş LISA BASIC programı kullanılmıştır (Linder 2004). Çalışmamızda filtreleme yapılmamıştır. Diferansiyel modeller üretilmiştir.

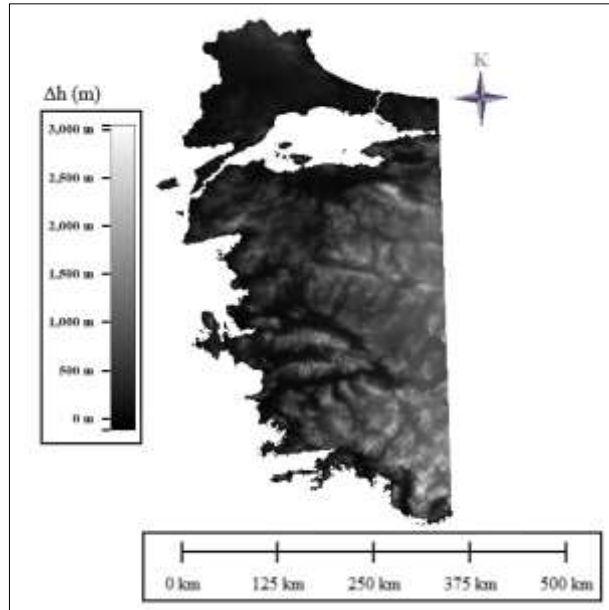


## BÖLÜM 5

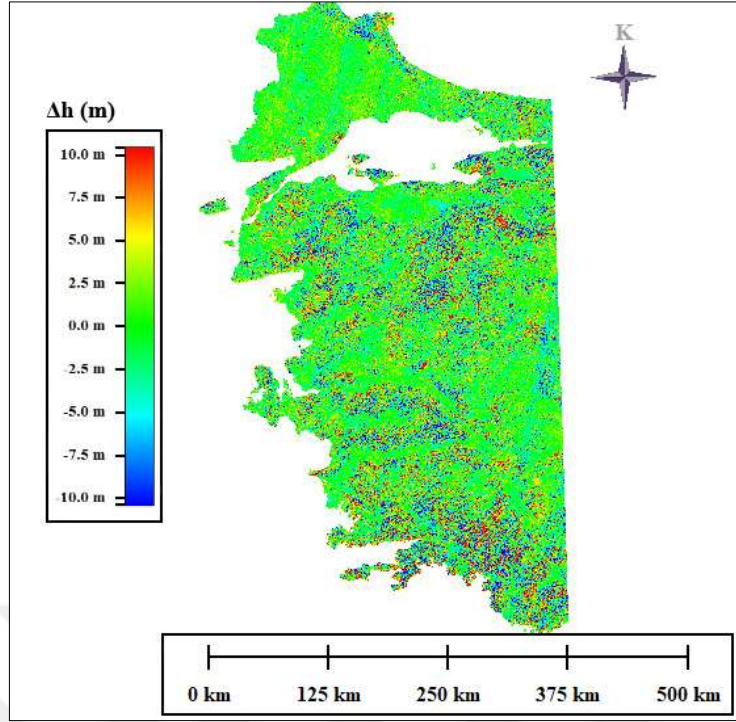
### BULGULAR



Şekil 5.1 Dilim 35, dijital yüzey modeli, (SRTM C-band, UTM 6°, WGS84)



Şekil 5.2 Dilim 35, dijital yüzey modeli (ALOS AW3D, UTM 6°, WGS84)



**Şekil 5.3** Dilim 35, diferansiyel yüzey modeli

**Çizelge 5.1** Dilim 35,yatay konum öteleme hataları sonuçları ( $\mu$  = Ortalama hata)

| Referans    | Ötelenmiş   | Bölge No | $\Delta X$ (m) | $\Delta Y$ (m) |
|-------------|-------------|----------|----------------|----------------|
| SYM         | SYM         |          |                |                |
| SRTM (30 m) | ALOS (30 m) | 35-1     | 28.011         | -31.489        |
|             |             | 35-2     | 28.368         | -31.676        |
|             |             | 35-3     | 27.166         | -29.681        |
|             |             | 35-4     | 30.712         | -30.839        |
|             |             | 35-5     | 32.661         | -32.287        |
|             |             | 35-6     | 31.331         | -32.580        |
|             |             | 35-7     | 32.968         | -31.651        |
|             |             | 35-8     | 32.273         | -31.353        |
| ( $\mu$ )   |             |          | 30.436         | -31.444        |

Çizelge 5.2 Dilim 35, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları

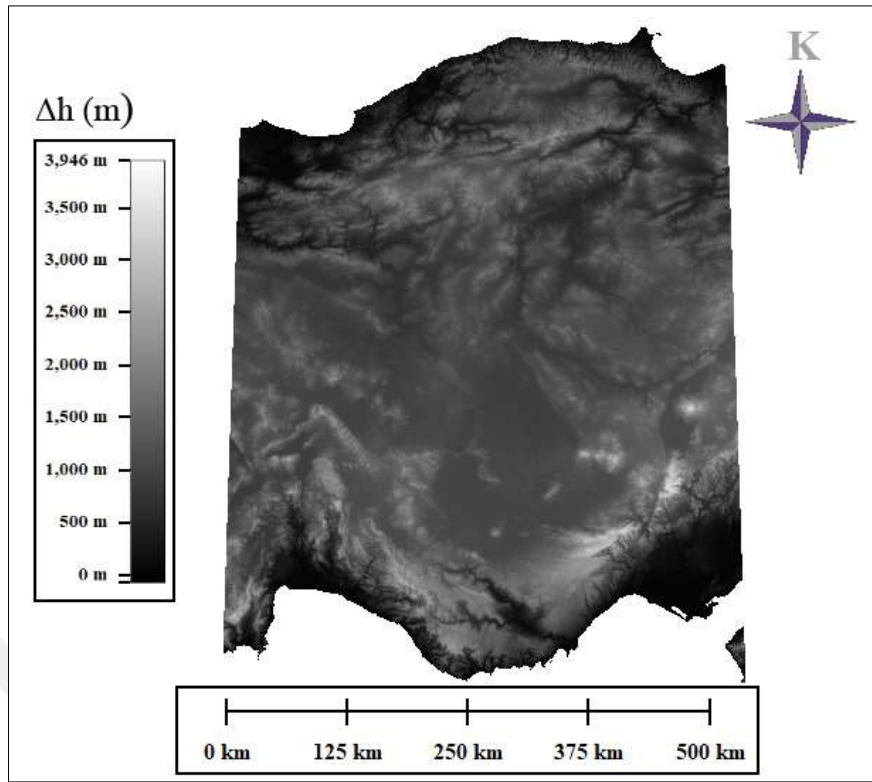
| Referans Model | Test Model     | Bölge                                      | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı | Sistematik Hata = 0 (m)    |                   | NMAD (m)                   |                     | Dahil Edilmeyen Noktalar (%) |
|----------------|----------------|--------------------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------|------------------------------|
|                |                |                                            |                 |              | SZ                         | SZ<br>$a < \% 10$ | NMAD                       | NMAD<br>$a < \% 10$ |                              |
| SRTM<br>(30 m) | ALOS<br>(30 m) | 35-1                                       | Açık ve Eğimsiz | 11601614     | 2.591<br>+ 0.605 x tan(a)  | 2.305             | 1.971<br>+ 4.816 x tan(a)  | 1.961               | 0.03                         |
|                |                | 35-1                                       | Orman           | 2971039      | 4.460<br>+ 3.606 x tan(a)  | 3.375             | 3.882<br>+ 3.785 x tan(a)  | 2.628               | 0.03                         |
|                |                | 35-1                                       | Eğimli          | 1431008      | 4.838<br>+ 2.859 x tan(a)  | 4.224             | 4.221<br>+ 3.634 x tan(a)  | 3.481               | 0.05                         |
|                |                | 35-1                                       | Su              | 599910       | 5.363<br>+ 5.320 x tan(a)  | 2.089             | 4.285<br>+ 5.288 x tan(a)  | 1.858               | 0.00                         |
|                |                | 35-2                                       | Açık ve Eğimsiz | 3059445      | 3.083<br>+ 10.224 x tan(a) | 2.835             | 1.602<br>+ 11.667 x tan(a) | 2.128               | 0.04                         |
|                |                | 35-2                                       | Orman           | 5197678      | 3.841<br>+ 6.473 x tan(a)  | 3.593             | 3.217<br>+ 6.928 x tan(a)  | 2.831               | 0.07                         |
|                |                | 35-2                                       | Eğimli          | 491793       | 3.542<br>+ 7.741 x tan(a)  | 3.757             | 2.858<br>+ 8.966 x tan(a)  | 3.527               | 0.00                         |
|                |                | 35-2                                       | Su              | 715952       | 4.661<br>+ 4.365 x tan(a)  | 3.831             | 3.367<br>+ 6.516 x tan(a)  | 2.58                | 0.24                         |
|                |                | 35-3                                       | Açık ve Eğimsiz | 3569864      | 3.193<br>+ 5.059 x tan(a)  | 2.309             | 2.809<br>+ 4.211 x tan(a)  | 1.898               | 0.02                         |
|                |                | 35-3                                       | Orman           | 11374940     | 2.537<br>+ 11.995 x tan(a) | 3.586             | 1.189<br>+ 13.123 x tan(a) | 2.781               | 0.06                         |
|                |                | 35-3                                       | Eğimli          | 6118996      | 3.143<br>+ 12.152 x tan(a) | 3.825             | 1.485<br>+ 13.983 x tan(a) | 3.139               | 0.04                         |
|                |                | 35-3                                       | Su              | 1303947      | 2.761<br>+ 12.623 x tan(a) | 3.148             | 0.977<br>+ 15.068 x tan(a) | 2.223               | 0.08                         |
|                |                | Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                 |              | <b>2.956</b>               | <b>2.483</b>      | <b>2.127</b>               | <b>1.996</b>        |                              |
|                |                | Orman Ortalama Değerleri                   |                 |              | <b>3.613</b>               | <b>3.518</b>      | <b>2.763</b>               | <b>2.747</b>        |                              |
|                |                | Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                 |              | <b>3.841</b>               | <b>3.935</b>      | <b>2.855</b>               | <b>3.382</b>        |                              |
|                |                | Su Alanları Ortalama Değerleri             |                 |              | <b>4.262</b>               | <b>3.023</b>      | <b>2.876</b>               | <b>2.220</b>        |                              |

**Çizelge 5.2** Dilim 35, Mutlak düşey konum doğruluk sonuçları (devam ediyor)

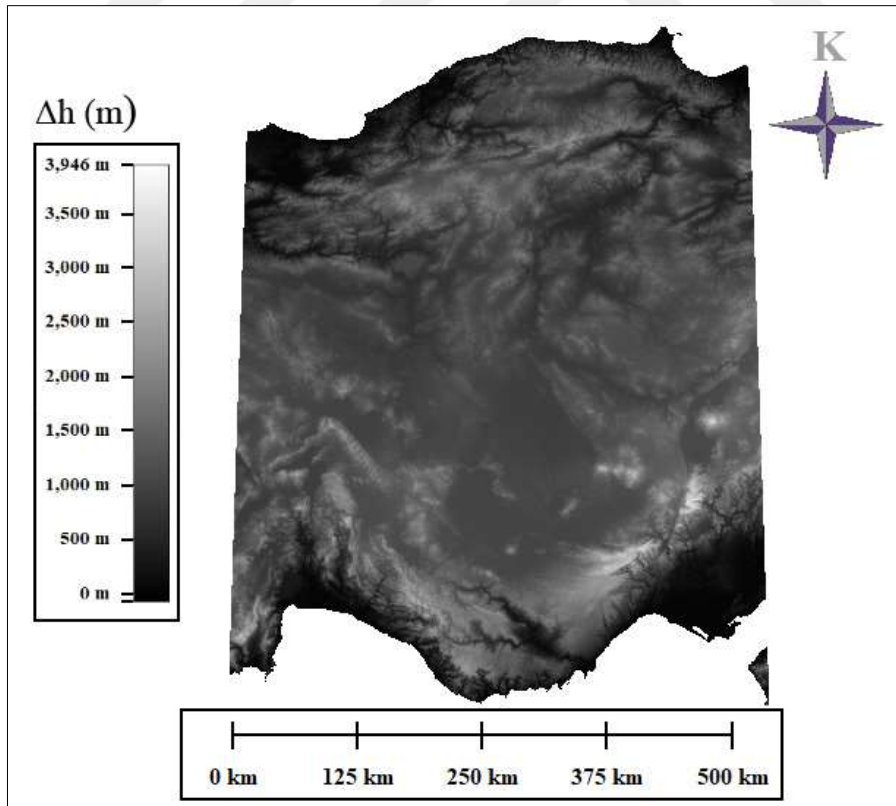
| Referans Model   | Test Model       | Bölge                                      | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı | Sistematik Hata = 0 (m)    |                   | NMAD (m)                    |                     | Dahil Edilmeyen Noktalar |
|------------------|------------------|--------------------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|
|                  |                  |                                            |                 |              | SZ                         | SZ<br>$a < \% 10$ | NMAD                        | NMAD<br>$a < \% 10$ |                          |
| SRTM<br>( 30 m ) | ALOS<br>( 30 m ) | 35-4                                       | Açık ve Eğimsiz | 5351138      | 4.586<br>+ 3.923 x tan(a)  | 2.369             | 3.996<br>+ 4.552 x tan(a)   | 1.946               | 0.03                     |
|                  |                  | 35-4                                       | Orman           | 19057150     | 5.044<br>+ 6.878 x tan(a)  | 3.577             | 4.462<br>+ 6.656 x tan(a)   | 2.768               | 0.07                     |
|                  |                  | 35-4                                       | Eğimli          | 9408294      | 3.365<br>+ 10.012 x tan(a) | 3.576             | 1.940<br>+ 11.362 x tan(a)  | 2.669               | 0.04                     |
|                  |                  | 35-4                                       | Su              | 2202133      | 3.46<br>+ 7.737 x tan(a)   | 2.719             | 2.260<br>+ 9.482 x tan(a)   | 2.013               | 0.10                     |
|                  |                  | 35-5                                       | Açık ve Eğimsiz | 3158850      | 0.850<br>+ 15.145 x tan(a) | 2.199             | -1.056<br>+ 17.520 x tan(a) | 1.784               | 0.02                     |
|                  |                  | 35-5                                       | Orman           | 6941246      | 2.859<br>+ 11.222 x tan(a) | 3.498             | 0.084<br>+ 14.717 x tan(a)  | 2.697               | 0.16                     |
|                  |                  | 35-5                                       | Eğimli          | 7569311      | 1.967<br>+ 12.803 x tan(a) | 3.235             | -0.050<br>+ 14.976 x tan(a) | 2.509               | 0.10                     |
|                  |                  | 35-5                                       | Su              | 1105244      | 2.195<br>+ 9.549 x tan(a)  | 2.502             | 0.695<br>+ 11.564 x tan(a)  | 2.164               | 0.02                     |
|                  |                  | 35-6                                       | Açık ve Eğimsiz | 6978488      | 3.839<br>+ 9.235 x tan(a)  | 2.275             | 3.043<br>+ 10.444 x tan(a)  | 1.855               | 0.01                     |
|                  |                  | 35-6                                       | Orman           | 19742241     | 4.492<br>+ 8.356 x tan(a)  | 3.720             | 3.887<br>+ 8.378 x tan(a)   | 2.752               | 0.01                     |
|                  |                  | 35-6                                       | Eğimli          | 21198298     | 4.585<br>+ 7.720 x tan(a)  | 3.116             | 5.396<br>+ 6.237 x tan(a)   | 2.441               | 0.00                     |
|                  |                  | 35-6                                       | Su              | 2346384      | 2.392<br>+ 12.859 x tan(a) | 4.419             | -0.883<br>+ 17.903 x tan(a) | 2.012               | 0.02                     |
|                  |                  | Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                 |              | <b>3.092</b>               | <b>2.281</b>      | <b>1.994</b>                | <b>1.862</b>        |                          |
|                  |                  | Orman Ortalama Değerleri                   |                 |              | <b>4.132</b>               | <b>3.598</b>      | <b>2.811</b>                | <b>2.739</b>        |                          |
|                  |                  | Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                 |              | <b>3.306</b>               | <b>3.309</b>      | <b>2.429</b>                | <b>2.540</b>        |                          |
|                  |                  | Su Alanları Ortalama Değerleri             |                 |              | <b>2.683</b>               | <b>3.213</b>      | <b>0.691</b>                | <b>2.063</b>        |                          |

**Çizelge 5.2** Dilim 35, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları (devam ediyor)

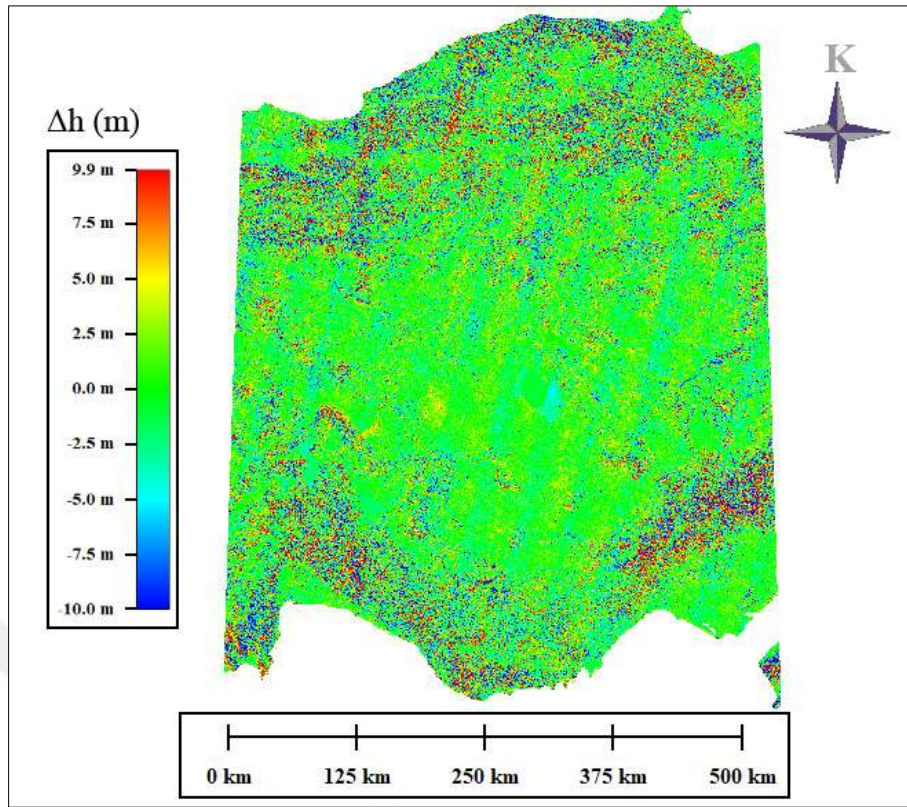
|                                            |                  |       |                 |              | Sistematik Hata = 0 (m)    |                       | NMAD (m)                    |                         | Dahil Edilmeyen Noktalar |
|--------------------------------------------|------------------|-------|-----------------|--------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Referans Model                             | Test Model       | Bölge | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı | SZ                         | SZ<br><i>a</i> < % 10 | NMAD                        | NMAD<br><i>a</i> < % 10 |                          |
| SRTM<br>( 30 m )                           | ALOS<br>( 30 m ) | 35-7  | Açık ve Eğimsiz | 291869       | 3.633<br>+ 5.722 x tan(a)  | 2.213                 | 2.513<br>+ 7.769 x tan(a)   | 1.816                   | 0.00                     |
|                                            |                  | 35-7  | Orman           | 1037753      | 3.373<br>+ 11.677 x tan(a) | 3.103                 | 0.890<br>+ 15.069 x tan(a)  | 2.437                   | 0.03                     |
|                                            |                  | 35-7  | Eğimli          | 529631       | 3.844<br>+ 9.443 x tan(a)  | 3.320                 | 4.100<br>+ 8.816 x tan(a)   | 2.565                   | 0.02                     |
|                                            |                  | 35-7  | Su              | 133137       | 1.321<br>+14.099 x tan(a)  | 3.118                 | -0.213<br>+ 16.056 x tan(a) | 2.495                   | 0.00                     |
|                                            |                  | 35-8  | Açık ve Eğimsiz | 1664324      | 2.756<br>+10.357 x tan(a)  | 2.443                 | 1.624<br>+ 11.358 x tan(a)  | 2.105                   | 0.03                     |
|                                            |                  | 35-8  | Orman           | 14274260     | 4.437<br>+ 10.366 x tan(a) | 4.077                 | 3.356<br>+ 10.999 x tan(a)  | 3.111                   | 0.12                     |
|                                            |                  | 35-8  | Eğimli          | 12600362     | 4.799<br>+ 9.515 x tan(a)  | 3.914                 | 3.422<br>+ 10.673 x tan(a)  | 3.006                   | 0.09                     |
|                                            |                  | 35-8  | Su              | 862327       | 4.984<br>+ 9.318 x tan(a)  | 3.134                 | 4.014<br>+ 9.867 x tan(a)   | 2.418                   | 0.09                     |
| Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                  |       |                 |              | 3.195                      | 2.328                 | 2.069                       | 1.961                   |                          |
| Orman Ortalama Değerleri                   |                  |       |                 |              | 3.905                      | 3.590                 | 2.123                       | 2.774                   |                          |
| Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                  |       |                 |              | 4.322                      | 3.617                 | 3.761                       | 2.786                   |                          |
| Su Alanları Ortalama Değerleri             |                  |       |                 |              | 3.153                      | 3.126                 | 1.901                       | 2.457                   |                          |



Şekil 5.4 Dilim 36, dijital yüzey modeli, (SRTM C-band, UTM 6°, WGS84)



Şekil 5.5 Dilim 36, dijital yüzey modeli (ALOS AW3D, UTM 6°, WGS84)



Şekil 5.6 Dilim 36, diferansiyel yüzey modeli

Çizelge 5.3 Dilim 36, yatay konum öteleme hataları sonuçları ( $\mu$  = Ortalama hata)

| Referans<br>SYM  | Ötelenmiş<br>SYM | Bölge No | $\Delta X$ (m) | $\Delta Y$ (m) |
|------------------|------------------|----------|----------------|----------------|
| SRTM<br>( 30 m ) | ALOS<br>( 30 m ) | 36-1     | 23.801         | -35.153        |
|                  |                  | 36-2     | 5.187          | -35.559        |
|                  |                  | 36-3     | 3.552          | -30.519        |
|                  |                  | 36-4     | 6.331          | -31.822        |
|                  |                  | 36-5     | 28.826         | -33.197        |
|                  |                  | 36-6     | 5.080          | -31.827        |
|                  |                  | 36-7     | 2.242          | -31.984        |
|                  |                  | 36-8     | 3.594          | -30.237        |
|                  |                  | 36-9     | 30.731         | -30.822        |
|                  |                  | 36-10    | 4.639          | -29.915        |
|                  |                  | 36-11    | 2.510          | -31.568        |
|                  |                  | 36-12    | 4.325          | -29.960        |
|                  |                  | 36-13    | 30.062         | -30.079        |
|                  |                  | 36-14    | 5.404          | -30.971        |
|                  |                  | 36-15    | 2.582          | -31.593        |
|                  |                  | 36-16    | 5.945          | -30.063        |
| $\mu$            |                  |          | <b>10.301</b>  | <b>-31.579</b> |

**Çizelge 5.4** Dilim 36, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları

| Referans<br>Model | Test<br>Model  | Bölge                                      | Arazi<br>Sınıfları | Nokta Sayısı | Sistematik Hata = 0 (m)    |                   | NMAD (m)                    |                     | Dahil Edilmeyen<br>Noktalar<br>(%) |
|-------------------|----------------|--------------------------------------------|--------------------|--------------|----------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------|
|                   |                |                                            |                    |              | SZ                         | SZ<br>$a < \% 10$ | NMAD                        | NMAD<br>$a < \% 10$ |                                    |
| SRTM<br>(30 m)    | ALOS<br>(30 m) | 36-1                                       | Açık ve Eğimsiz    | 2155814      | 4.330<br>+ 7.777 x tan(a)  | 2.890             | 3.058<br>+ 10.473 x tan(a)  | 2.309               | 0.04                               |
|                   |                | 36-1                                       | Orman              | 3097237      | 6.395<br>+ 6.514 x tan(a)  | 4.289             | 5.440<br>+ 7.548 x tan(a)   | 3.160               | 0.07                               |
|                   |                | 36-1                                       | Eğimli             | 1172061      | 7.016<br>+ 6.326 x tan(a)  | 4.587             | 6.427<br>+ 6.671 x tan(a)   | 3.662               | 0.04                               |
|                   |                | 36-1                                       | Su                 | 266819       | 7.253<br>+ 0.585 x tan(a)  | 3.643             | 6.494<br>+ 1.127 x tan(a)   | 2.960               | 0.05                               |
|                   |                | 36-2                                       | Açık ve Eğimsiz    | 1791757      | 2.713<br>+ 8.875 x tan(a)  | 2.717             | 1.888<br>+ 10.655 x tan(a)  | 2.305               | 0.00                               |
|                   |                | 36-2                                       | Orman              | 9763387      | 5.473<br>+ 8.092 x tan(a)  | 5.019             | 4.058<br>+ 9.455 x tan(a)   | 3.488               | 0.05                               |
|                   |                | 36-2                                       | Eğim               | 8310815      | 4.982<br>+ 8.718 x tan(a)  | 4.554             | 4.275<br>+ 8.551 x tan(a)   | 3.051               | 0.05                               |
|                   |                | 36-2                                       | Su                 | 341095       | 2.188<br>+ 13.644 x tan(a) | 3.604             | 0.122<br>+ 16.913 x tan(a)  | 2.583               | 0.05                               |
|                   |                | 36-3                                       | Açık ve Eğimsiz    | 1537688      | 4.353<br>+ 4.298 x tan(a)  | 2.532             | 3.775<br>+ 4.601 x tan(a)   | 2.115               | 0.04                               |
|                   |                | 36-3                                       | Orman              | 14019812     | 1.641<br>+ 14.134 x tan(a) | 3.958             | -0.548<br>+ 16.683 x tan(a) | 3.124               | 0.09                               |
|                   |                | 36-3                                       | Eğim               | 13895734     | 2.064<br>+ 13.858 x tan(a) | 3.740             | -0.130<br>+ 16.368 x tan(a) | 2.944               | 0.08                               |
|                   |                | 36-3                                       | Su                 | 391590       | 5.868<br>+ 7.090 x tan(a)  | 3.491             | 4.194<br>+ 8.419 x tan(a)   | 2.694               | 0.37                               |
|                   |                | Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                    |              | <b>3.799</b>               | <b>2.713</b>      | <b>2.907</b>                | <b>2.243</b>        |                                    |
|                   |                | Orman Ortalama Değerleri                   |                    |              | <b>4.503</b>               | <b>4.422</b>      | <b>2.983</b>                | <b>3.257</b>        |                                    |
|                   |                | Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                    |              | <b>4.687</b>               | <b>4.294</b>      | <b>3.524</b>                | <b>3.219</b>        |                                    |
|                   |                | Su Alanları Ortalama Değerleri             |                    |              | <b>5.103</b>               | <b>3.579</b>      | <b>3.603</b>                | <b>2.746</b>        |                                    |

Çizelge 5.4 Dilim 36, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları (devam ediyor)

| Referans Model   | Test Model       | Bölge                                      | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı | Sistematik Hata = 0 (m)    |                   | NMAD (m)                   |                     | Dahil Edilmeyen Noktalar |
|------------------|------------------|--------------------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------|--------------------------|
|                  |                  |                                            |                 |              | SZ                         | SZ<br>$a < \% 10$ | NMAD                       | NMAD<br>$a < \% 10$ |                          |
| SRTM<br>( 30 m ) | ALOS<br>( 30 m ) | 36-4                                       | Açık ve Eğimsiz | 2371951      | 4.328<br>+ 5.319 x tan(a)  | 2.425             | 3.668<br>+ 6.214 x tan(a)  | 1.980               | 0.05                     |
|                  |                  | 36-4                                       | Orman           | 11053736     | 3.532<br>+ 10.001 x tan(a) | 3.863             | 2.023<br>+ 11.418 x tan(a) | 3.112               | 0.04                     |
|                  |                  | 36-4                                       | Eğimli          | 10229192     | 3.110<br>+ 9.737 x tan(a)  | 3.647             | 2.072<br>+ 10.424 x tan(a) | 2.818               | 0.04                     |
|                  |                  | 36-4                                       | Su              | 651282       | 5.059<br>+ 6.976 x tan(a)  | 3.390             | 3.988<br>+ 8.139 x tan(a)  | 2.376               | 0.02                     |
|                  |                  | 36-5                                       | Açık ve Eğimsiz | 3864081      | 4.320<br>+ 6.109 x tan(a)  | 2.352             | 3.371<br>+ 7.610 x tan(a)  | 1.996               | 0.00                     |
|                  |                  | 36-5                                       | Orman           | 12898408     | 2.491<br>+ 12.217 x tan(a) | 3.745             | 0.294<br>+ 14.406 x tan(a) | 3.018               | 0.01                     |
|                  |                  | 36-5                                       | Eğimli          | 14344501     | 3.115<br>+ 10.705 x tan(a) | 3.347             | 1.326<br>+ 12.398 x tan(a) | 2.662               | 0.01                     |
|                  |                  | 36-5                                       | Su              | 639772       | 4.808<br>+ 9.194 x tan(a)  | 2.947             | 3.401<br>+ 10.817 x tan(a) | 2.371               | 0.02                     |
|                  |                  | 36-6                                       | Açık ve Eğimsiz | 5430766      | 2.657<br>+ 9.574 x tan(a)  | 2.305             | 1.127<br>+ 12.065 x tan(a) | 1.884               | 0.00                     |
|                  |                  | 36-6                                       | Orman           | 4196346      | 4.061<br>+ 6.872 x tan(a)  | 3.895             | 3.215<br>+ 7.802 x tan(a)  | 2.977               | 0.00                     |
|                  |                  | 36-6                                       | Eğimli          | 14528582     | 3.234<br>+ 9.196 x tan(a)  | 2.818             | 2.101<br>+ 10.271 x tan(a) | 2.311               | 0.00                     |
|                  |                  | 36-6                                       | Su              | 553122       | 3.113<br>+ 8.420 x tan(a)  | 3.088             | 1.899<br>+ 9.883 x tan(a)  | 2.234               | 0.00                     |
|                  |                  | Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                 |              | <b>3.768</b>               | <b>2.361</b>      | <b>2.722</b>               | <b>1.953</b>        |                          |
|                  |                  | Orman Ortalama Değerleri                   |                 |              | <b>3.361</b>               | <b>3.834</b>      | <b>1.844</b>               | <b>3.036</b>        |                          |
|                  |                  | Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                 |              | <b>3.153</b>               | <b>3.271</b>      | <b>1.833</b>               | <b>2.597</b>        |                          |
|                  |                  | Su Alanları Ortalama Değerleri             |                 |              | <b>4.327</b>               | <b>3.142</b>      | <b>3.096</b>               | <b>2.327</b>        |                          |

**Çizelge 5.4** Dilim 36, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları (devam ediyor)

| Referans Model | Test Model     | Bölge                                      | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı | Sistematik Hata = 0 (m)    |                   | NMAD (m)                   |                     | Dahil Edilmeyen Noktalar |
|----------------|----------------|--------------------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------|--------------------------|
|                |                |                                            |                 |              | SZ                         | SZ<br>$a < \% 10$ | NMAD                       | NMAD<br>$a < \% 10$ |                          |
| SRTM<br>(30 m) | ALOS<br>(30 m) | 36-7                                       | Açık ve Eğimsiz | 8371175      | 2.509<br>+ 9.376 x tan(a)  | 2.379             | 1.754<br>+ 10.052 x tan(a) | 2.049               | 0.00                     |
|                |                | 36-7                                       | Orman           | 1678062      | 3.497<br>+ 6.607 x tan(a)  | 3.408             | 2.746<br>+ 7.384 x tan(a)  | 2.948               | 0.00                     |
|                |                | 36-7                                       | Eğimli          | 11486599     | 3.140<br>+ 6.258 x tan(a)  | 2.727             | 2.629<br>+ 6.677 x tan(a)  | 2.369               | 0.00                     |
|                |                | 36-7                                       | Su              | 986467       | 3.980<br>+ 3.913 x tan(a)  | 2.528             | 3.357<br>+ 4.922 x tan(a)  | 2.121               | 0.00                     |
|                |                | 36-8                                       | Açık ve Eğimsiz | 8726356      | 3.431<br>+ 4.530 x tan(a)  | 2.315             | 2.941<br>+ 4.997 x tan(a)  | 2.209               | 0.00                     |
|                |                | 36-8                                       | Orman           | 4383244      | 2.495<br>+ 11.148 x tan(a) | 3.044             | 0.788<br>+ 13.487 x tan(a) | 2.477               | 0.01                     |
|                |                | 36-8                                       | Eğimli          | 12061144     | 3.157<br>+ 10.965 x tan(a) | 2.707             | 2.424<br>+ 10.762 x tan(a) | 2.289               | 0.01                     |
|                |                | 36-8                                       | Su              | 585169       | 3.191<br>+ 5.123 x tan(a)  | 2.604             | 2.631<br>+ 5.788 x tan(a)  | 2.259               | 0.00                     |
|                |                | 36-9                                       | Açık ve Eğimsiz | 5656091      | 4.785<br>+ 6.495 x tan(a)  | 2.175             | 3.825<br>+ 6.668 x tan(a)  | 1.831               | 0.00                     |
|                |                | 36-9                                       | Orman           | 9555593      | 4.847<br>+ 10.013 x tan(a) | 3.208             | 2.503<br>+ 12.404 x tan(a) | 2.637               | 0.05                     |
|                |                | 36-9                                       | Eğimli          | 15281666     | 4.570<br>+ 9.976 x tan(a)  | 3.110             | 2.335<br>+ 12.040 x tan(a) | 2.505               | 0.04                     |
|                |                | 36-9                                       | Su              | 1359689      | 4.872<br>+ 7.487 x tan(a)  | 2.338             | 2.668<br>+ 10.995 x tan(a) | 2.142               | 0.00                     |
|                |                | Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                 |              | <b>3.575</b>               | <b>2.290</b>      | <b>2.840</b>               | <b>2.030</b>        |                          |
|                |                | Orman Ortalama Değerleri                   |                 |              | <b>3.613</b>               | <b>3.220</b>      | <b>2.012</b>               | <b>2.687</b>        |                          |
|                |                | Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                 |              | <b>3.622</b>               | <b>2.848</b>      | <b>2.463</b>               | <b>2.388</b>        |                          |
|                |                | Su Alanları Ortalama Değerleri             |                 |              | <b>4.014</b>               | <b>2.490</b>      | <b>2.885</b>               | <b>2.174</b>        |                          |

**Çizelge 5.4** Dilim 36, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları (devam ediyor)

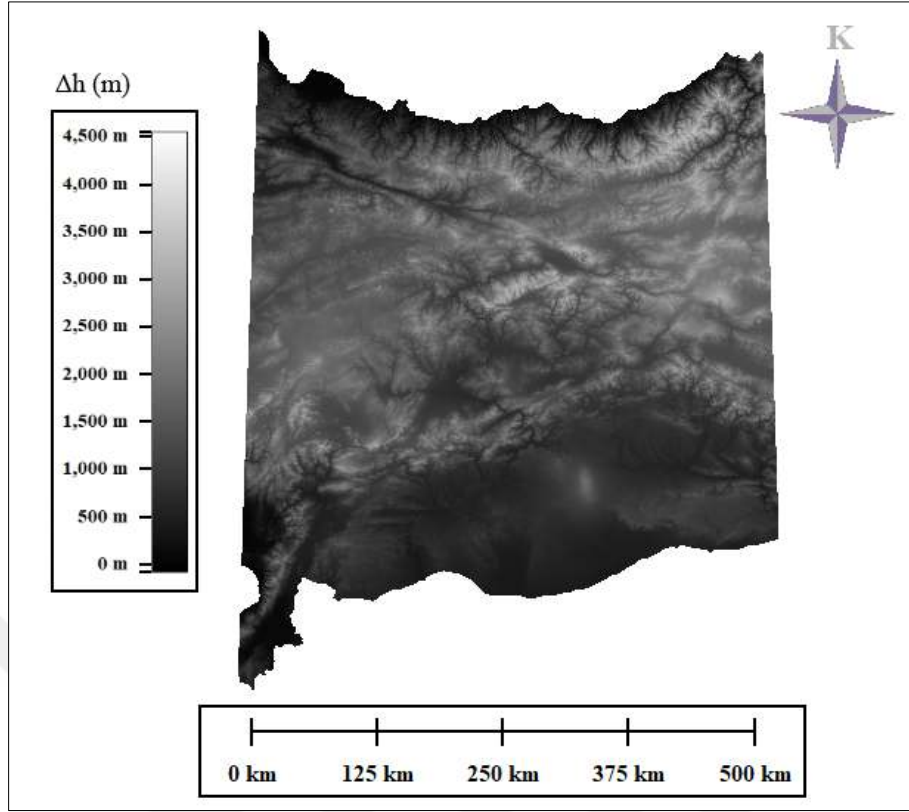
| Referans Model | Test Model     | Bölge                                      | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı | Sistemik Hata = 0 (m)      |                   | NMAD (m)                     |                     | Dahil Edilmeyen Noktalar |
|----------------|----------------|--------------------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|-------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------|
|                |                |                                            |                 |              | SZ                         | SZ<br>$a < \% 10$ | NMAD                         | NMAD<br>$a < \% 10$ |                          |
| SRTM<br>(30 m) | ALOS<br>(30 m) | 36-10                                      | Açık ve Eğimsiz | 15308365     | 2.143<br>+ 9.179 x tan(a)  | 1.979             | 1.375<br>+ 11.107 x tan(a)   | 1.768               | 0.01                     |
|                |                | 36-10                                      | Orman           | 2495418      | 2.452<br>+ 9.939 x tan(a)  | 2.523             | 2.021<br>+ 10.144 x tan(a)   | 1.926               | 0.00                     |
|                |                | 36-10                                      | Eğimli          | 9452711      | 2.528<br>+ 10.153 x tan(a) | 2.267             | 1.990<br>+ 10.139 x tan(a)   | 1.981               | 0.00                     |
|                |                | 36-10                                      | Su              | 804374       | 1.309<br>+ 8.863 x tan(a)  | 1.683             | 0.890<br>+ 9.803 x tan(a)    | 1.443               | 0.00                     |
|                |                | 36-11                                      | Açık ve Eğimsiz | 16947495     | 2.567<br>+ 6.967 x tan(a)  | 1.943             | 2.066<br>+ 7.793 x tan(a)    | 1.724               | 0.00                     |
|                |                | 36-11                                      | Orman           | 403527       | 2.146<br>+ 8.023 x tan(a)  | 2.639             | 1.661<br>+ 8.449 x tan(a)    | 2.362               | 0.00                     |
|                |                | 36-11                                      | Eğimli          | 7001792      | 2.016<br>+ 10.099 x tan(a) | 2.114             | 1.007<br>+ 11.471 x tan(a)   | 1.875               | 0.00                     |
|                |                | 36-11                                      | Su              | 1688477      | 2.710<br>+ 6.519 x tan(a)  | 1.896             | 2.262<br>+ 7.301 x tan(a)    | 1.441               | 0.00                     |
|                |                | 36-12                                      | Açık ve Eğimsiz | 7286299      | 2.342<br>+ 10.995 x tan(a) | 2.063             | 1.110<br>+ 11.785 * x tan(a) | 1.829               | 0.00                     |
|                |                | 36-12                                      | Orman           | 5169698      | 5.343<br>+ 9.657 x tan(a)  | 5.231             | 3.509<br>+ 11.023 x tan(a)   | 4.014               | 0.32                     |
|                |                | 36-12                                      | Eğimli          | 18184191     | 4.412<br>+ 10.709 x tan(a) | 3.395             | 2.496<br>+ 12.185 x tan(a)   | 2.217               | 0.23                     |
|                |                | 36-12                                      | Su              | 652417       | 4.991<br>+ 10.390 x tan(a) | 2.669             | 2.108<br>+ 13.720 x tan(a)   | 2.159               | 0.27                     |
|                |                | Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                 |              | <b>2.351</b>               | <b>1.995</b>      | <b>1.517</b>                 | <b>1.774</b>        |                          |
|                |                | Orman Ortalama Değerleri                   |                 |              | <b>3.314</b>               | <b>3.464</b>      | <b>2.397</b>                 | <b>2.767</b>        |                          |
|                |                | Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                 |              | <b>2.985</b>               | <b>2.592</b>      | <b>1.831</b>                 | <b>2.024</b>        |                          |
|                |                | Su Alanları Ortalama Değerleri             |                 |              | <b>3.003</b>               | <b>2.083</b>      | <b>1.753</b>                 | <b>1.681</b>        |                          |

**Çizelge 5.4** Dilim 36, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları (devam ediyor)

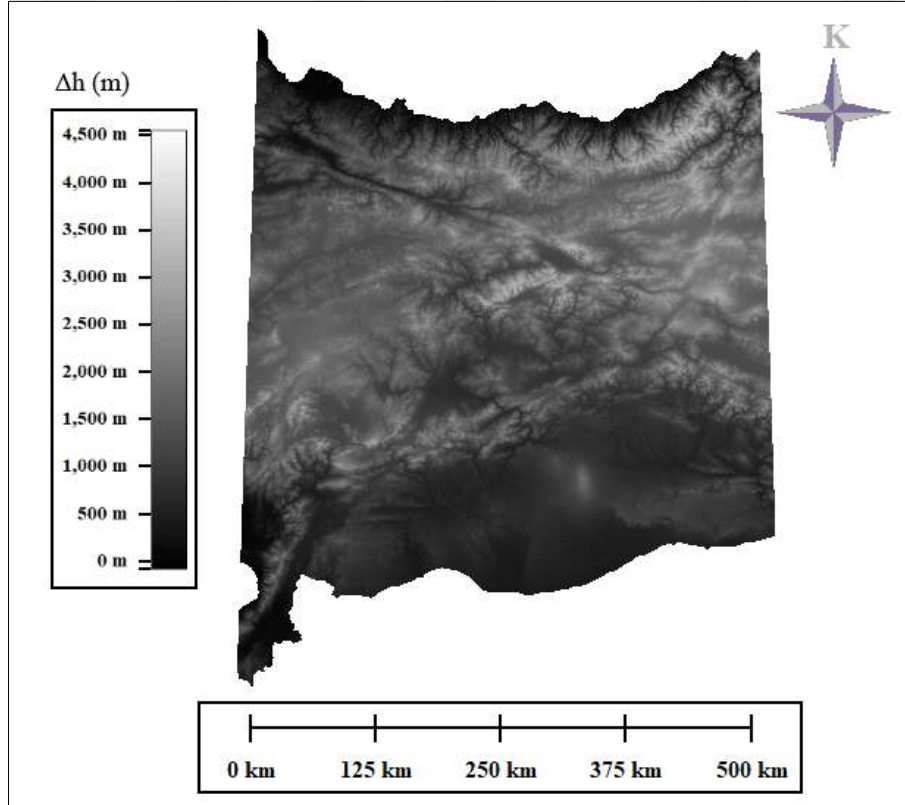
| Referans Model | Test Model     | Bölge                                      | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı | Sistematik Hata = 0 (m)    |                   | NMAD (m)                   |                     | Dahil Edilmeyen Noktalar |
|----------------|----------------|--------------------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------|--------------------------|
|                |                |                                            |                 |              | SZ                         | SZ<br>$a < \% 10$ | NMAD                       | NMAD<br>$a < \% 10$ |                          |
| SRTM<br>(30 m) | ALOS<br>(30 m) | 36-13                                      | Açık ve Eğimsiz | 1011032      | 3.945<br>+ 12.988 x tan(a) | 2.416             | 2.202<br>+ 14.934 x tan(a) | 1.840               | 0.03                     |
|                |                | 36-13                                      | Orman           | 8237844      | 6.007<br>+ 9.868 x tan(a)  | 4.248             | 3.585<br>+ 12.763 x tan(a) | 2.994               | 0.20                     |
|                |                | 36-13                                      | Eğimli          | 9433445      | 6.301<br>+ 9.184 x tan(a)  | 4.076             | 3.911<br>+ 11.845 x tan(a) | 2.804               | 0.18                     |
|                |                | 36-13                                      | Su              | 213686       | 5.811<br>+ 10.739 x tan(a) | 4.803             | 3.735<br>+ 13.327 x tan(a) | 2.699               | 0.07                     |
|                |                | 36-14                                      | Açık ve Eğimsiz | 137141       | 2.419<br>+ 6.205 x tan(a)  | 1.767             | 1.751<br>+ 7.635 x tan(a)  | 1.493               | 0.00                     |
|                |                | 36-14                                      | Orman           | 10810277     | 5.007<br>+ 9.595 x tan(a)  | 4.026             | 3.758<br>+ 10.529 x tan(a) | 2.975               | 0.13                     |
|                |                | 36-14                                      | Eğimli          | 17331750     | 4.829<br>+ 9.642 x tan(a)  | 3.623             | 3.242<br>+ 11.142 x tan(a) | 2.728               | 0.10                     |
|                |                | 36-14                                      | Su              | 625386       | 3.732<br>+ 11.083 x tan(a) | 3.124             | 1.980<br>+ 13.269 x tan(a) | 2.294               | 0.06                     |
|                |                | 36-15                                      | Açık ve Eğimsiz | 1019534      | 1.422<br>+ 12.711 x tan(a) | 1.761             | 0.720<br>+ 13.857 x tan(a) | 1.593               | 0.00                     |
|                |                | 36-15                                      | Orman           | 9982144      | 4.536<br>+ 10.515 x tan(a) | 3.199             | 3.199<br>+ 11.378 x tan(a) | 2.681               | 0.13                     |
|                |                | 36-15                                      | Eğimli          | 17067590     | 4.218<br>+ 10.871 x tan(a) | 2.890             | 3.211<br>+ 11.245 x tan(a) | 2.392               | 0.11                     |
|                |                | 36-15                                      | Su              | 382451       | 4.157<br>+ 12.474 x tan(a) | 2.728             | 1.003<br>+ 16.730 x tan(a) | 2.290               | 0.16                     |
|                |                | Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                 |              | <b>2.595</b>               | <b>1.981</b>      | <b>1.558</b>               | <b>1.642</b>        |                          |
|                |                | Orman Ortalama Değerleri                   |                 |              | <b>5.183</b>               | <b>3.824</b>      | <b>3.514</b>               | <b>2.883</b>        |                          |
|                |                | Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                 |              | <b>5.116</b>               | <b>3.530</b>      | <b>3.455</b>               | <b>2.641</b>        |                          |
|                |                | Su Alanları Ortalama Değerleri             |                 |              | <b>4.567</b>               | <b>3.552</b>      | <b>2.239</b>               | <b>2.428</b>        |                          |

**Çizelge 5.4** Dilim 36, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları (devam ediyor)

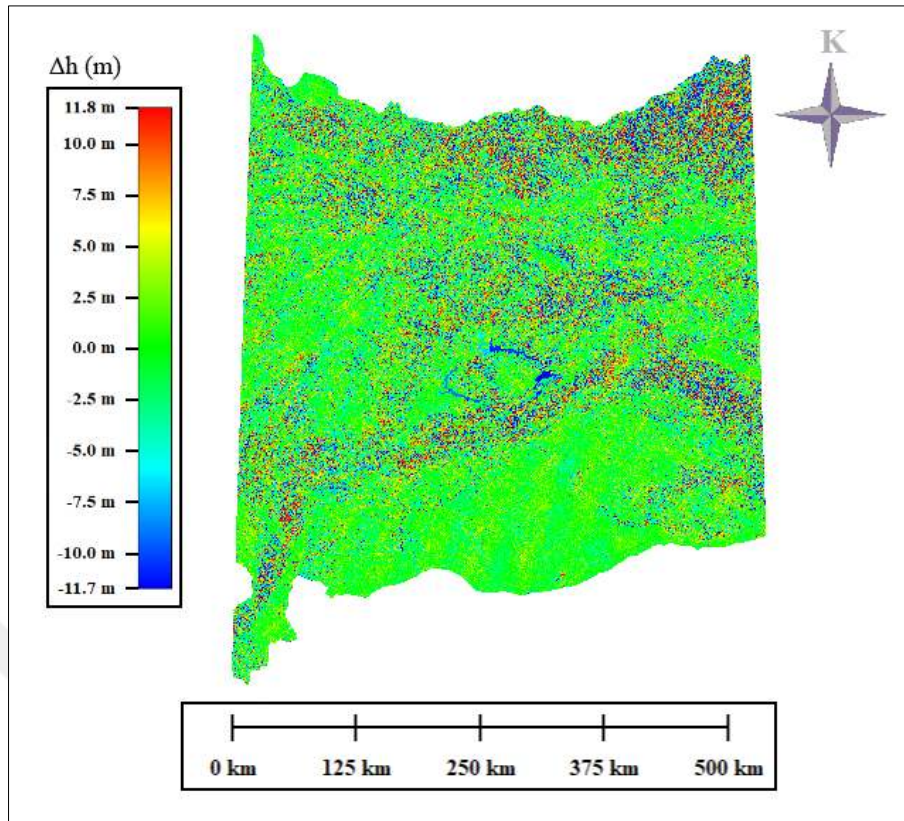
|                                            |                  |       |                 |              | Sistematik Hata = 0 (m)    |                   | NMAD (m)                   |                     | Dahil Edilmeyen Noktalar |
|--------------------------------------------|------------------|-------|-----------------|--------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------|--------------------------|
| Referans Model                             | Test Model       | Bölge | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı | SZ                         | SZ<br>$a < \% 10$ | NMAD                       | NMAD<br>$a < \% 10$ |                          |
| SRTM<br>( 30 m )                           | ALOS<br>( 30 m ) | 36-16 | Açık ve Eğimsiz | 4053900      | 4.633<br>+ 8.800 x tan(a)  | 2.060             | 3.335<br>+ 10.763 x tan(a) | 1.789               | 0.02                     |
|                                            |                  | 36-16 | Orman           | 4077988      | 5.154<br>+ 10.543 x tan(a) | 3.572             | 4.427<br>+ 10.471 x tan(a) | 2.790               | 0.31                     |
|                                            |                  | 36-16 | Eğimli          | 5709706      | 4.860<br>+ 10.813 x tan(a) | 3.238             | 2.832<br>+ 12.768 x tan(a) | 2.430               | 0.31                     |
|                                            |                  | 36-16 | Su              | 864543       | 5.749<br>+ 7.900 x tan(a)  | 2.559             | 4.424<br>+ 9.026 x tan(a)  | 2.053               | 0.03                     |
| Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                  |       |                 |              | 4.633                      | 2.060             | 3.335                      | 1.789               |                          |
| Orman Ortalama Değerleri                   |                  |       |                 |              | 5.154                      | 3.572             | 4.427                      | 2.790               |                          |
| Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                  |       |                 |              | 4.860                      | 3.238             | 2.832                      | 2.430               |                          |
| Su Alanları Ortalama Değerleri             |                  |       |                 |              | 5.749                      | 2.559             | 4.424                      | 2.053               |                          |



Şekil 5.7 Dilim 37, dijital yüzey modeli, (SRTM C-band, UTM 6°, WGS84)



Şekil 5.8 Dilim 37, dijital yüzey modeli (ALOS AW3D, UTM 6°, WGS84)



Şekil 5.9 Dilim 37, diferansiyel yüzey modeli

Çizelge 5.5 Dilim 37, yatay konum öteleme hataları sonuçları ( $\mu$  = Ortalama hata)

| Referans<br>SYM  | Ötelenmiş<br>SYM | Bölge No | $\Delta X$ (m) | $\Delta Y$ (m) |
|------------------|------------------|----------|----------------|----------------|
| SRTM<br>( 30 m ) | ALOS<br>( 30 m ) | 37-1     | 3.695          | -34.198        |
|                  |                  | 37-2     | 5.590          | -34.053        |
|                  |                  | 37-3     | 3.738          | -34.889        |
|                  |                  | 37-4     | 4.147          | -28.943        |
|                  |                  | 37-5     | 2.109          | -30.757        |
|                  |                  | 37-6     | 3.540          | -33.956        |
|                  |                  | 37-7     | 3.274          | -33.073        |
|                  |                  | 37-8     | 4.436          | -30.691        |
|                  |                  | 37-9     | 3.539          | -31.637        |
|                  |                  | 37-10    | 2.488          | -33.187        |
|                  |                  | 37-11    | 3.198          | -34.035        |
|                  |                  | 37-12    | 3.759          | -34.123        |
|                  |                  | 37-13    | 4.958          | -31.331        |
|                  |                  | 37-14    | 2.592          | -30.589        |
|                  |                  | 37-15    | 3.116          | -31.943        |
|                  |                  | 37-16    | 3.997          | -33.023        |
| $\mu$            |                  |          | 3.636          | -32.527        |

**Çizelge 5.6** Dilim 37, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları

| Referans Model | Test Model     | Bölge                                      | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı | Sistematik Hata = 0 (m)    |                   | NMAD (m)                   |                     | Dahil Edilmeyen Noktalar (%) |
|----------------|----------------|--------------------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------|------------------------------|
|                |                |                                            |                 |              | SZ                         | SZ<br>$a < \% 10$ | NMAD                       | NMAD<br>$a < \% 10$ |                              |
| SRTM<br>(30 m) | ALOS<br>(30 m) | 37-1                                       | Açık ve Eğimsiz | 1576589      | 3.373<br>+ 7.314 x tan(a)  | 2.489             | 2.116<br>+ 9.679 x tan(a)  | 1.912               | 0.00                         |
|                |                | 37-1                                       | Orman           | 4487322      | 5.809<br>+ 4.502 x tan(a)  | 4.339             | 5.044<br>+ 4.696 x tan(a)  | 3.077               | 0.07                         |
|                |                | 37-1                                       | Eğim            | 6086212      | 6.165<br>+ 3.615 x tan(a)  | 4.251             | 5.07<br>+ 4.380 x tan(a)   | 3.112               | 0.08                         |
|                |                | 37-1                                       | Su              | 532545       | 4.18<br>+ 8.121 x tan(a)   | 3.697             | 2.519<br>+ 9.630 x tan(a)  | 2.758               | 0.05                         |
|                |                | 37-2                                       | Açık ve Eğimsiz | 388313       | 3.981<br>+ 9.065 x tan(a)  | 4.388             | 2.52<br>+ 11.492 x tan(a)  | 3.326               | 0.04                         |
|                |                | 37-2                                       | Orman           | 1987734      | 6.512<br>+ 6.236 x tan(a)  | 6.856             | 5.001<br>+ 7.761 x tan(a)  | 5.185               | 0.09                         |
|                |                | 37-2                                       | Eğim            | 3933257      | 5.669<br>+ 6.928 x tan(a)  | 5.488             | 3.9<br>+ 8.837 x tan(a)    | 3.925               | 0.07                         |
|                |                | 37-2                                       | Su              | 132407       | 2.684<br>+ 12.871 x tan(a) | 4.35              | 1.08<br>+ 15.556 x tan(a)  | 3.221               | 0.03                         |
|                |                | 37-3                                       | Açık ve Eğimsiz | 145088       | 7.463<br>+ 11.112 x tan(a) | 4.598             | 6.745<br>+ 13.424 x tan(a) | 3.933               | 0.11                         |
|                |                | 37-3                                       | Orman           | 3175669      | 9.838<br>+ 9.046 x tan(a)  | 6.407             | 8.519<br>+ 11.648 x tan(a) | 5.199               | 0.42                         |
|                |                | 37-3                                       | Eğim            | 4284963      | 10.4<br>+ 7.837 x tan(a)   | 6.323             | 8.913<br>+ 10.596 x tan(a) | 5.11                | 0.31                         |
|                |                | 37-3                                       | Su              | 118276       | 8.618<br>+ 11.731 x tan(a) | 5.014             | 8.02<br>+ 14.308 x tan(a)  | 4.001               | 0.55                         |
|                |                | Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                 |              | <b>4.939</b>               | <b>3.825</b>      | <b>3.794</b>               | <b>3.057</b>        |                              |
|                |                | Orman Ortalama Değerleri                   |                 |              | <b>7.386</b>               | <b>5.867</b>      | <b>6.188</b>               | <b>4.487</b>        |                              |
|                |                | Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                 |              | <b>7.411</b>               | <b>5.354</b>      | <b>5.961</b>               | <b>4.049</b>        |                              |
|                |                | Su Alanları Ortalama Değerleri             |                 |              | <b>5.161</b>               | <b>4.354</b>      | <b>3.873</b>               | <b>3.327</b>        |                              |

**Çizelge 5.6** Dilim 37, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları (devam ediyor)

| Referans Model   | Test Model       | Bölge                                      | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı         | Sistemik Hata = 0 (m)      |                   | NMAD (m)                   |                     | Dahil Edilmeyen Noktalar |
|------------------|------------------|--------------------------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------|--------------------------|
|                  |                  |                                            |                 |                      | SZ                         | SZ<br>$a < \% 10$ | NMAD                       | NMAD<br>$a < \% 10$ |                          |
| SRTM<br>( 30 m ) | ALOS<br>( 30 m ) | 37-4                                       | Açık ve Eğimsiz | Açık alan verisi yok | .....<br>.....             | .....             | .....<br>.....             | ....                | .....                    |
|                  |                  | 37-4                                       | Orman           | 6114772              | 6.681<br>+ 7.731 x tan(a)  | 8.543             | 4.83<br>+ 8.943 x tan(a)   | 6.223               | 0.39                     |
|                  |                  | 37-4                                       | Eğim            | 9096464              | 7.026<br>+ 7.139 x tan(a)  | 8.144             | 5.232<br>+ 8.135 x tan(a)  | 5.937               | 0.35                     |
|                  |                  | 37-4                                       | Su              | 990981               | 4.976<br>+ 9.222 x tan(a)  | 6.354             | 3.616<br>+ 9.998 x tan(a)  | 4.873               | 0.11                     |
|                  |                  | 37-5                                       | Açık ve Eğimsiz | 3724957              | 2.778<br>+ 6.411 x tan(a)  | 2.467             | 2.044<br>+ 7.099 x tan(a)  | 2.117               | 0                        |
|                  |                  | 37-5                                       | Orman           | 5730306              | 3.326<br>+ 8.395 x tan(a)  | 3.8               | 1.692<br>+ 10.849 x tan(a) | 2.881               | 0                        |
|                  |                  | 37-5                                       | Eğim            | 16853623             | 2.911<br>+ 9.006 x tan(a)  | 2.962             | 2.456<br>+ 8.804 x tan(a)  | 2.291               | 0                        |
|                  |                  | 37-5                                       | Su              | 1035644              | 2.563<br>+ 8.044 x tan(a)  | 2.821             | 1.113<br>+ 10.769 x tan(a) | 2.303               | 0                        |
|                  |                  | 37-6                                       | Açık ve Eğimsiz | 1538272              | 3.047<br>+ 11.085 x tan(a) | 2.814             | 1.842<br>+ 12.865 x tan(a) | 2.387               | 0                        |
|                  |                  | 37-6                                       | Orman           | 6078645              | 5.000<br>+ 7.586 x tan(a)  | 4.271             | 3.688<br>+ 8.531 x tan(a)  | 3.325               | 0.01                     |
|                  |                  | 37-6                                       | Eğim            | 21393293             | 3.144<br>+ 11.235 x tan(a) | 3.878             | 1.171<br>+ 13.301 x tan(a) | 2.954               | 0.03                     |
|                  |                  | 37-6                                       | Su              | 996185               | 5.358<br>+ 6.424 x tan(a)  | 3.85              | 3.922<br>+ 8.318 x tan(a)  | 3.097               | 0.02                     |
|                  |                  | Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                 |                      | <b>2.913</b>               | <b>2.641</b>      | <b>1.943</b>               | <b>2.252</b>        |                          |
|                  |                  | Orman Ortalama Değerleri                   |                 |                      | <b>5.002</b>               | <b>5.538</b>      | <b>3.403</b>               | <b>4.143</b>        |                          |
|                  |                  | Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                 |                      | <b>4.360</b>               | <b>4.995</b>      | <b>2.953</b>               | <b>3.727</b>        |                          |
|                  |                  | Su Alanları Ortalama Değerleri             |                 |                      | <b>4.299</b>               | <b>4.342</b>      | <b>2.884</b>               | <b>3.424</b>        |                          |

**Çizelge 5.6** Dilim 37, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları (devam ediyor)

| Referans Model | Test Model     | Bölge                                      | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı | Sistematik Hata = 0 (m)    |                   | NMAD (m)                   |                     | Dahil Edilmeyen Noktalar |
|----------------|----------------|--------------------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------|--------------------------|
|                |                |                                            |                 |              | SZ                         | SZ<br>$a < \% 10$ | NMAD                       | NMAD<br>$a < \% 10$ |                          |
| SRTM<br>(30 m) | ALOS<br>(30 m) | 37-7                                       | Açık ve Eğimsiz | 1827316      | 3.232<br>+ 9.299 x tan(a)  | 2.589             | 1.392<br>+ 11.556 x tan(a) | 2.178               | 0.01                     |
|                |                | 37-7                                       | Orman           | 5448259      | 4.498<br>+ 8.561 x tan(a)  | 4.685             | 3.361<br>+ 8.980 x tan(a)  | 3.567               | 0.05                     |
|                |                | 37-7                                       | Eğim            | 20281960     | 4.212<br>+ 9.519 x tan(a)  | 3.865             | 2.782<br>+ 10.411 x tan(a) | 2.966               | 0.08                     |
|                |                | 37-7                                       | Su              | 964825       | 4.758<br>+ 8.507 x tan(a)  | 3.367             | 3.101<br>+ 9.777 x tan(a)  | 2.612               | 0.07                     |
|                |                | 37-8                                       | Açık ve Eğimsiz | 3386031      | 2.695<br>+ 8.636 x tan(a)  | 2.665             | 1.588<br>+ 9.537 x tan(a)  | 2.179               | 0.01                     |
|                |                | 37-8                                       | Orman           | 1806710      | 4.487<br>+ 9.450 x tan(a)  | 4.301             | 2.101<br>+ 12.049 x tan(a) | 3.136               | 0.07                     |
|                |                | 37-8                                       | Eğim            | 18307349     | 3.746<br>+ 9.064 x tan(a)  | 3.478             | 2.241<br>+ 10.090 x tan(a) | 2.71                | 0.04                     |
|                |                | 37-8                                       | Su              | 937925       | 5.942<br>+ 7.239 x tan(a)  | 3.309             | 4.104<br>+ 9.059 x tan(a)  | 2.542               | 0.04                     |
|                |                | 37-9                                       | Açık ve Eğimsiz | 4880313      | 3.218<br>+ 8.693 x tan(a)  | 2.601             | 2.222<br>+ 9.846 x tan(a)  | 1.974               | 0.04                     |
|                |                | 37-9                                       | Orman           | 8661708      | 4.547<br>+ 9.470 x tan(a)  | 4.386             | 3.197<br>+ 10.645 x tan(a) | 3.402               | 0.10                     |
|                |                | 37-9                                       | Eğimli          | 20635676     | 3.924<br>+ 9.784 x tan(a)  | 3.282             | 2.588<br>+ 10.974 x tan(a) | 2.566               | 0.07                     |
|                |                | 37-9                                       | Su              | 1410595      | 3.369<br>+ 11.072 x tan(a) | 4.161             | 1.879<br>+ 11.919 x tan(a) | 2.464               | 0.23                     |
|                |                | Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                 |              | <b>3.048</b>               | <b>2.618</b>      | <b>1.734</b>               | <b>2.110</b>        |                          |
|                |                | Orman Ortalama Değerleri                   |                 |              | <b>4.511</b>               | <b>4.457</b>      | <b>2.886</b>               | <b>3.368</b>        |                          |
|                |                | Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                 |              | <b>3.961</b>               | <b>3.542</b>      | <b>2.537</b>               | <b>2.747</b>        |                          |
|                |                | Su Alanları Ortalama Değerleri             |                 |              | <b>4.690</b>               | <b>3.612</b>      | <b>3.028</b>               | <b>2.539</b>        |                          |

**Çizelge 5.6** Dilim 37, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları (devam ediyor)

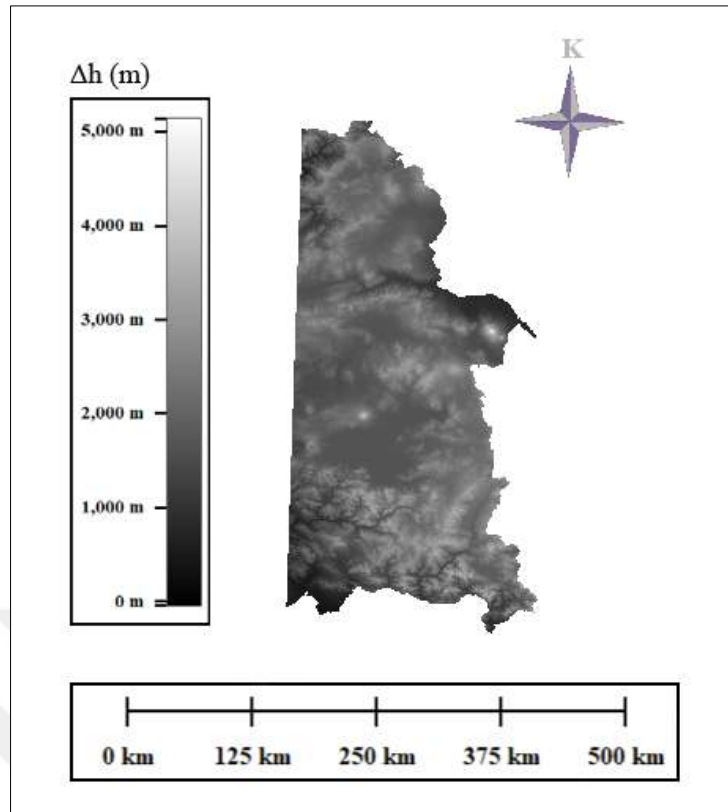
| Referans Model   | Test Model       | Bölge                                      | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı | Sistematik Hata = 0 (m)    |                   | NMAD (m)                    |                     | Dahil Edilmeyen Noktalar |
|------------------|------------------|--------------------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|
|                  |                  |                                            |                 |              | SZ                         | SZ<br>$a < \% 10$ | NMAD                        | NMAD<br>$a < \% 10$ |                          |
| SRTM<br>( 30 m ) | ALOS<br>( 30 m ) | 37-10                                      | Açık ve Eğimsiz | 3579433      | 4.287<br>+ 8.763 x tan(a)  | 2.999             | 3.208<br>+ 10.463 x tan(a)  | 2.281               | 0.00                     |
|                  |                  | 37-10                                      | Orman           | 3669596      | 4.247<br>+ 12.138 x tan(a) | 3.844             | 2.205<br>+ 14.914 x tan(a)  | 3.134               | 0.03                     |
|                  |                  | 37-10                                      | Eğimli          | 21511280     | 3.913<br>+ 12.394 x tan(a) | 3.403             | 3.303<br>+ 12.660 x tan(a)  | 2.673               | 0.02                     |
|                  |                  | 37-10                                      | Su              | 3632093      | 5.842<br>+ 9.768 x tan(a)  | 2.884             | 3.778<br>+ 12.804 x tan(a)  | 2.032               | 0.01                     |
|                  |                  | 37-11                                      | Açık ve Eğimsiz | 6260667      | 3.319<br>+ 5.037 x tan(a)  | 1.91              | 3.058<br>+ 4.966 x tan(a)   | 1.694               | 0.00                     |
|                  |                  | 37-11                                      | Orman           | 7567590      | 4.818<br>+ 7.442 x tan(a)  | 3.23              | 3.751<br>+ 7.966 x tan(a)   | 2.38                | 0.01                     |
|                  |                  | 37-11                                      | Eğimli          | 18757877     | 4.473<br>+ 7.563 x tan(a)  | 3.535             | 3.146<br>+ 8.538 x tan(a)   | 2.313               | 0.01                     |
|                  |                  | 37-11                                      | Su              | 2393881      | 1.767<br>+ 13.168 x tan(a) | 3.827             | -0.705<br>+ 16.658 x tan(a) | 2.286               | 0.01                     |
|                  |                  | 37-12                                      | Açık ve Eğimsiz | 6430716      | 4.477<br>+ 8.469 x tan(a)  | 2.586             | 3.072<br>+ 9.620 x tan(a)   | 2.025               | 0.03                     |
|                  |                  | 37-12                                      | Orman           | 7230391      | 4.007<br>+ 9.058 x tan(a)  | 3.388             | 2.923<br>+ 9.739 x tan(a)   | 2.829               | 0.01                     |
|                  |                  | 37-12                                      | Eğimli          | 17392266     | 4.623<br>+ 7.672 x tan(a)  | 3.248             | 3.608<br>+ 8.255 x tan(a)   | 2.667               | 0.01                     |
|                  |                  | 37-12                                      | Su              | 1343068      | 3.822<br>+ 9.934 x tan(a)  | 3.276             | 2.785<br>+ 10.304 x tan(a)  | 2.385               | 0.01                     |
|                  |                  | Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                 |              | <b>4.028</b>               | <b>2.498</b>      | <b>3.113</b>                | <b>2.000</b>        |                          |
|                  |                  | Orman Ortalama Değerleri                   |                 |              | <b>4.357</b>               | <b>3.487</b>      | <b>2.960</b>                | <b>2.781</b>        |                          |
|                  |                  | Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                 |              | <b>4.336</b>               | <b>3.395</b>      | <b>3.352</b>                | <b>2.551</b>        |                          |
|                  |                  | Su Alanları Ortalama Değerleri             |                 |              | <b>3.810</b>               | <b>3.329</b>      | <b>1.953</b>                | <b>2.234</b>        |                          |

**Çizelge 5.6** Dilim 37, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları (devam ediyor)

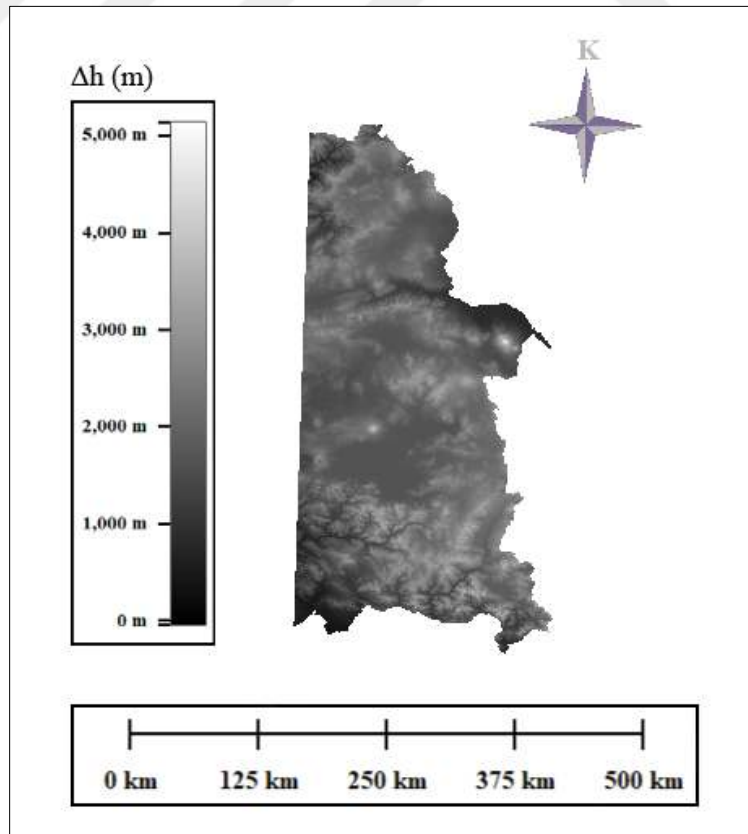
|                                            |                  |       |                 |              | Sistematik Hata = 0 (m)    |                       | NMAD (m)                   |                         | Dahil Edilmeyen Noktalar |
|--------------------------------------------|------------------|-------|-----------------|--------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Referans Model                             | Test Model       | Bölge | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı | SZ                         | SZ<br><i>a</i> < % 10 | NMAD                       | NMAD<br><i>a</i> < % 10 |                          |
| SRTM<br>( 30 m )                           | ALOS<br>( 30 m ) | 37-13 | Açık ve Eğimsiz | 4438045      | 1.751                      | 2.049                 | 1.204                      | 1.735                   | 0.01                     |
|                                            |                  |       |                 |              | + 9.956 x tan( <i>a</i> )  |                       | + 10.572 x tan( <i>a</i> ) |                         |                          |
|                                            |                  | 37-13 | Orman           | 5346233      | 4.905                      | 3.716                 | 2.982                      | 2.612                   | 0.15                     |
|                                            |                  |       |                 |              | + 9.329 x tan( <i>a</i> )  |                       | + 11.285 x tan( <i>a</i> ) |                         |                          |
|                                            |                  | 37-13 | Eğimli          | 7623914      | 4.595                      | 3.049                 | 2.449                      | 2.274                   | 0.12                     |
|                                            |                  |       |                 |              | + 9.836 x tan( <i>a</i> )  |                       | + 12.107 x tan( <i>a</i> ) |                         |                          |
|                                            |                  | 37-13 | Su              | 350500       | 1.414                      | 2.337                 | -1.634                     | 1.848                   | 0.01                     |
|                                            |                  |       |                 |              | + 17.327 x tan( <i>a</i> ) |                       | + 22.820 x tan( <i>a</i> ) |                         |                          |
|                                            |                  | 37-14 | Açık ve Eğimsiz | 8539167      | 0.204                      | 2.17                  | -0.540                     | 1.799                   | 0.00                     |
|                                            |                  |       |                 |              | + 16.847 x tan( <i>a</i> ) |                       | + 16.975 x tan( <i>a</i> ) |                         |                          |
|                                            |                  | 37-14 | Orman           | 217116       | 1.843                      | 2.398                 | 0.597                      | 1.684                   | 0.00                     |
|                                            |                  |       |                 |              | + 13.050 x tan( <i>a</i> ) |                       | + 14.354 x tan( <i>a</i> ) |                         |                          |
|                                            |                  | 37-14 | Eğimli          | 936788       | 4.887                      | 2.248                 | 2.845                      | 1.597                   | 0.00                     |
|                                            |                  |       |                 |              | + 8.559 x tan( <i>a</i> )  |                       | + 11.292 x tan( <i>a</i> ) |                         |                          |
|                                            |                  | 37-14 | Su              | 315885       | 3.166                      | 6.487                 | 0.296                      | 2.193                   | 0.00                     |
|                                            |                  |       |                 |              | + 11.530 x tan( <i>a</i> ) |                       | + 15.416 x tan( <i>a</i> ) |                         |                          |
|                                            |                  | 37-15 | Açık ve Eğimsiz | 9662414      | 4.380                      | 1.955                 | 3.854                      | 1.703                   | 0.00                     |
|                                            |                  |       |                 |              | + 4.497 x tan( <i>a</i> )  |                       | + 5.297 x tan( <i>a</i> )  |                         |                          |
|                                            |                  | 37-15 | Orman           | 187163       | 1.461                      | 2.068                 | 0.321                      | 1.902                   | 0.00                     |
|                                            |                  |       |                 |              | + 10.582 x tan( <i>a</i> ) |                       | + 13.622 x tan( <i>a</i> ) |                         |                          |
|                                            |                  | 37-15 | Eğimli          | 460286       | 1.862                      | 1.907                 | 1.640                      | 1.8                     | 0.00                     |
|                                            |                  |       |                 |              | + 8.638 x tan( <i>a</i> )  |                       | + 8.365 x tan( <i>a</i> )  |                         |                          |
|                                            |                  | 37-15 | Su              | 95790        | 1.637                      | 1.572                 | 1.381                      | 1.477                   | 0.00                     |
|                                            |                  |       |                 |              | + 2.668 x tan( <i>a</i> )  |                       | + 1.845 x tan( <i>a</i> )  |                         |                          |
| Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                  |       |                 |              | 2.112                      | 2.058                 | 1.506                      | 1.746                   |                          |
| Orman Ortalama Değerleri                   |                  |       |                 |              | 2.736                      | 2.727                 | 1.300                      | 2.066                   |                          |
| Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                  |       |                 |              | 3.781                      | 2.401                 | 2.311                      | 1.890                   |                          |
| Su Alanları Ortalama Değerleri             |                  |       |                 |              | 2.072                      | 3.465                 | 0.014                      | 1.839                   |                          |

**Çizelge 5.6** Dilim 37, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları (devam ediyor)

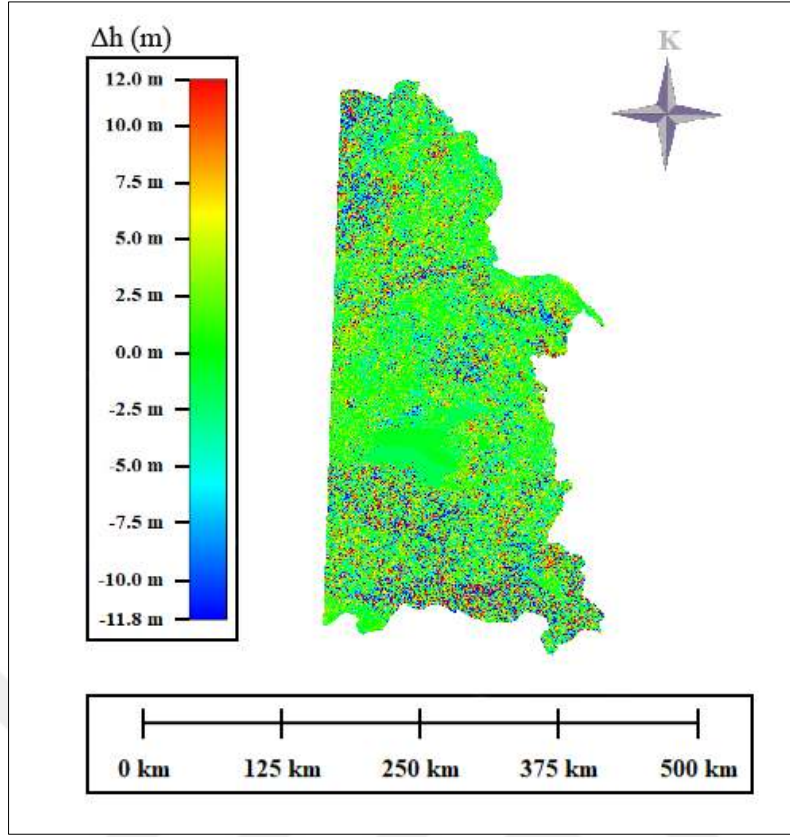
|                                            |                  |       |                 |              | Sistematik Hata = 0 (m)    |                       | NMAD (m)                   |                         | Dahil Edilmeyen Noktalar |
|--------------------------------------------|------------------|-------|-----------------|--------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Referans Model                             | Test Model       | Bölge | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı | SZ                         | SZ<br><i>a</i> < % 10 | NMAD                       | NMAD<br><i>a</i> < % 10 |                          |
| SRTM<br>( 30 m )                           | ALOS<br>( 30 m ) | 37-16 | Açık ve Eğimsiz | 3390887      | 4.219<br>+ 7.073 x tan(a)  | 2.261                 | 2.948<br>+ 8.277 x tan(a)  | 1.807                   | 0.01                     |
|                                            |                  | 37-16 | Orman           | 880754       | 2.160<br>+ 10.586 x tan(a) | 2.525                 | 1.175<br>+ 11.310 x tan(a) | 2.096                   | 0.00                     |
|                                            |                  | 37-16 | Eğimli          | 407243       | 2.418<br>+ 8.327 x tan(a)  | 2.696                 | 2.068<br>+ 8.082 x tan(a)  | 2.370                   | 0.01                     |
|                                            |                  | 37-16 | Su              | 115957       | 2.133<br>+ 14.451 x tan(a) | 2.268                 | 0.947<br>+ 16.592 x tan(a) | 1.616                   | 0.01                     |
| Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                  |       |                 |              | 4.219                      | 2.261                 | 2.948                      | 1.807                   |                          |
| Orman Ortalama Değerleri                   |                  |       |                 |              | 2.160                      | 2.525                 | 1.175                      | 2.096                   |                          |
| Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                  |       |                 |              | 2.418                      | 2.696                 | 2.068                      | 2.370                   |                          |
| Su Alanları Ortalama Değerleri             |                  |       |                 |              | 2.133                      | 2.268                 | 0.947                      | 1.616                   |                          |



Şekil 5.10 Dilim 38, dijital yüzey modeli, (SRTM C-band, UTM 6°, WGS84)



Şekil 5.11 Dilim 38, dijital yüzey modeli (ALOS AW3D, UTM 6°, WGS84)



Şekil 5.12 Dilim 37, diferansiyel yüzey modeli

Çizelge 5.7 Dilim 38, yatay konum öteleme hataları sonuçları ( $\mu$  = Ortalama hata)

| Referans<br>SYM  | Ötelenmiş<br>SYM | Bölge No | $\Delta X$ (m) | $\Delta Y$ (m) |
|------------------|------------------|----------|----------------|----------------|
| SRTM<br>( 30 m ) | ALOS<br>( 30 m ) | 38-1     | 1.004          | -31.488        |
|                  |                  | 38-2     | 0.594          | -27.992        |
|                  |                  | 38-3     | 0.787          | -30.858        |
|                  |                  | 38-4     | 4.972          | -28.580        |
|                  |                  | 38-5     | 3.563          | -31.050        |
|                  |                  | 38-6     | 4.033          | -30.830        |
|                  |                  | 38-7     | 2.459          | -30.742        |
|                  |                  | 38-8     | 4.607          | -31.816        |
| $\mu$            |                  |          | 2.752          | -30.419        |

Çizelge 5.8 Dilim 38, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları

| Referans Model   | Test Model       | Bölge                                      | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı     | Sistematik Hata = 0 (m)    |                   | NMAD (m)                   |                     | Dahil Edilmeyen Noktalar (%) |
|------------------|------------------|--------------------------------------------|-----------------|------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------|------------------------------|
|                  |                  |                                            |                 |                  | SZ                         | SZ<br>$a < \% 10$ | NMAD                       | NMAD<br>$a < \% 10$ |                              |
| SRTM<br>( 30 m ) | ALOS<br>( 30 m ) | 38-1                                       | Açık ve Eğimsiz | 2710915          | 5.103<br>+ 8.532 x tan(a)  | 3.276             | 3.730<br>+ 9.158 x tan(a)  | 2.863               | 0.01                         |
|                  |                  | 38-1                                       | Orman           | 2773472          | 5.852<br>+ 7.291 x tan(a)  | 5.195             | 4.233<br>+ 8.461 x tan(a)  | 3.629               | 0.06                         |
|                  |                  | 38-1                                       | Eğimli          | 6612299          | 4.491<br>+9.013 x tan(a)   | 4.467             | 2.911<br>+ 10.095 x tan(a) | 3.329               | 0.04                         |
|                  |                  | 38-1                                       | Su              | 302310           | 2.861<br>+ 11.541 x tan(a) | 3.442             | 1.398<br>+12.133 x tan(a)  | 2.324               | 0.04                         |
|                  |                  | 38-2                                       | Açık ve Eğimsiz | 454015           | 2.400<br>+ 13.149 x tan(a) | 3.040             | 0.800<br>+15.202 x tan(a)  | 2.648               | 0.00                         |
|                  |                  | 38-2                                       | Orman           | Orman verisi yok | .....                      | .....             | .....                      | .....               | .....                        |
|                  |                  | 38-2                                       | Eğimli          | Eğim verisi yok  | .....                      | .....             | .....                      | .....               | .....                        |
|                  |                  | 38-2                                       | Su              | 23361            | 4.331<br>+0.890 x tan(a)   | 3.346             | 3.903<br>1.729 x tan(a)    | 2.983               | 0.00                         |
|                  |                  | 38-3                                       | Açık ve Eğimsiz | 5445569          | 3.549<br>+ 10.374 x tan(a) | 3.325             | 2.105<br>+11.201 x tan(a)  | 2.638               | 0.01                         |
|                  |                  | 38-3                                       | Orman           | 1030415          | 4.881<br>+ 10.390 x tan(a) | 5.227             | 2.705<br>+ 12.921 x tan(a) | 4.322               | 0.07                         |
|                  |                  | 38-3                                       | Eğimli          | 15447685         | 5.277<br>+8.035 x tan(a)   | 3.990             | 3.473<br>+ 9.737 x tan(a)  | 3.081               | 0.03                         |
|                  |                  | 38-3                                       | Su              | 413885           | 4.059<br>+ 9.730 x tan(a)  | 3.293             | 1.953<br>+ 12.529 x tan(a) | 2.623               | 0.01                         |
|                  |                  | Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                 |                  | <b>3.684</b>               | <b>3.214</b>      | <b>2.212</b>               | <b>2.716</b>        |                              |
|                  |                  | Orman Ortalama Değerleri                   |                 |                  | <b>5.367</b>               | <b>5.211</b>      | <b>3.469</b>               | <b>3.976</b>        |                              |
|                  |                  | Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                 |                  | <b>4.884</b>               | <b>4.229</b>      | <b>3.192</b>               | <b>3.205</b>        |                              |
|                  |                  | Su Alanları Ortalama Değerleri             |                 |                  | <b>3.750</b>               | <b>3.360</b>      | <b>2.418</b>               | <b>2.643</b>        |                              |

**Çizelge 5.8** Dilim 38, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları (devam ediyor)

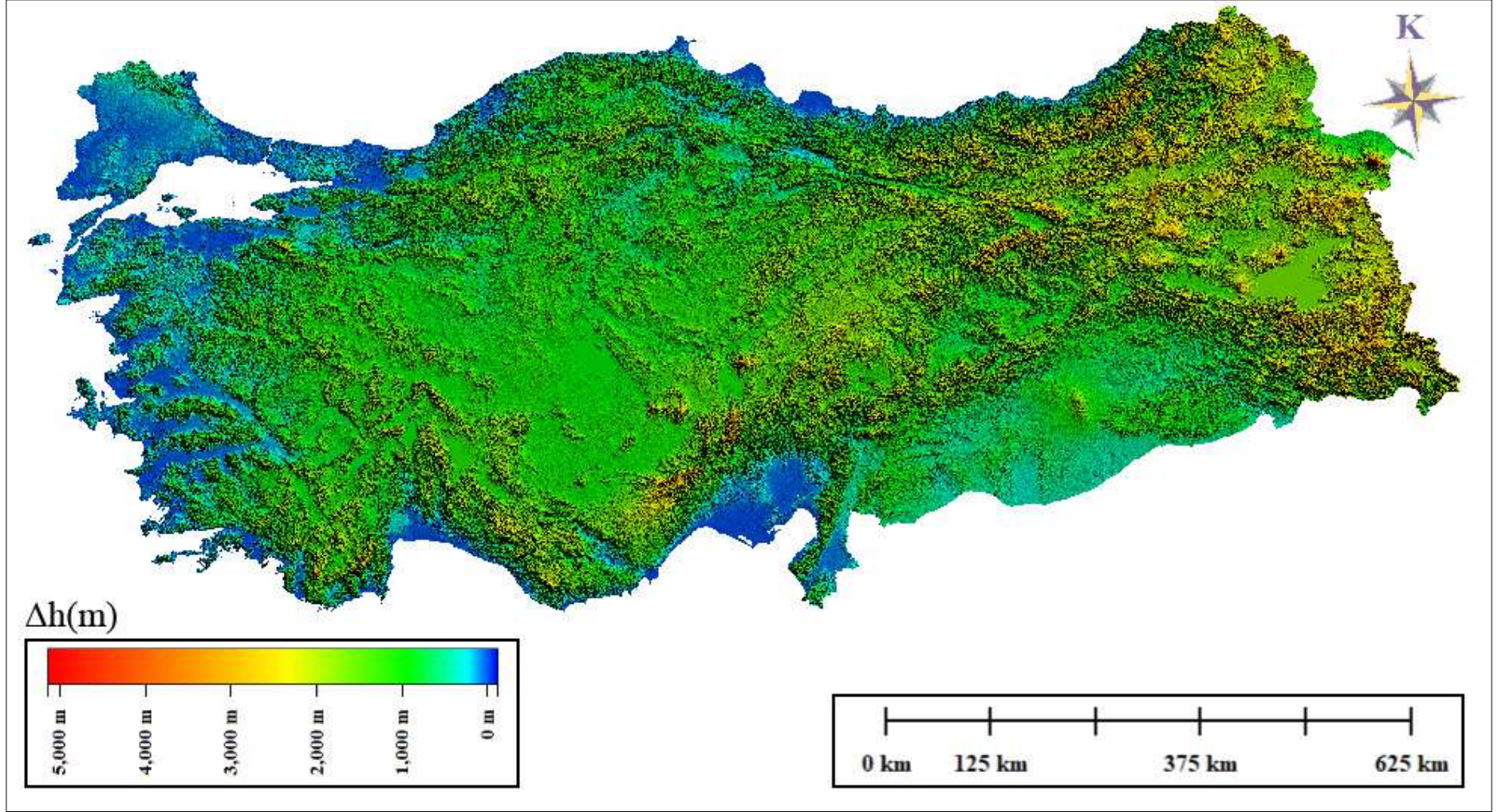
| Referans Model | Test Model     | Bölge                                      | Arazi Sınıfları | Nokta Sayısı | Sistematik Hata = 0 (m)    |                   | NMAD (m)                   |                     | Dahil Edilmeyen Noktalar |
|----------------|----------------|--------------------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------|--------------------------|
|                |                |                                            |                 |              | SZ                         | SZ<br>$a < \% 10$ | NMAD                       | NMAD<br>$a < \% 10$ |                          |
| SRTM<br>(30 m) | ALOS<br>(30 m) | 38-4                                       | Açık ve Eğimsiz | 1869321      | 2.916<br>+ 12.771 x tan(a) | 2.661             | 1.099<br>+15.592 x tan(a)  | 2.379               | 0.00                     |
|                |                | 38-4                                       | Orman           | 4982         | 5.980<br>+ 9.616 x tan(a)  | 2.810             | 5.095<br>+11.712 x tan(a)  | 2.506               | 0.00                     |
|                |                | 38-4                                       | Eğimli          | 6455881      | 4.148<br>+ 9.356 x tan(a)  | 3.382             | 2.032<br>+ 11.456 x tan(a) | 2.906               | 0.02                     |
|                |                | 38-4                                       | Su              | 114545       | 1.433<br>+10.899 x tan(a)  | 3.001             | 0.526<br>+ 12.412 x tan(a) | 2.587               | 0.09                     |
|                |                | 38-5                                       | Açık ve Eğimsiz | 2114864      | 3.675<br>+ 6.263 x tan(a)  | 2.460             | 2.375<br>+ 7.823 x tan(a)  | 2.343               | 0.01                     |
|                |                | 38-5                                       | Orman           | 5336430      | 5.822<br>+ 7.354 x tan(a)  | 4.330             | 4.191<br>+8.599 x tan(a)   | 2.686               | 0.10                     |
|                |                | 38-5                                       | Eğimli          | 19526571     | 4.564<br>+ 9.159 x tan(a)  | 3.731             | 3.564<br>+ 9.595 x tan(a)  | 2.664               | 0.07                     |
|                |                | 38-5                                       | Su              | 4144344      | 4.950<br>+7.870 x tan(a)   | 1.582             | 2.475<br>+10.979 x tan(a)  | 1.486               | 0.01                     |
|                |                | 38-6                                       | Açık ve Eğimsiz | 1957644      | 3.361<br>+ 7.136 x tan(a)  | 2.798             | 2.791<br>+ 7.526 x tan(a)  | 2.433               | 0.00                     |
|                |                | 38-6                                       | Orman           | 301384       | 6.406<br>+ 9.150 x tan(a)  | 6.531             | 4.299<br>+ 10.553 x tan(a) | 4.034               | 0.52                     |
|                |                | 38-6                                       | Eğimli          | 12746746     | 4.448<br>+ 10.136 x tan(a) | 3.799             | 2.285<br>+ 12.149 x tan(a) | 3.114               | 0.10                     |
|                |                | 38-6                                       | Su              | 345874       | 6.118<br>+ 9.557 x tan(a)  | 3.459             | 3.538<br>+ 12.219 x tan(a) | 3.125               | 0.21                     |
|                |                | Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                 |              | <b>3.317</b>               | <b>2.640</b>      | <b>2.088</b>               | <b>2.385</b>        |                          |
|                |                | Orman Ortalama Değerleri                   |                 |              | <b>6.069</b>               | <b>4.557</b>      | <b>4.528</b>               | <b>3.075</b>        |                          |
|                |                | Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                 |              | <b>4.387</b>               | <b>3.637</b>      | <b>2.627</b>               | <b>2.895</b>        |                          |
|                |                | Su Alanları Ortalama Değerleri             |                 |              | <b>4.167</b>               | <b>2.681</b>      | <b>2.180</b>               | <b>2.399</b>        |                          |

**Çizelge 5.8** Dilim 38, mutlak düşey konum doğruluk sonuçları (devam ediyor)

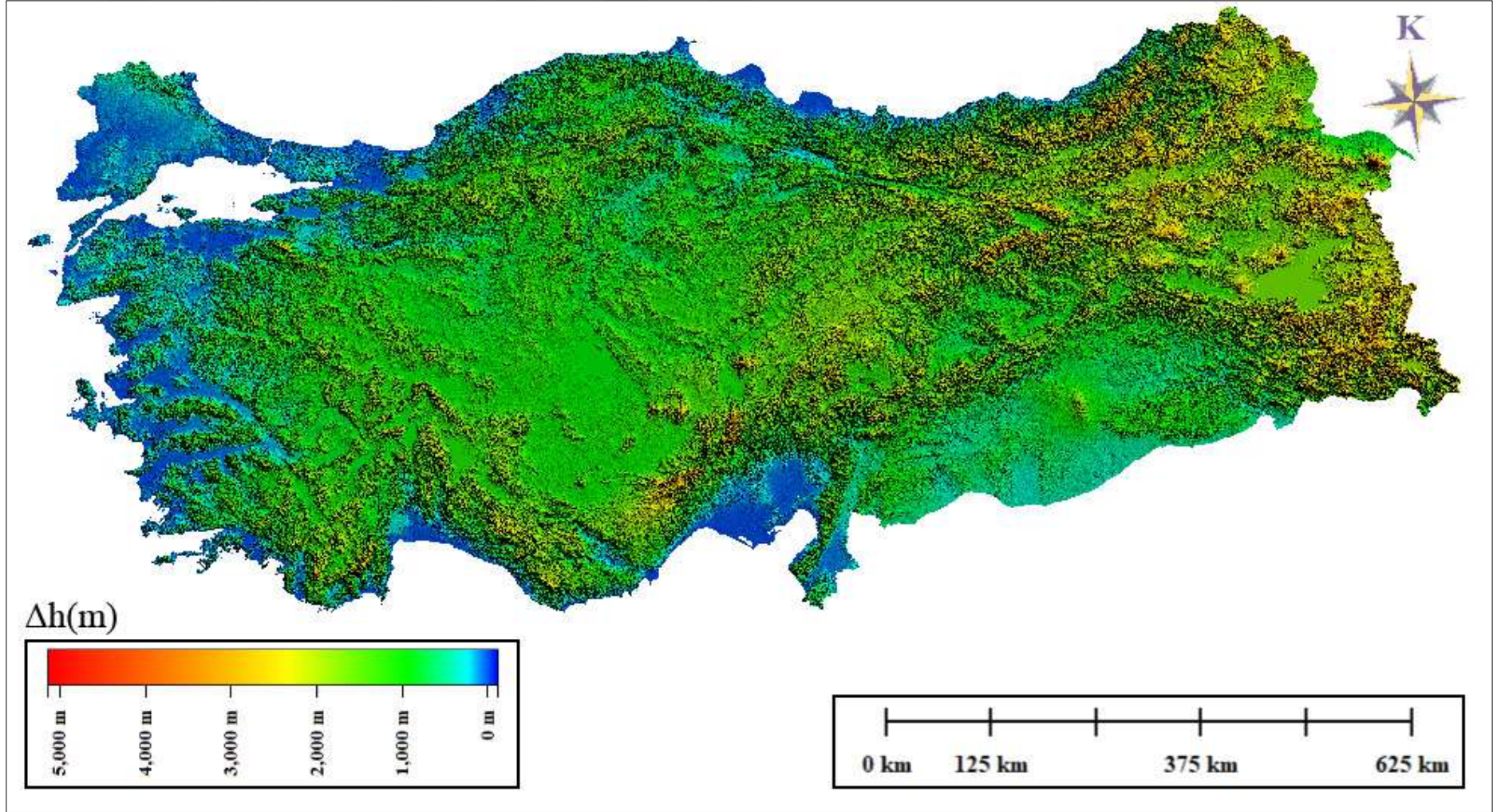
|                       |                   |                                            |                        |                     | <i>SZ (bias = 0) (m)</i>  |                           | <i>NMAD (m)</i>            |                             | <i>Dahil Edilmeyen Noktalar</i> |
|-----------------------|-------------------|--------------------------------------------|------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| <i>Referans Model</i> | <i>Test Model</i> | <i>Bölge</i>                               | <i>Arazi Sınıfları</i> | <i>Nokta Sayısı</i> | <i>SZ</i>                 | <i>SZ<br/>a &lt; % 10</i> | <i>NMAD</i>                | <i>NMAD<br/>a &lt; % 10</i> |                                 |
| SRTM<br>( 30 m )      | ALOS<br>( 30 m )  | 38-7                                       | Açık                   | Veri yok            | .....                     | .....                     | .....                      | .....                       | .....                           |
|                       |                   | 38-7                                       | Orman                  | 958729              | 6.781<br>+ 7.755 x tan(a) | 5.062                     | 4.682<br>+ 9.720 x tan(a)  | 3.150                       | 0.14                            |
|                       |                   | 38-7                                       | Eğimli                 | 1450701             | 6.775<br>+7.687 x tan(a)  | 5.307                     | 4.431<br>+9.804 x tan(a)   | 3.182                       | 0.18                            |
|                       |                   | 38-7                                       | Su                     | 50788               | 5.187<br>+ 5.336 x tan(a) | 2.942                     | 3.344<br>+ 7.494 x tan(a)  | 2.045                       | 0.02                            |
|                       |                   | 38-8                                       | Açık                   | 87975               | 5.400<br>+ 3.505 x tan(a) | 3.655                     | 4.553<br>+ 3.734 x tan(a)  | 2.490                       | 0.03                            |
|                       |                   | 38-8                                       | Orman                  | 1518399             | 6.846<br>+ 7.277 x tan(a) | 6.327                     | 5.139<br>+ 8.401 x tan(a)  | 4.160                       | 0.24                            |
|                       |                   | 38-8                                       | Eğimli                 | 2765483             | 6.502<br>+ 8.349 x tan(a) | 7.188                     | 4.133<br>+ 10.286 x tan(a) | 4.926                       | 0.33                            |
|                       |                   | 38-8                                       | Su                     | 17024               | 7.518<br>+ 9.383 x tan(a) | 10.711                    | 5.772<br>+ 11.214 x tan(a) | 9.771                       | 0.31                            |
|                       |                   | Açık ve Eğimsiz Alanlar Ortalama Değerleri |                        |                     | <b>5.400</b>              | <b>3.655</b>              | <b>4.553</b>               | <b>2.490</b>                |                                 |
|                       |                   | Orman Ortalama Değerleri                   |                        |                     | <b>6.814</b>              | <b>5.695</b>              | <b>4.911</b>               | <b>3.655</b>                |                                 |
|                       |                   | Eğimli Alanlar Ortalama Değerleri          |                        |                     | <b>6.639</b>              | <b>6.248</b>              | <b>4.282</b>               | <b>4.054</b>                |                                 |
|                       |                   | Su Alanları Ortalama Değerleri             |                        |                     | <b>6.353</b>              | <b>6.827</b>              | <b>4.558</b>               | <b>5.908</b>                |                                 |

**Çizelge 5.9** Türkiye mutlak düşey konum doğrulukları ortalamaları

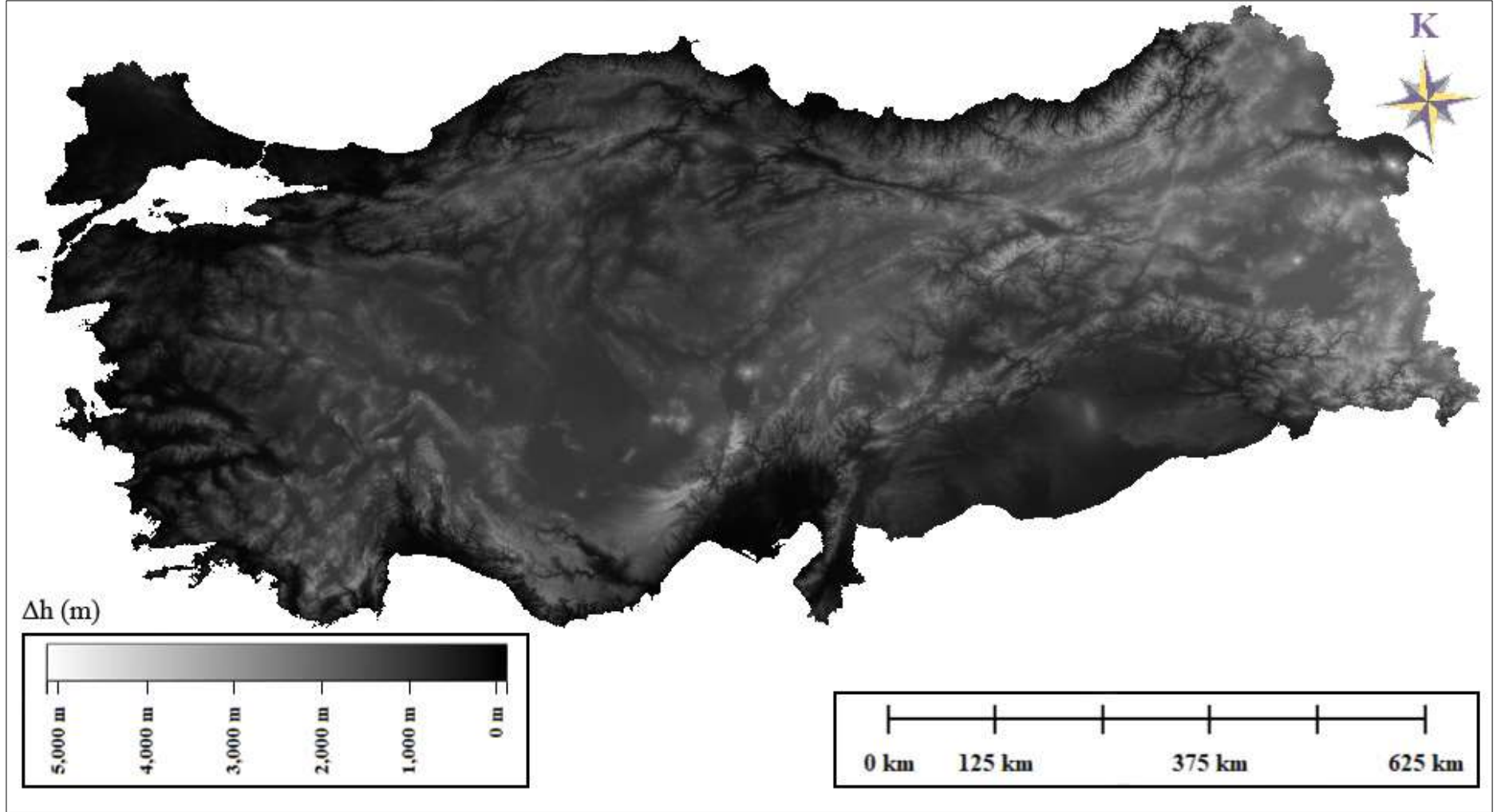
|                                  |                  |          |                 | SZ (m) |                       | NMAD (m) |                         |
|----------------------------------|------------------|----------|-----------------|--------|-----------------------|----------|-------------------------|
| Referans Model                   | Test Model       | Bölge    | Arazi Sınıfları | SZ     | SZ<br><i>a</i> < % 10 | NMAD     | NMAD<br><i>a</i> < % 10 |
| SRTM<br>( 30 m )                 | ALOS<br>( 30 m ) | Dilim 35 | Açık            | 3.081  | 2.364                 | 2.063    | 1.939                   |
|                                  |                  | Dilim 35 | Orman           | 3.883  | 3.569                 | 2.566    | 2.753                   |
|                                  |                  | Dilim 35 | Eğimli          | 3.823  | 3.620                 | 3.015    | 2.903                   |
|                                  |                  | Dilim 35 | Su              | 3.366  | 3.121                 | 1.823    | 2.247                   |
|                                  |                  | Dilim 36 | Açık            | 3.454  | 2.233                 | 2.480    | 1.905                   |
|                                  |                  | Dilim 36 | Orman           | 4.188  | 3.723                 | 2.863    | 2.904                   |
|                                  |                  | Dilim 36 | Eğimli          | 4.071  | 3.295                 | 2.656    | 2.550                   |
|                                  |                  | Dilim 36 | Su              | 4.461  | 2.901                 | 3.000    | 2.235                   |
|                                  |                  | Dilim 37 | Açık            | 3.543  | 2.650                 | 2.506    | 2.162                   |
|                                  |                  | Dilim 37 | Orman           | 4.359  | 4.100                 | 2.985    | 3.157                   |
|                                  |                  | Dilim 37 | Eğimli          | 4.378  | 3.731                 | 3.197    | 2.889                   |
|                                  |                  | Dilim 37 | Su              | 3.694  | 3.562                 | 2.116    | 2.497                   |
|                                  |                  | Dilim 38 | Açık            | 4.134  | 3.169                 | 2.951    | 2.530                   |
|                                  |                  | Dilim 38 | Orman           | 6.083  | 5.154                 | 4.303    | 3.569                   |
|                                  |                  | Dilim 38 | Eğimli          | 5.303  | 4.704                 | 3.367    | 3.385                   |
|                                  |                  | Dilim 38 | Su              | 4.757  | 4.289                 | 3.052    | 3.650                   |
| Ortalama Açık ve Eğimsiz Alanlar |                  |          |                 | 3.553  | 2.604                 | 2.500    | 2.134                   |
| Ortalama Orman Alanları          |                  |          |                 | 4.628  | 4.137                 | 3.179    | 3.096                   |
| Ortalama Eğimli Alanlar          |                  |          |                 | 4.394  | 3.838                 | 3.059    | 2.932                   |
| Ortalama Su Alanları             |                  |          |                 | 4.069  | 3.468                 | 2.498    | 2.657                   |



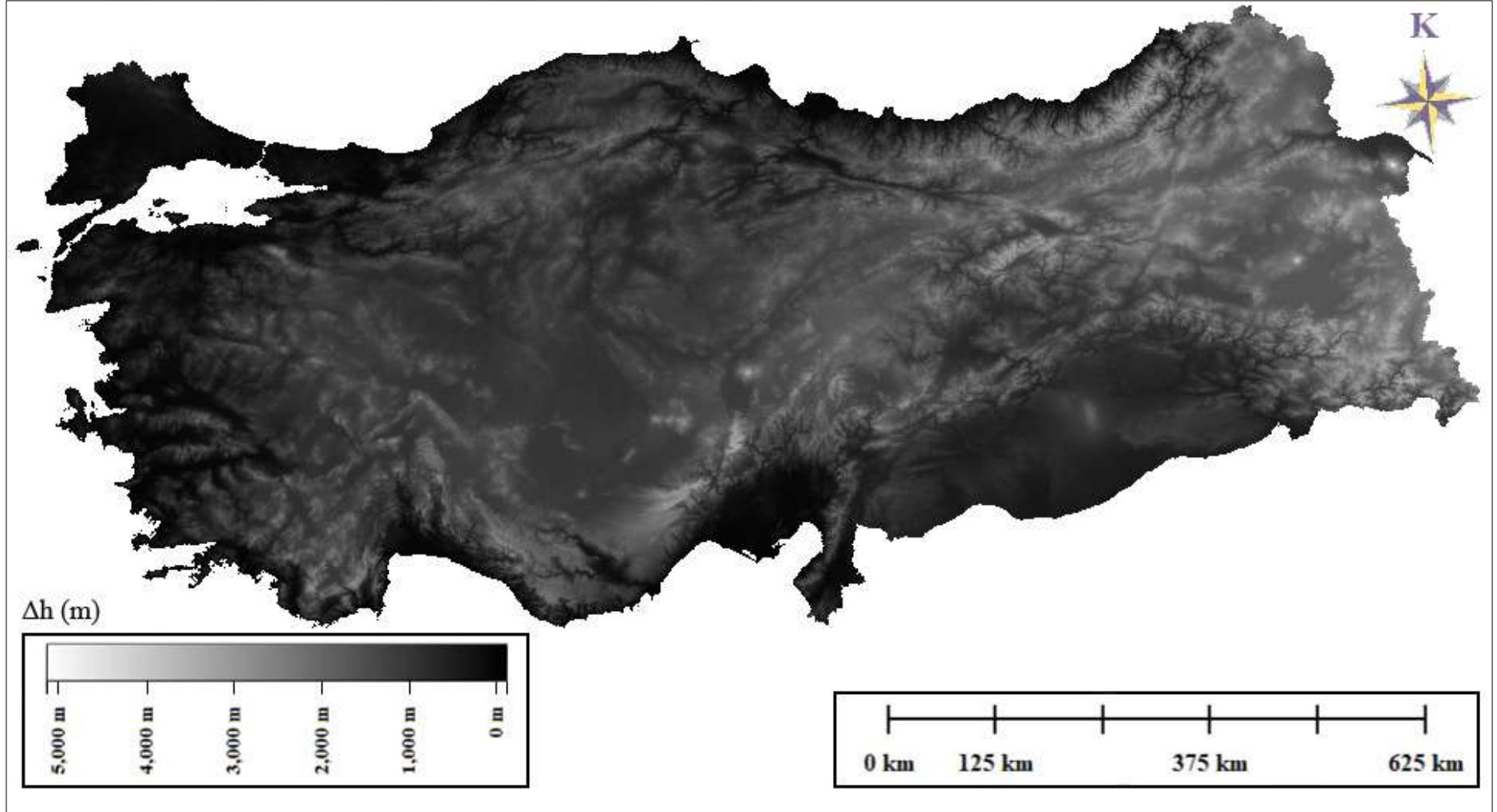
Şekil 5.13 Türkiye dijital yüzey modeli renk skalalı gösterimi (SRTM C-Band, UTM 6°, WGS84, 30 m grid)



Şekil 5.14 Türkiye dijital yüzey modeli renk skalalı gösterimi (ALOS AW3D, UTM 6°, WGS84, 30 m grid)



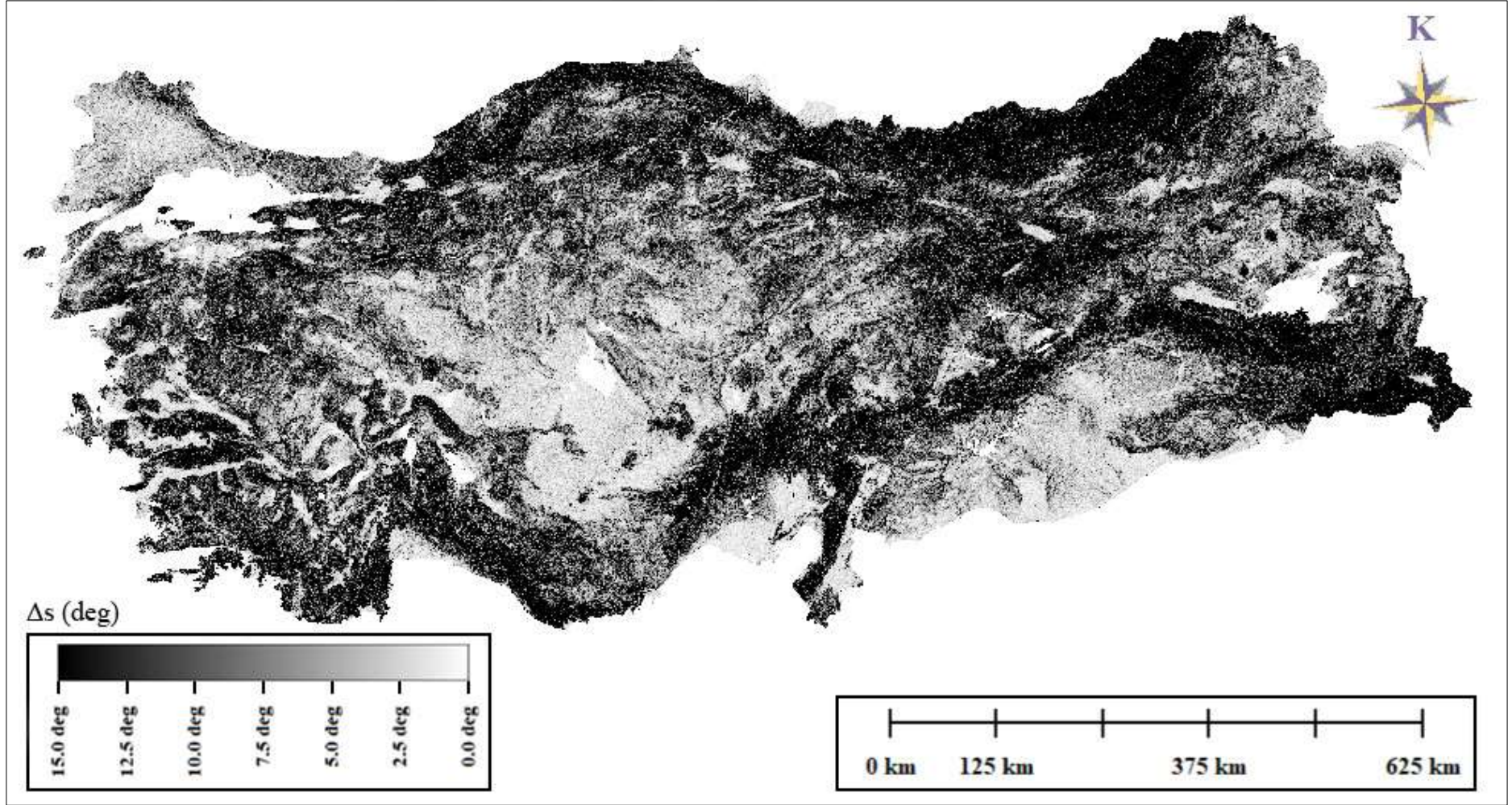
Şekil 5.15 Türkiye dijital yüzey modeli, gri renk skalalı gösterimi (SRTM C-Band, UTM 6°, WGS84, 30 m grid)



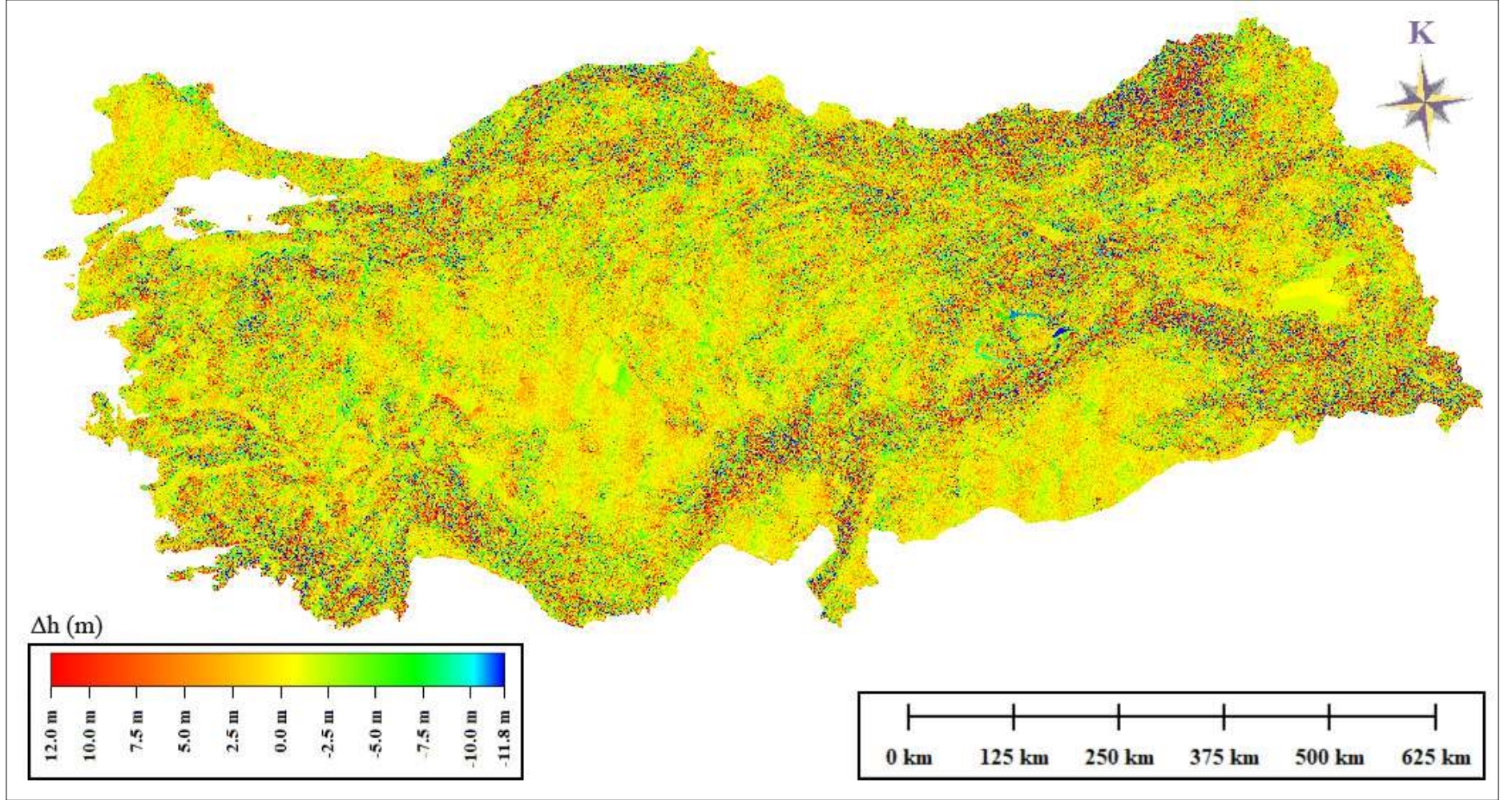
Şekil 5.16 Türkiye dijital yüzey modeli, gri renk skalalı gösterimi (ALOS AW3D, UTM 6°, WGS84, 30 m grid)



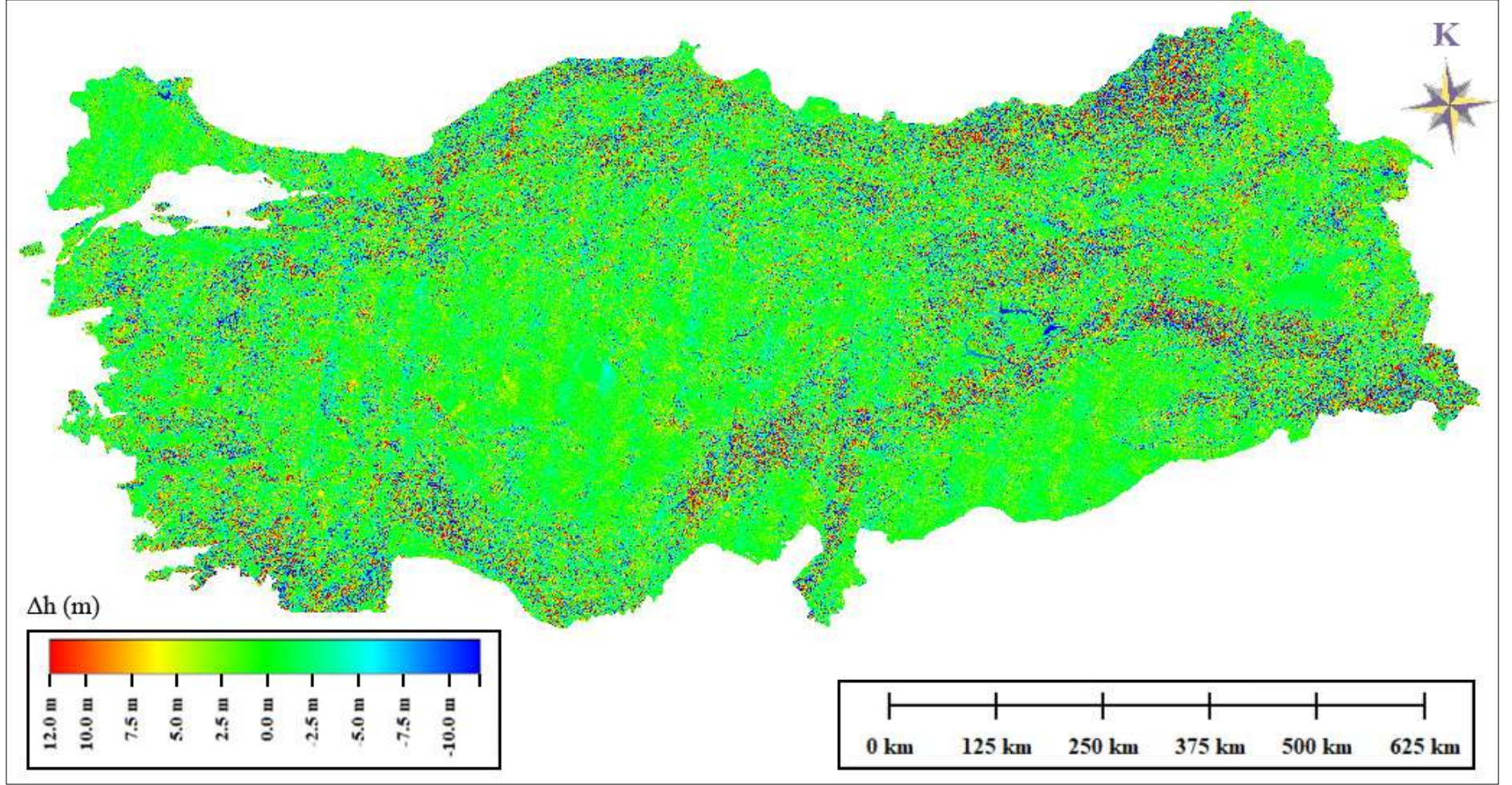
Şekil 5.17 Elde edilen dijital yüzey modelinin Google Earth programına aktarılması (SRTM C-band, UTM 6°,WGS84)



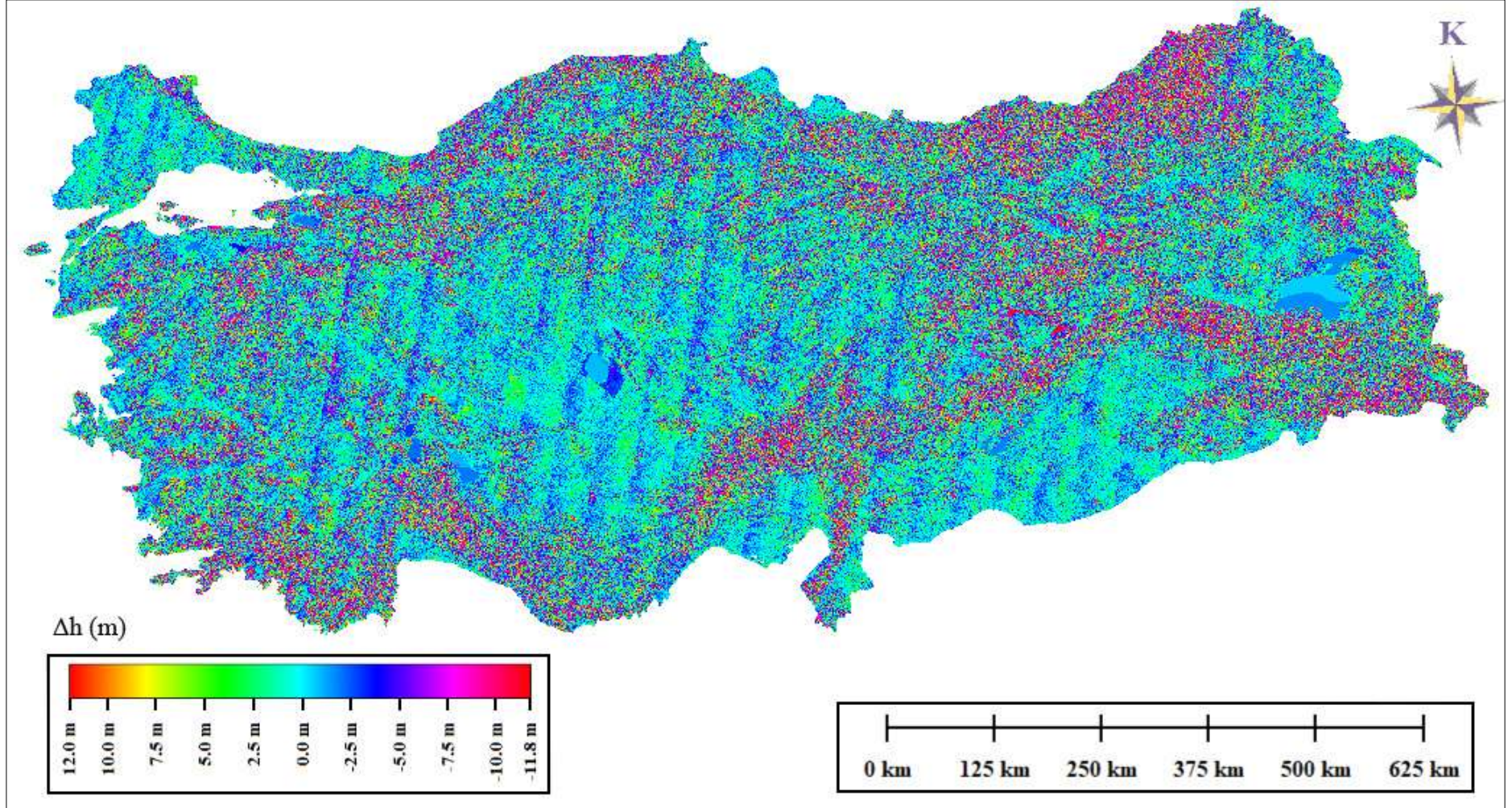
Şekil 5.18 Türkiye eğim haritası (SRTM C-band, UTM 6°, WGS84)



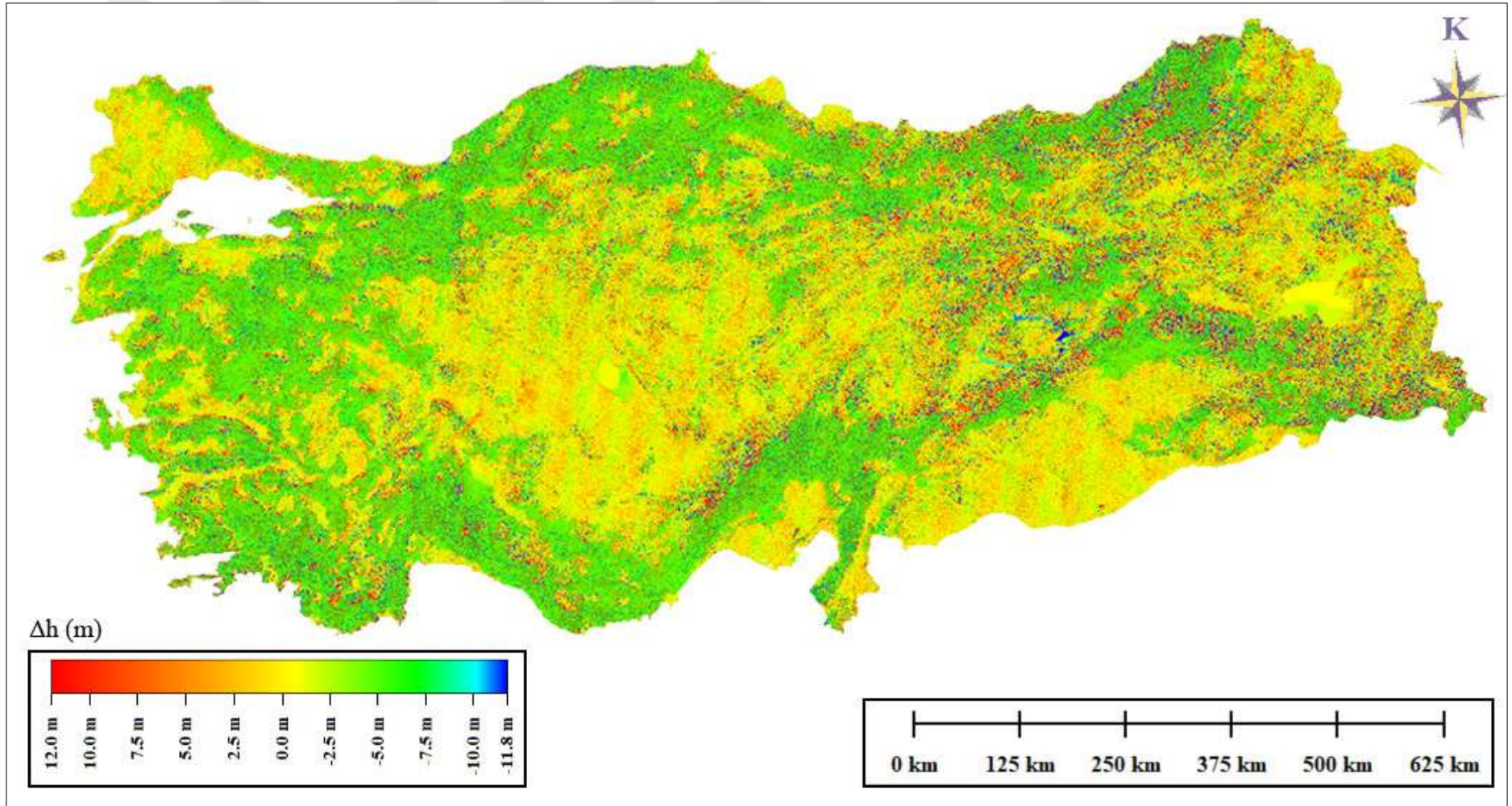
Şekil 5.19 ALOS ve SRTM uyduları ile üretilmiş Türkiye fark haritası (1. Gösterim)



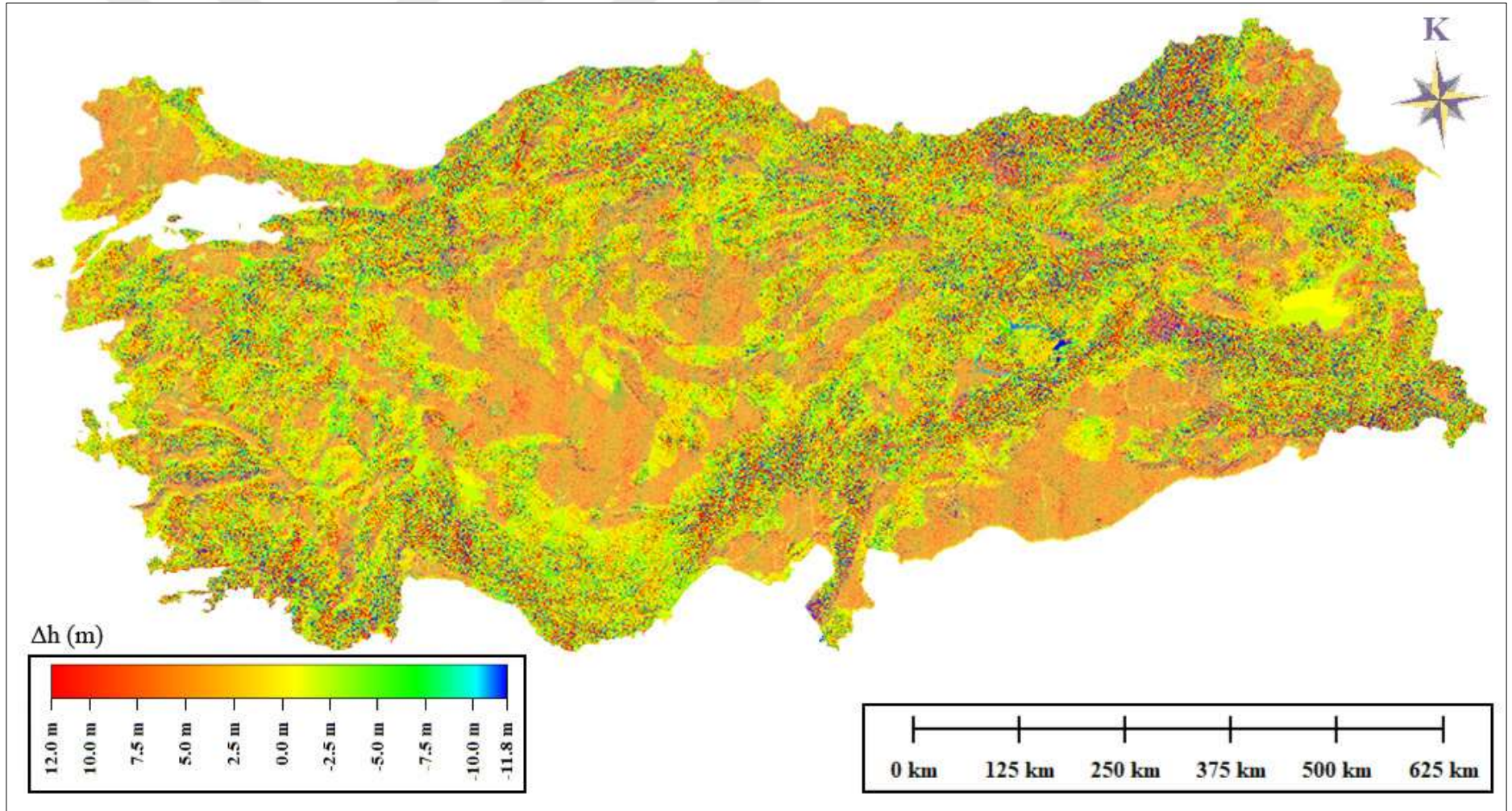
Şekil 5.20 ALOS ve SRTM uyduları ile üretilmiş Türkiye fark haritası (2. Gösterim)



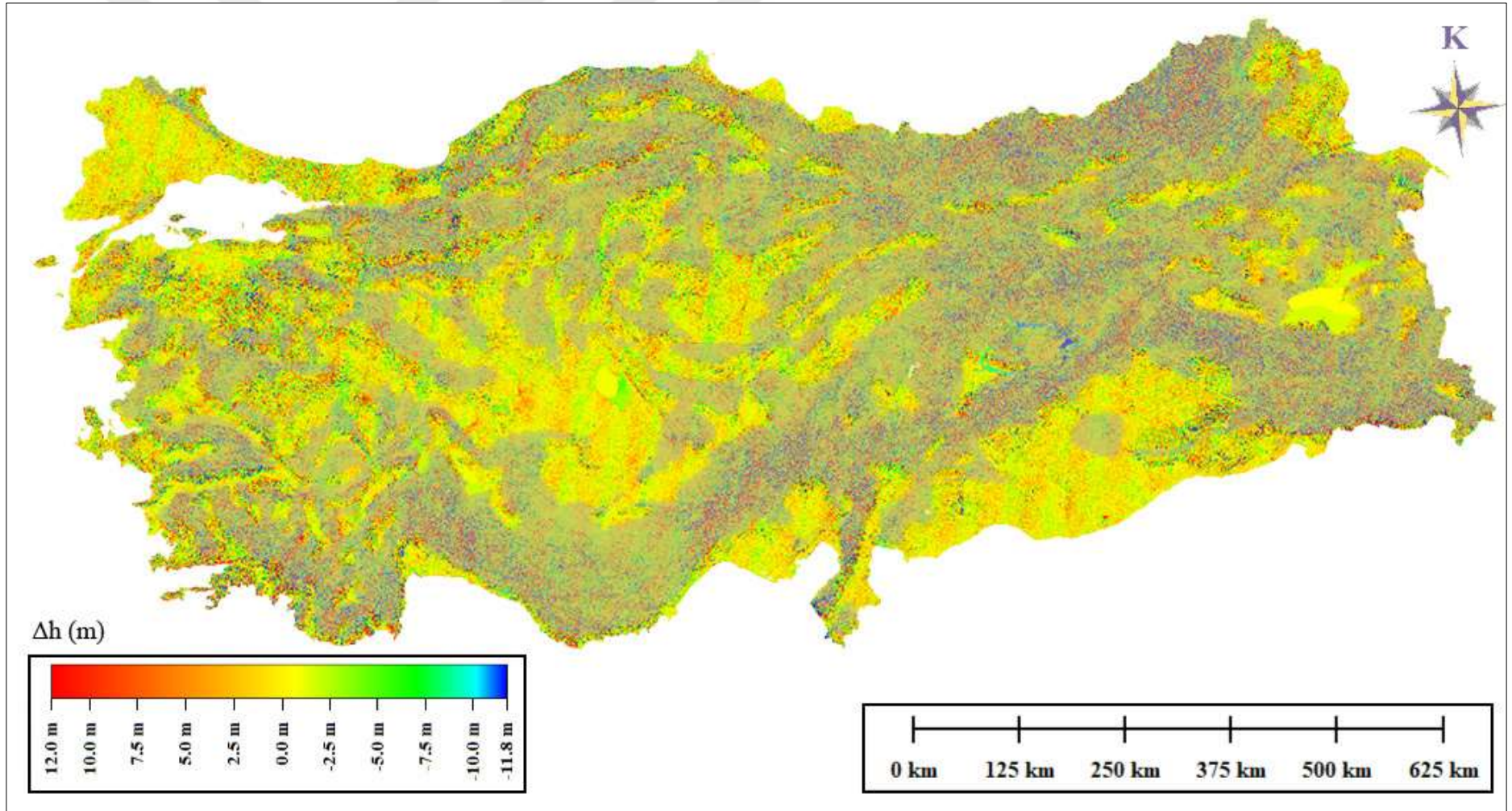
Şekil 5.21 ALOS ve SRTM uyduları ile üretilmiş Türkiye fark haritası (3. Gösterim)



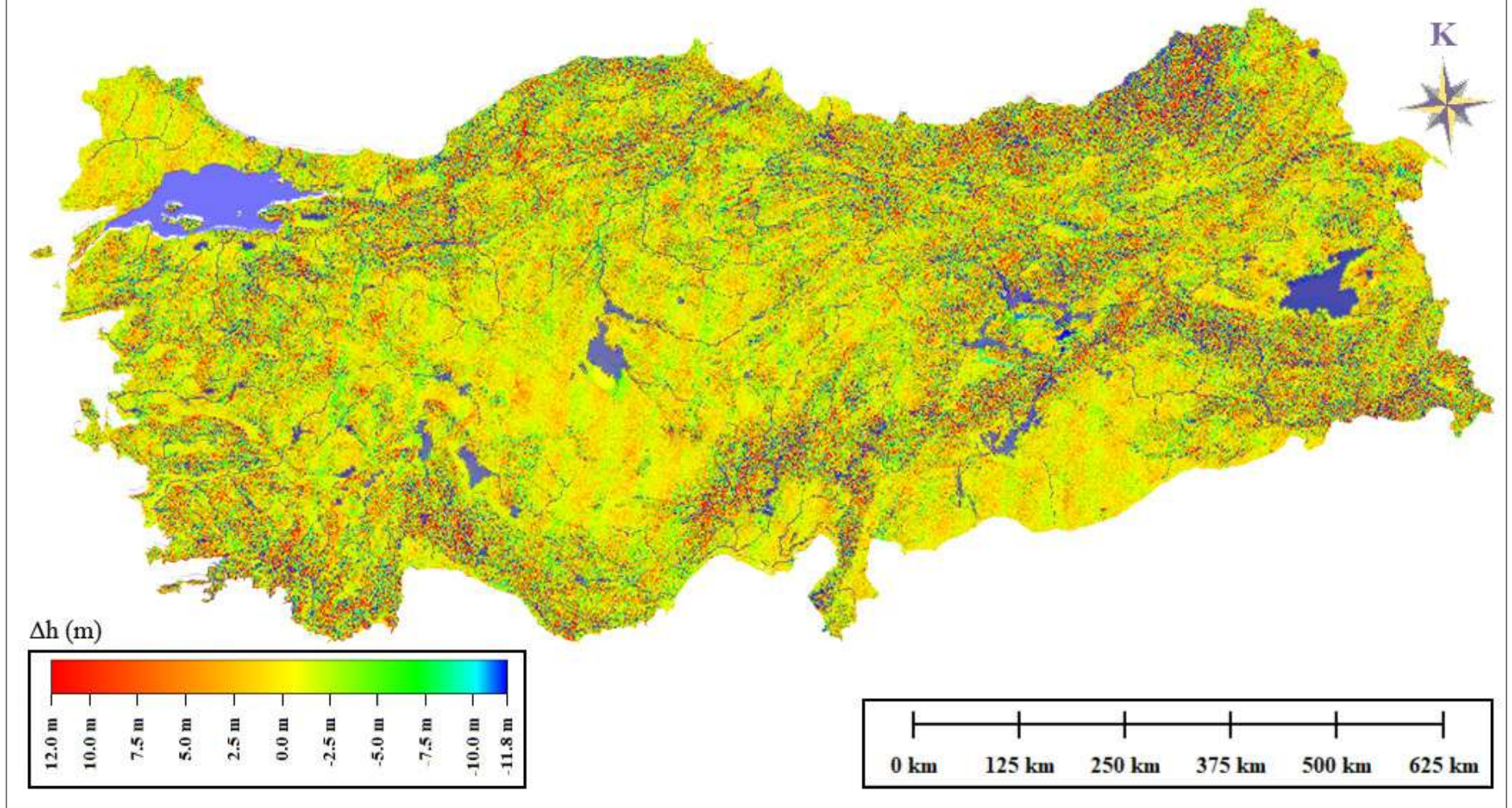
Şekil 5.22 ALOS ve SRTM uyduları ile üretilmiş Türkiye fark haritasının orman varlığı üzerinde gösterimi



Şekil 5.23 ALOS ve SRTM uyduları ile üretilmiş Türkiye fark haritasının açık alanlar üzerinde gösterimi



Şekil 5.24 ALOS ve SRTM uyduları ile üretilmiş Türkiye fark haritasının eğimli alanlar üzerinde gösterimi



Şekil 5.25 ALOS ve SRTM uyduları ile üretilmiş Türkiye fark haritasının su alanları üzerinde gösterimi

## BÖLÜM 6

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada kırk sekiz ayrı SRTM yüzey modeli ve kırk sekiz ayrı ALOS AW3D yüzey modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan yüzey modelleri mozaiklenmiş ve Türkiye dijital yüzey modelleri elde edilmiştir. Dört farklı dilim ve her bir dilim için dört farklı arazi sınıfı kullanılarak elde edilen tüm modeller üzerinde ilk önce yatay konum öteleme hataları tespit edilmiş daha sonra sınıflı veri analizleri gerçekleştirilmiş ve tüm Türkiye için mutlak düşey konum ortalama değerleri elde edilmiştir.

**Çizelge 6.1** Türkiye ortalama yatay konum öteleme hataları sonuçları ( $\mu$  = ortalama)

| Referans         | Ötelenmiş        | Bölge No | $\Delta X$ (m) | $\Delta Y$ (m) |
|------------------|------------------|----------|----------------|----------------|
| SYM              | SYM              |          |                |                |
| SRTM<br>( 30 m ) | ALOS<br>( 30 m ) | Dilim 35 | 30.436         | -31.344        |
|                  |                  | Dilim 36 | 10.301         | -31.579        |
|                  |                  | Dilim 37 | 3.636          | -32.527        |
|                  |                  | Dilim 38 | 2.752          | -30.419        |
| ( $\mu$ )        |                  |          | <b>11.781</b>  | <b>-31.467</b> |

Çizelge 6.1 ‘den görüldüğü gibi ALOS DYM’leri X yönünde 11.781 m, Y yönünde -31.467 m ötelenmiştir.

**Çizelge 6.2** Türkiye ortalama mutlak düşey konum doğrulukları sonuçları

|                   |                  |                                            | $SZ$ (m) |                     | $NMAD$ (m) |                       |
|-------------------|------------------|--------------------------------------------|----------|---------------------|------------|-----------------------|
| Referans<br>Model | Test<br>Model    | Arazi Sınıfları $\mu$ (ortalama değerleri) | $SZ$     | $SZ$<br>$a < \% 10$ | $NMAD$     | $NMAD$<br>$a < \% 10$ |
| SRTM<br>( 30 m )  | ALOS<br>( 30 m ) | Açık ve Eğimsiz Alanlar                    | 3.553    | 2.604               | 2.500      | 2.134                 |
|                   |                  | Orman Alanları                             | 4.628    | 4.137               | 3.179      | 3.096                 |
|                   |                  | Eğimli Alanlar                             | 4.394    | 3.838               | 3.059      | 2.932                 |
|                   |                  | Su Alanları                                | 4.069    | 3.468               | 2.498      | 2.657                 |

Çizelge 6.2 'de açık ve eğimsiz alanlardaki standart sapma 3.553 m, orman alanlarında elde edilen standart sapma, 4.628 m, eğimli (dağlık) alanlarda standart sapma 4.394 ve su alanlarındaki standart sapma 4.069 olarak bulunmuştur. Sonuçlara bakılacak olursa açık ve eğimsiz alanlardaki doğruluk oldukça yüksektir ve uydular açık alanlarda uyuşum göstermektedir.

Bu modeller üzerinden diferansiyel yüzey modelleri elde edilmiş, modeller birleştirilmiştir. Sonuç olarak tüm Türkiye için diferansiyel yüzey modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan Türkiye diferansiyel yüzey modellerine bakıldığında verilerin birbiri ile +/- 12 m gibi bir değerle uyuşumlu olduğunu ifade edebiliriz.

Verilerin birbiri ile tam uyuşumlu olduğu yerleri şekil 5.19'a bakarak görebilmekteyiz. Tam uyuşumlu olan yerlerde 0 hata görülmektedir ve haritada sarı renkle ifade edilmektedir. Özellikle İç Anadolu bölgesinde Tuz gölü ve çevresine bakıldığında Konya ilinde yüzde yüz uyuşumu net bir şekilde görmekteyiz. Sınıflı veri analiz sonuçlarına da bakarak açık ve eğimsiz (düz) alanlardaki ortalama standart sapmanın en düşük olduğunu söylemiştik.

Şekil 5.24'e bakıldığında uyşumsuzlukların Türkiye'nin eğim haritasına tamamen oturduğunu görüyoruz. (Şekil 5.18 Türkiye eğim haritası) Akdeniz bölgesindeki Toros dağları, Karadeniz bölgesindeki Ilgaz, Küre, Canik ve Doğu Karadeniz dağları, Marmara bölgesindeki Yıldız dağları, Ege bölgesindeki Kaz, Madra ve Yunt dağlarındaki uyşumsuzlukları görebilmekteyiz. Bu da demek oluyor ki uydular eğimli alanlarda 3B üretirken sorun yaşamaktadır ve çeşitli distorsiyonlara maruz kalmaktadır.

Şekil 5.21'de dağlık bölgelere baktığımızda hem mavi renk topluluklarını hem de kırmızı renk topluluklarını görüyoruz. İki yönde de hata olduğunu söyleyebiliriz. Sabit giden sistematik bir hata yok.

Eğimli araziler dışında verilerde bir sıkıntı daha gördük. Uydulardaki alçalış ve yükseliş yönlerinin çok hâkim olduğunu uydu bir yan stripe geçip taramaya başladığında hataların tersine döndüğünü ve büyüdüğünü görüyoruz. SRTM uydusu 11 gün gibi kısa bir zamanda tüm Dünya'yı dolaştı. SRTM'in verileri sadece yükseliş doğrultusunda ve ya alçalış doğrultusunda alma şansı olmadı. Dünya'nın sadece bazı yerlerinden sadece üçüncü kez geçebildi. Şekil 5.21'e bakıldığında resmen uydu geçiş striplerini görmekteyiz.

Çalışmada SRTM verilerini referans olarak kullandık. SRTM'nin referans olmasıyla ALOS'un referans olması arasında hiçbir fark yoktur. Fark sadece hataların yönünün değişmesine sebep olacaktır. Hataları mutlak olarak hesapladığımız için referans model seçimi bize kalmıştır.

Çalışma alanının büyüklüğü düşünüldüğünde ekstra bir referans model kullanamadık. ALOS PRISM 2.5 m'lik bir mekânsal çözünürlüğe sahip görüntülerle çalışıyor. SRTM ise 30x20 m'lik yer örnekleme aralığı ile çalışmaktadır. Eğer farklı bir referans model kullanmış olsaydık ve daha küçük bir alanda çalışmış olsaydık ALOS uydusunun daha iyi bir obje çıkarımı olduğu ortaya koymamız mümkün olacaktı. Çünkü yüksek mekânsal çözünürlük her zaman fazla obje ortaya koyacaktır. 782.562 km<sup>2</sup>'lik (Türkiye'nin yüz ölçümü) çok büyük bir alanda çalışmış olduğumuz için elde edilen objeleri göremiyoruz.

Günümüz teknolojisinde yersel ölçmeler düşünüldüğünde mm, cm mertebesinde sonuçlar elde etmek mümkündür. Yersel ölçmelere göre düşünüldüğünde 10-12 metrelik farklar çok büyük geliyor ancak çalışma alanı Türkiye düşünüldüğünde böyle bir çalışmayı yersel ölçmelerle yapmak mümkün değildir. Bu yüzden de düşünüldüğünde her iki uydu verileri de pozitif veri kaynaklarıdır.



## KAYNAKLAR

- Anon** (2002) Uzaktan Algılama. İşlem Şirketler Grubu, Ankara, 186 s.
- Abdikan S** (2007) SAR Görüntülerinden Üretilen İnterferometrik ve Stereo Sayısal Yükseklik Modellerinin Kalitesinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı İstanbul, 97 s.
- Aydöner C, Güneş K, İleri R, Albay M, Yolcubal İ, Keleş R ve Bayram İ** (2010) Sapanca Gölü Ve Havzası İçin Güncel CBS Veri altyapısının Oluşturulması *III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 11-13 Ekim 2010, Gebze, Kocaeli, 79-87.
- Baltsavias E P, Pateraki M and Zhang L** (2001) Radiometric and geometric evaluation of Ikonos Geo images and their use for 3D building modelling. *ISPRS Joint Workshop on High Resoluion Mapping from Space*, 19-21 September 2001, Hannover, Germany, 1-21.
- Bildirici İ Ö, Üstün A, Uluğtekin N, Selvi H Z ve Buğdaycı İ** (2008) SRTM Verilerine Dayalı Ülke Bazında 3"×3" Çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması Proje Sonuçları, *2. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 13-15 Ekim 2008, Kayseri, Türkiye, 632-645.
- Campbell J B and Wynne R H** (2011) *Introduction to Remote Sensing Fifth Edition*, A division of Guilford Publications, Newyork, 718 pp.
- Çelik M, Saygın Ö, Süer A, Kınacı O, Günay E, Çaçtaş E ve Dal F** (2004) Şehir Planlamada Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Çalışmaları. *3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri Bildirisi*, 6-9 Ekim 2004, İstanbul, Türkiye, 1-15.
- Çabuk S, Kiracı A C, Durgut T, Ardiç H, Eker O ve Okul A** (2017) Eş Yükseklik Eğrilerinin Üretiminde Açık Kaynaklardan Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Kullanılabilirliği Konusunda Bir Çalışma: ALOS ve SRTM Verilerinin Karşılaştırılması, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği*, 27-29 Nisan 2017, Ankara, Türkiye, 248-254.
- Çomut F C, Gürboğa Ş ve Üstün A** (2015) Denizli Babadağ İlçesinde Heyelanların İnterferometrik Yapay Açıklıklı Radar (InSAR) Tekniği ile Gözlemlenmesi, *Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu*, 7-9 Mayıs 2015, Burdur, Türkiye, 50-61.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Dağcı M ve Köklü K** (2009) Stereo Cartosat-1(Irsp5) ve ALOS PRISM Uydu Verilerinden Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) Çıkarılması: Örnek Çalışma, Uzungöl Havzası ve Sapanca Gölü Havzası, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 02-06 Kasım 2009, İzmir, Türkiye, 1-8.
- Damodar L, Takanobu S and Teiji W** (2011) Digital Terrain Modelling Using Corona and ALOS PRISM Data to Investigate the Distal Part of Imja Glacier, *Journal of Mountain Science*, 26 May 2011, Khumbu Himal, Nepal, 390-402 pp.
- Franceschetti G and Lanari R** (1999) *Synthetic Aperture RADAR Processing*, ISBN: 9780-8493-7899-7, CRC Press, New York, USA, 324 pp.
- Gürsoy Ö** (2006) Almus fay zonu (AFZ)'nin jeolojik özelliklerinin uzaktan algılama yöntemleri ve sayısal arazi modeli ile incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 55 s.
- Günel N ve Özdemir Y** (2010) Çok Zamanlı Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak Neyriz Göllerinin (İran) Yüzey Değişiminin Belirlenmesi, *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 11 – 13 Ekim 2010, Gebze, Kocaeli, 467-476.
- Grohman C H** (2018) Evaluation of TanDEM-X DEMs on selected Brazilian sites: comparison with SRTM, ASTER GDEM and ALOS AW3D30, *Physics. geo-ph* 13 Şubat 2018, Sao Paulo, Brazil, 2-19.
- Hussin Y** (2005) *Advanced RS, Image Processing and GIS for NRM*, Lecture at ITC, Enschede, The Netherlands, 96: 78-86.
- Hashemi** (2008) Automatic Peaks Extraction From Normalized Digital Surface Model (ndsm). In: International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*; 03–11 July, Beijing, China, 37(3): 491–496.
- Ho L T K, Umitsu M and Yamaguchi Y** (2010) Flood Hazard Mapping by Satellite Images And SRTM Dem In The Vu Gia – Thu Bon Alluvial Plain, Central Vietnam *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, 9-12 August, Kyoto JAPAN, 275-279.
- Höhle J and Potuckova M** (2011) *Assessment of the Quality of Digital Terrain Models*, EuroSDR Official Publication No. 60, 12–13.
- Koch A and Lohmann P** (2000) Quality Assessment And Validation Of Digital Surface Models Derived From The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), *61. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXIII*, 16-22 July, Amsterdam, The Netherlands, 61-68.
- Karataş E** (2008) RTK GPS Yardımıyla SRTM3 Sayısal Yükseklik Modelinin Doğruluk Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 47 s.
- Linder W** (2004) *Program Description LISA*, Bad Pyrmont, Hagen, Almanya.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Maathuis B** (2004) DEM from Active Sensor SRTM, WRS-20004.
- Masoud A and Koike K** (2006) Tectonic Architecture Through Landsat-7 ETM+/SRTM DEM-Derived Lineaments and Relationship To The Hydrogeologic Setting in Siwa Region, NW Egypt, *Journal of African Earth Sciences*, 45: 4-5.
- Palamutcu S ve Dağ N** (2009) Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(1): 87-101.
- Peşkircioğlu M, Özaydın K A, Özpınar H, Nadaroğlu Y, Dokuyucu Ö, Cankurtaran G A, Ünal S ve Şimşek O** (2016) Bitkilerin Sıcağa ve Soğuğa Dayanıklılık Bölgelerinin Türkiye Ölçeğinde Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Haritalanması, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, ISBN:1302-4310, Editorial Board, 25(1): 11-25.
- Ristau J P** (1999) Applications of Synthetic Aperture Radar Interferometry in the Study of the Nahanni Earthquake Region, *Master Thesis*, Department of Geological Sciences University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, 208 pp.
- Rodríguez E, Morris C S and Belz J E** (2006) A Global Assessment of the SRTM Performance, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Mart 2006, 72(3): 249-260.
- Sefercik U G** (2006) Accuracy Assessment Of Digital Elevation Models Derived From Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 100 s.
- Saygılı A** (2008) SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) Verilerinden Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluğunun İncelenmesi, *Yüksek lisans tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 83 s.
- Sefercik U G** (2007) Radar İnterferometri Tekniği İle SYM Üretimi ve Doğruluk Değerlendirmeleri, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 2-6 Nisan 2007, Ankara, 1-10.
- Sörgel U** (2008) Radar Remote Sensing Lecture Notes (unpublished), Hannover, Germany.
- Shimada M, Member S, Tadono T, Member ve Rosenqvist A** (2010) *Advanced Land Observing Satellite (ALOS) and Monitoring Global Environmental Change*, May 2010, ISBN:113-407-14, IEEE, 98(5): 780-799.
- Şengün S Y ve Kılıçoğlu A** (2005) İnterferometrik Yapay Açıklı Radar Tekniğinin Jeodezide Kullanılması, *Deprem Sempozyumu*, 23-25 Mart 2005, 307-309.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Tadono T, Nagai H, Ishida H, Oda F, Naito S, Minakawa K and Iwamoto H** (2016) Generation of the 30 M-Mesh Global Digital Surface Model by ALOS PRISM, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI-B4, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic.
- Yıldırım S, Özalp M ve Yüksel E E** (2016) SRTM ve Topoğrafik Harita Verileri Kullanılarak Artvin İlindeki Yağış Havzalarının Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, Temmuz 2016, 2(2): 71-80.
- URL-1** <<http://www.acikders.org.tr/course/view.php?id=28>>, Ziyaret Tarihi: 19.02.2017
- URL-2** <<https://kadirhoca.com/kpss-2/konu-anlatimlari/turkiyede-yer-sekillerinin-genel-ozellikleri-etkileri-sonuclari/>>, Ziyaret Tarihi: 10.03.2017
- URL-3** <<http://geomatik.beun.edu.tr/marangoz/files/2015/10/01TGB.pdf>>, Ziyaret Tarihi: 19.02.2018
- URL-4** <<http://www.acikders.org.tr/course/view.php?id=28>>, Ziyaret Tarihi: 19.02.2017
- URL-5** <[https://www.hvkk.tsk.tr/trhavacilik\\_sitesi/ozel\\_siteler/keşif\\_uydu\\_komutanlığı/genel\\_bilgiler/çözünlülük](https://www.hvkk.tsk.tr/trhavacilik_sitesi/ozel_siteler/keşif_uydu_komutanlığı/genel_bilgiler/çözünlülük)> Ziyaret Tarihi: 23.02.2017
- URL-6** <[http://www.geo.mtu.edu/~scarn/teaching/GE4250/satellite\\_lecture\\_slides](http://www.geo.mtu.edu/~scarn/teaching/GE4250/satellite_lecture_slides)>, Ziyaret Tarihi: 21.02.2017
- URL-7** <<http://www.nrcan.gc.ca/node/9325>>, Ziyaret Tarihi: 02.02.2018
- URL-8** <[http://www.datrex.com/index/catalogdetail/pdt\\_id/1152](http://www.datrex.com/index/catalogdetail/pdt_id/1152)>, Ziyaret Tarihi: 30.01.2018
- URL-9** <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shuttle\\_Radar\\_Topographic\\_Mission\\_\(SRTM\)\\_Illustration.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shuttle_Radar_Topographic_Mission_(SRTM)_Illustration.jpg)>, Ziyaret Tarihi: 24.02.2018
- URL-10** <<http://radiomobile.pelmeur.nl/?Geodata:SRTM>>, Ziyaret Tarihi: 14.01.2018
- URL-11** <[http://www.nik.com.tr/content\\_sistem\\_uydu.asp?id=1](http://www.nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=1)>, Ziyaret Tarihi: 10.10.2017
- URL-12** <[http://www.nik.com.tr/content\\_sistem\\_uydu.asp?id=2](http://www.nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=2)>, Ziyaret Tarihi: 03.03.2018
- URL-13** <<https://earth.esa.int/web/guest/missions/3rd-party-missions/historical-missions/alos/design>>, Ziyaret Tarihi: 14.10.2017
- URL-13** <[http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/aw3d30v11\\_format\\_e.pdf](http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/aw3d30v11_format_e.pdf)>, Ziyaret Tarihi: 13.02.2018
- URL-14** <<http://www.cografya.gen.tr/siyasi/devletler/turkiye.htm>>, Ziyaret Tarihi: 26.09.2017

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

**URL-15** <<http://www.cografya.gen.tr/egitim/matcog/turkiye-nin-konumu.htm>>, Ziyaret Tarihi: 19.07.2017

**URL-16** <<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm>>, Ziyaret Tarihi: 05.03.2018

**URL-17** <<http://cografyaharita.com/>>, Ziyaret Tarihi: 18.01.2018

**URL-18** <<http://www.turkeyshapefile.com/maps.html>>, Ziyaret Tarihi: 18.01.2018

**URL-19** <<https://www.pgc.umn.edu/guides/stereo-derived-elevation-models/introduction-to-stereoscopic-imagery/>>, Ziyaret Tarihi: 14.01.2018

**URL-20** <[http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/about/about\\_index.htm](http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/about/about_index.htm)>, Ziyaret Tarihi: 31.12.2017



## **ÖZGEÇMİŞ**

Ümit GÖKMEN 1992’de Zonguldak’ın Kdz Ereğli ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini aynı ilçede tamamladı. Kdz Ereğli Anadolu Lisesi’nden mezun olduktan sonra 2010 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü’nü kazandı. 2015 yılında iyi derece ile mezun olduktan sonra Aslanlar İnşaat Tic. ve San. Şirketine Devrek- Ereğli Yolu KM 32+500 - 56+721 Arasının Toprak Tesviye Sanat Yapıları ve Üst Yapı İşleri kapsamında harita mühendisi olarak çalışmaya başladı.

### **ADRES BİLGİLERİ:**

Tel: (+90) 535 972 46 70

E-posta: gokmen528@gmail.com