



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



ORTOGÖRÜNTÜ ÜRETİMİNDE
KULLANILAN FARKLI YÜKSEKLİK
VERİLERİNİN YATAY KONUMSAL
DOĞRULUĞA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI:
GÖKTÜRK-1 UYDUSU ÖRNEĞİ

Metehan KİŞİ

YÜKSEK LİSANS

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Ekim-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Metehan KİŞİ tarafından hazırlanan “ORTOGÖRÜNTÜ ÜRETİMİNDE KULLANILAN FARKLI YÜKSEKLİK VERİLERİNİN YATAY KONUMSAL DOĞRULUĞA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI: GÖKTÜRK-1 UYDUSU ÖRNEĞİ” adlı tez çalışması 16/10/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Şinasi KAYA
(İstanbul Teknik Üniversitesi)

Danışman

Prof. Dr. Ferruh YILDIZ
(Konya Teknik Üniversitesi)

Üye

Doç. Dr. Lütfiye KARASAKA
(Konya Teknik Üniversitesi)

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Metehan Kişİ

Tarih:16/10/2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORTOGÖRÜNTÜ ÜRETİMİNDE KULLANILAN FARKLI YÜKSEKLİK VERİLERİNİN YATAY KONUMSAL DOĞRULUĞA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI: GÖKTÜRK-1 UYDUSU ÖRNEĞİ

Metehan KİŞİ

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Ferruh YILDIZ

2025, 52 Sayfa

**Jüri
Prof. Dr. Ferruh YILDIZ
Prof. Dr. Şinasi KAYA
Doç. Dr. Lütfiye KARASAKA**

Günümüzde teknolojinin hızla ilerlemesiyle birlikte, veri erişimi ve işleme süreçlerinin kolaylaşması, uzaktan algılama teknolojilerinin stratejik önemini artırmıştır. Türkiye'nin uzay alanındaki yatırımları ile Göktürk-2, Göktürk-1 ve Göktürk-2B gibi uydu projeleri, yeryüzünden yüksek çözünürlüklü verilerin elde edilmesini sağlayarak hem askeri hem de sivil uygulamalarda önemli avantajlar sunmaktadır. Uydu görüntülerinin geniş alanlardan veri toplama yeteneği ve geleneksel yersel yöntemlere olan ihtiyacı azaltması, bu teknolojiyi ekonomik ve operasyonel açıdan cazip hale getirmektedir. Bu bağlamda, uzaktan algılama teknolojilerinin sunduğu olanakların doğru şekilde değerlendirilerek katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır.

Göktürk-1 uydusu gibi yeni nesil uydulardan elde edilen ortogörüntülerin, farklı yükseklik verileri ve üretim senaryolarının birlikte kullanıldığı, özellikle topoğrafyası karmaşık bölgelerde ortogörüntülerin yatay konumsal doğruluğunu ne ölçüde etkilediğine ilişkin kapsamlı ve karşılaştırmalı bir çalışmaya ihtiyaç duyulmuştur.

Bu tez çalışmasında, Göktürk-1 uydusundan elde edilen üçlü set (tri-stereo) yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak, farklı yükseklik verileri ile üretilen ortogörüntülerin yatay konumsal doğrulukları değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında DTED-2, ALOS, TREx ve Göktürk-1 stereo görüntülerinden elde edilen Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) ile hem Yer Kontrol Noktası (YKN) kullanılmadan hem de YKN'li olmak üzere iki üretim senaryosu gerçekleştirilmiştir.

Antalya ilinin topoğrafik çeşitliliği yüksek olan Kepez, Konyaaltı ve Döşemealtı ilçelerini kapsayan uygulama alanında, Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen dengelenmiş stereo hava fotoğraflarından elde edilen 0,5 m yatay ve 1 m düşey doğruluğa sahip 20 adet detay noktası, referans veri olarak kullanılmıştır. Üretilen ortogörüntülerin doğruluğu bu noktalarla karşılaştırılarak yatay konumsal doğruluk istatistikleri hesaplanmış ve her bir yükseklik verisinin performansı detaylı biçimde analiz edilmiştir.

Çalışma kapsamında ayrıca, kullanılan yükseklik verilerinin düşey konumsal doğruluğu da incelenmiş; bu doğruluk değerleri, ortogörüntü üretiminde sağlanan yatay doğruluk performanslarının değerlendirilmesine katkı sağlamıştır. Bu çerçevede, YKN kullanılarak üretilen Göktürk-1 L4B SYM verisi $\pm 1,62$ m LE90 değeri ile en başarılı SYM olarak belirlenmiş, onu sırasıyla TREx ($\pm 3,30$ m), YKN kullanılmadan üretilen Göktürk-1 L4A SYM verisi ($\pm 3,31$ m), ALOS ($\pm 8,15$ m) ve DTED-2 ($\pm 8,32$ m) verilerinin takip ettiği görülmüştür.

YKN kullanılmadan üretilen Göktürk-1 ortogörüntüsünün (L3A) yatay konumsal doğruluk analizlerinde Göktürk-1 L4B yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntü 8,33 m CE90 değeri ile en yüksek doğruluğa ulaşmış, onu sırasıyla TREx (8,43 m), ALOS (8,68 m) ve DTED-2 (8,69 m) verileri ile üretilen ortogörüntüler takip etmiştir.

YKN kullanılarak üretilen Göktürk-1 ortogörüntüsünün (L3B) yatay konumsal doğruluk analizlerinde ise Göktürk-1 L4B yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntü 1,89 m CE90 değeri ile en yüksek doğruluğa ulaşmış, onu sırasıyla TREx (1,96 m), ALOS (2,04 m) ve DTED-2 (2,31 m) takip etmiştir.

Elde edilen sonuçlarda, özellikle topoğrafyası engebeli bölgelerde düşük çözünürlüklü yükseklik verilerinin (DTED-2 ve ALOS) doğruluk kaybına yol açtığı; buna karşın yüksek çözünürlüklü SYM'lerin (TREx ve Göktürk-1 L4B) daha tutarlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Ayrıca, YKN kullanımının tüm yükseklik verilerinde doğruluğu belirgin ölçüde artırdığı, özellikle düşük çözünürlüklü SYM'lerde bu iyileşmenin daha belirgin olduğu görülmüştür.

Bu çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, özellikle topoğrafyası engebeli bölgelerde ortogörüntü üretiminde yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modellerinin, jeodezik yöntemlerle elde edilen yer kontrol noktalarıyla birlikte kullanılması önerilmektedir. Bu yaklaşım hem yatay hem de düşey konumsal doğruluğun artırılmasına ve karmaşık arazi koşullarında daha güvenilir ortogörüntülerin elde edilmesine katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Göktürk-1, Ortogörüntü, Sayısal Yükseklik Modeli, Yatay Konumsal Doğruluk, Yer Kontrol Noktası

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF THE IMPACT OF DIFFERENT ELEVATION DATA ON HORIZONTAL POSITIONAL ACCURACY IN ORTHOIMAGE PRODUCTION: THE CASE OF GÖKTÜRK-1 SATELLITE

Metehan KİŞİ

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geomatics Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Ferruh YILDIZ

2025, 52 Pages

**Jury
Prof. Dr. Ferruh YILDIZ
Prof. Dr. Şinasi KAYA
Doç. Dr. Lütüye KARASAKA**

With the rapid advancement of technology, the ease of data acquisition and processing has significantly increased the strategic importance of remote sensing technologies. Through Turkey's growing investments in space technologies, satellite projects such as Göktürk-2, Göktürk-1, and Göktürk-2B have enabled the acquisition of high-resolution data from the Earth's surface, providing substantial advantages for both military and civilian applications. The capability of satellite imagery to collect data over wide areas while reducing the need for conventional ground-based methods makes this technology both economically and operationally efficient. In this context, the effective utilization of remote sensing technologies and their transformation into high value-added products has become increasingly important.

A comprehensive and comparative study is required to evaluate how orthorectified images derived from new-generation satellites such as Göktürk-1 are affected by the use of different elevation data and production scenarios, particularly in regions with complex topography.

In this thesis, the horizontal positional accuracies of orthorectified images generated using different elevation datasets were evaluated and compared by employing tri-stereo high-resolution imagery obtained from the Göktürk-1 satellite. Within the study, Digital Terrain Elevation Data (DTED-2), Advanced Land Observing Satellite (ALOS), TanDEM-X High Resolution Elevation Data Exchange (TREx), and Digital Elevation Models (DEMs) derived from Göktürk-1 stereo pairs were used. Two production scenarios were implemented: one without Ground Control Points (GCPs) and one incorporating GCPs.

The study area covers the districts of Kepez, Konyaaltı, and Döşemealtı in the Antalya province, which exhibit high topographic variability. As reference data, 20 control points with a horizontal accuracy of 0.5 m and a vertical accuracy of 1 m—derived from balanced stereo aerial photographs provided by the General Directorate of Mapping—were used. The accuracy of the produced orthorectified images was assessed by comparing them with these reference points, and horizontal positional accuracy statistics were calculated for each elevation dataset.

Additionally, the vertical positional accuracy of the elevation datasets used in the study was analyzed, and these results were utilized to support the interpretation of horizontal accuracy performance in orthorectification. Accordingly, the Göktürk-1 L4B DEM produced using one GCP achieved the best vertical accuracy with a value of ± 1.62 m (LE90), followed by TREx (± 3.30 m), Göktürk-1 L4A DEM produced without GCPs (± 3.31 m), ALOS (± 8.15 m), and DTED-2 (± 8.32 m).

In the horizontal positional accuracy analysis of the Göktürk-1 orthorectified images produced without GCPs (L3A), the image generated using Göktürk-1 L4B DEM achieved the highest accuracy with a CE90 value of 8.33 m, followed by TREx (8.43 m), ALOS (8.68 m), and DTED-2 (8.69 m).

For the orthorectified images produced with GCPs (L3B), the highest accuracy was again obtained using the Göktürk-1 L4B DEM (CE90 = 1.89 m), followed by TREx (1.96 m), ALOS (2.04 m), and DTED-2 (2.31 m).

The results revealed that low-resolution elevation datasets (DTED-2 and ALOS) tend to cause accuracy degradation, particularly in mountainous and highly variable topographic areas, while high-resolution DEMs (TREx and Göktürk-1 L4B) provided more consistent results.

Furthermore, the use of GCPs significantly improved positional accuracy for all datasets, with the improvement being more pronounced for lower-resolution DEMs.

Based on the findings of this study, it is recommended that high-resolution Digital Elevation Models be used in combination with geodetically measured Ground Control Points, especially in areas with rugged topography. This approach contributes to improving both horizontal and vertical positional accuracy and ensures the production of more reliable orthorectified images under complex terrain conditions.

Keywords: Digital Elevation Model, Göktürk-1, Ground Control Point, Horizontal Positional Accuracy, Orthoimage



ÖNSÖZ

Yapmış olduğum tez çalışmasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışmanım, saygıdeğer hocam Prof. Dr. Ferruh YILDIZ'a, bilgi ve deneyimlerinden daima istifade ettiğim kıymetli hocam Doç. Dr. Hasan Bilgehan MAKİNECİ'ye şükranlarımı sunarım. Her daim yanımda olan, sevgili eşim ve gönül yoldaşım Hatice KİŞİ'ye sabrı, anlayışı ve sevgisi için minnettarım. Ayrıca, varlığıyla hayatımızı güzelleştiren canım oğlum Göktuğ KİŞİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmada yer alan hususlar bireysel görüşümü yansıtmakta olup, Türk Silahlı Kuvvetlerinin görüşlerini yansıtmaz.

Metehan KİŞİ
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
3.1. Uzaktan Algılama Kavramı	7
3.2. Göktürk-1 Uydusu	8
3.2.1. Göktürk-1 uydusu teknik özellikleri	10
3.2.2. Göktürk-1 uydusu görüntü seviyeleri	10
3.3. Ortofoto ve Ortogörüntü Kavramı	12
3.4. Sayısal Yükseklik Modeli Kavramı	12
3.4.1. Sayısal arazi modeli	13
3.5. Temel İstatistik Bilgileri	13
3.5.1. Standart sapma	14
3.5.2. Karesel ortalama hata.....	14
3.5.3. Mutlak yatay hata analizi (CE90)	15
3.5.4. Mutlak düşey hata analizi (LE90).....	15
3.6. Yer Kontrol Noktası.....	16
3.7. Yükseklik Verilerinin Özellikleri	16
3.7.1. DTED (Digital Terrain Elevation Data)	17
3.7.2. ALOS (Advanced Land Observing Satellite)	17
3.7.3. TREx (TanDEM-X High Resolution Elevation Exchange)	17
3.8. Stereo Uydu Görüntülerinden SYM Üretimi	18
3.9. Ortogörüntü Üretimi	21
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE UYGULAMA	23
4.1. Çalışma Bölgesinin Özellikleri	23
4.2. Kullanılan Görüntüler ve Referans Verisinin Özellikleri	24
4.3. Sayısal Yükseklik Modellerinin Değerlendirilmesi	25
4.4. YKN Kullanılmadan Üretilen Göktürk-1 Ortogörüntülerin Doğruluk Analizi ...	26
4.4.1. DTED-2 yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi	26

4.4.2. ALOS yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi	27
4.4.3. TREx yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi	28
4.4.4. Göktürk-1 L4B yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi	29
4.5. YKN Kullanılarak Üretilen Göktürk-1 Ortogörüntülerin Doğruluk Analizi	30
4.5.1. DTED-2 yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi	30
4.5.2. ALOS yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analiz	31
4.5.3. TREx yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi	32
4.5.4. Göktürk-1 L4B yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi	33
4.6. Üretilen Ortogörüntülerin Değerlendirilmesi	34
4.7. Tartışma	37
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	40
5.1. Sonuçlar	40
5.2. Öneriler	41
KAYNAKLAR	43
EKLER	47

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

ALOS	: Advanced Land Observing Satellite
ASPRS	: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing
ASTER	: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
BN	: Bağlama Noktası
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
DEM	: Digital Elevation Model
DTED	: Digital Terrain Elevation Data
GE	: Google Earth
GNSS	: Global Navigation Satellite System
FFTP	: Fast Fourier Transform Phase Matching
FFTPB	: Fast Fourier Transform Phase with Blunder Detection
HGM	: Harita Genel Müdürlüğü
InSAR	: İnterferometrik SAR
İHA	: İnsansız Hava Aracı
JAXA	: Japan Aerospace Exploration Agency
LIDAR	: Laser Imaging Detection and Ranging
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NCC	: Normalized Cross Correlation
PALSAR	: Phased Array type L-bant Synthetic Aperture Radar
PRISM	: Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping
RFM	: Rasyonel Fonksiyon Modeli
RMSE	: Root Mean Square Error
RPC	: Rational Polynomial Coefficients
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SAR	: Sentetik Açıklıklı Radar
SGM	: Semi-Global Matching
SRTM	: Shuttle Radar Topography Mission
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TAS-F	: Thales Alenia Space-Fransa
TPZ	: Telespazio
TREx	: TanDEM-X High Resolution Elevation Data Exchange
TUSAŞ	: Türk Havacılık ve Uzay Sanayii AŞ
YKN	: Yer Kontrol Noktası

1. GİRİŞ

Yeryüzüne ilişkin verilerin toplanması, işlenmesi ve analiz edilmesi hem sivil hem de askerî uygulamalarda kritik bir öneme sahiptir. Uzaktan algılama sistemleri, geniş alanların hızlı ve detaylı bir şekilde görüntülenmesini sağlayarak coğrafi bilgi üretiminde önemli bir araç haline gelmiştir. Türkiye, 1990'lı yıllarda uydu ve uzay teknolojileri alanına adım atarak, başlangıçta diğer ülkelerden teknoloji temin etme yoluyla uydu-uzay projelerine katılmıştır. Son yıllarda Türkiye, kendi uydusunu tasarlayıp üretme yeteneği kazanarak, uzayda etkin bir aktör olmayı hedefleyen bir ülke konumuna gelmiştir (Kutlu, 2020). Bu çabalar, Türkiye'nin bağımsız ve güvenilir veri üretme kapasitesini artırarak, uluslararası uzay alanındaki stratejik yerini güçlendirmektedir.

Ülkemiz, keşif ve gözetleme uyduları alanında önemli tecrübelere sahiptir. Bu tecrübeler, 2003 yılında ilk yer gözlem uydumuz olan ve 12 metre yersel çözünürlüğe sahip BİLSAT ile başlamıştır. Ardından 2011 yılında RASAT, 2012 yılında Göktürk-2, 2016 yılında Göktürk-1 ve 2024 yılının nisan ayında uzaydaki görevine başlayan Göktürk-2B uydusu devreye alınmıştır. Bu süreç, Türkiye'nin uzay alanındaki bilgi birikimini ve kapasitesini artırmış, aynı zamanda ulusal güvenlik ve ekonomik kalkınma hedeflerine katkı sağlayan bir altyapının oluşmasına zemin hazırlamıştır.

Göktürk-1 uydusu, Türkiye'nin yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü elde etme ihtiyacını karşılamak amacıyla geliştirilmiştir. Siyah-beyaz (pankromatik) görüntülerde 0,5 m çözünürlüğe sahip olan bu uydu, aynı zamanda kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi bantlarda 2 m çözünürlükte multispektral görüntüler üretebilmektedir. Göktürk-1, dünya çevresinde güneş eş zamanlı yörüngede hareket ederek bir tam turunu 98 dakika 11 saniyede tamamlamakta ve iletişim için X-bant ve S-bantlarını kullanmaktadır (Akdeniz, 2022). Bu teknik özellikler, geniş alanlarda detaylı görüntüleme kabiliyeti ve hızlı veri aktarımı açısından yüksek bir operasyonel etkinlik sunmaktadır.

Göktürk-1 uydusunun geliştirilmesi, sadece teknolojik bir başarı değil, aynı zamanda ülkenin savunma ve istihbarat alanındaki kapasitesini artırma amacını taşımakta olup dışa bağımlılığı azaltarak ulusal güvenliği güçlendirmeye ve yerli çözümler üretmeye olanak tanımaktadır. Türkiye'nin uzay araştırmaları ve uydu projeleri, askerî ve stratejik amaçların dışında çevresel ve ekonomik uygulamalarda da ülkenin gücünü artırmaktadır.

Göktürk-1 uydusu doğal afetlerin izlenmesi, tarımda verimliliğin artırılması ve şehirleşme planlaması gibi alanlarda yüksek çözünürlüklü verilerin kullanılması ile ülkenin sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle de uyumludur. Ancak, bu tür uydu görüntülerinin etkinliği, geometrik doğruluğunun sağlanmasına bağlıdır. Ortogörüntüler, uydu görüntülerinin yeryüzü şekilleri ve eğiklik kaynaklı hataları giderildikten sonra elde edilen, coğrafi olarak düzeltilmiş ürünlerdir. Bu süreçte, doğruluğu yüksek sayısal yükseklik modelleri (SYM) kritik bir rol oynamaktadır. SYM, ortogörüntü üretimindeki geometrik hataları en aza indirerek, çeşitli uygulamalar için güvenilir veri elde edilmesini mümkün kılmaktadır.

Uydu görüntülerinin coğrafi doğruluğunun sağlanmasında SYM özellikle ortofoto ve ortogörüntü üretiminde, yeryüzü şekillerindeki eğim ve düzensizlikleri düzeltmeye yardımcı olur. Yüksek doğrulukta SYM'ler, uydu görüntülerinin geometrik hatalarını minimize ederek, bu verilerin çeşitli harita üretimi, çevresel izleme ve şehir planlaması gibi uygulamalarda daha güvenilir bir şekilde kullanılmasını sağlar (Eroğlu ve Narin, 2021). Bu doğruluk, harita ürünlerinin yalnızca görsel değil, aynı zamanda işlevsel kalitesini artırır. Örnek olarak, askerî istihbarat uygulamalarında doğru konum verilerinin sağlanması, operasyonel başarı için hayati öneme sahiptir.

Uydu görüntülerinden üretilen ortogörüntülerin doğruluğu, kullanılan yükseklik verisi, yersel ölçümler ve uygulanan geometrik düzeltme süreçlerine doğrudan bağlıdır (Gültekin ve ark., 2019; Şıpka, 2014; Topan vd., 2007). Literatürde, uzaktan algılama tabanlı ortogörüntü üretimi ve doğruluk analizine yönelik çeşitli çalışmalar bulunsa da farklı sayısal yükseklik modellerinin ortogörüntü üzerindeki etkileri çoğunlukla tekil veri setleri üzerinden ve sınırlı ölçekte ele alınmıştır.

Özellikle DTED-2 (Sayısal Arazi Yükseklik Verisi - Digital Terrain Elevation Data) (Le Hir, vd., 2012; Yılmaz ve Erdoğan, 2018; Erol ve ark., 2020), ALOS (Gelişmiş Kara Gözlem Uydusu - Advanced Land Observing Satellite) (Habib, vd., 2017), TREx (TanDEM-X Yüksek Çözünürlüklü Arazi Modeli Değişim Programı - TanDEM-X High Resolution Elevation Data Exchange) (Tampubolon ve Reinhardt, 2015) verilerinin doğruluk analizleri literatürde yer almakta, ayrıca Göktürk-1 stereo çiftlerinden üretilen SYM'ler ile yapılan çalışmalarda da (Gültekin ve ark., 2019; Arasan ve ark., 2020) yatay konumsal doğruluk değerlendirmeleri çeşitli yöntemlerle test edilmiştir. Ancak bu çalışmaların ortak özelliği, her bir SYM'nin bağımsız şekilde değerlendirilmiş olmasıdır. Bu bağlamda, aynı bölgeye ait farklı yükseklik verilerinin birlikte ele alınarak yatay konumsal doğruluk açısından karşılaştırmalı bir analize tabi

tutulması literatürde sınırlı kalmış ve yürütülen çalışmanın özgün değerini ortaya koymaktadır.

Bu tez çalışmasının temel amacı, Göktürk-1 uydusundan elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanılarak, DTED-2, ALOS, TREx ve Göktürk-1 stereo görüntülerinden üretilen farklı SYM'lerin ortogörüntülerin yatay konumsal doğruluğu üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak analiz etmektir. Bu kapsamda, Antalya ilinin topoğrafik çeşitliliği yüksek Kepez, Konyaaltı ve Döşemealtı ilçelerini kapsayan bir uygulama alanı belirlenmiştir. Çalışmada, Harita Genel Müdürlüğü'nden (HGM) temin edilen dengelenmiş stereo hava fotoğraflarından elde edilen 0,5 m yatay ve 1 m düşey doğruluğa sahip 20 adet detay noktası referans veri olarak kullanılmıştır. Ayrıca, ortogörüntü üretimi hem Yer Kontrol Noktası (YKN) kullanılmadan hem de bir adet YKN kullanılarak iki farklı senaryoda gerçekleştirilmiştir.

Amerikan Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği'nin (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing - ASPRS) yayımladığı Sayısal Coğrafi Veri Doğruluk Standartları esas alındığında, 500 km²'den küçük alanlarda gerçekleştirilecek yatay ve düşey doğruluk analizlerinde en az 20 nokta kullanılmasının önerildiği belirtilmektedir (ASPRS, 2014). Bu doğrultuda, çalışma kapsamında kullanılan detay noktalarının sayısı ve dağılımı ASPRS standartlarıyla uyumlu olarak belirlenmiş ve böylece elde edilen doğruluk analizlerinin uluslararası standartlarla karşılaştırılabilirliği sağlanmıştır.

Çalışma kapsamında ayrıca, kullanılan yükseklik verilerinin düşey konumsal doğrulukları da incelenmiş ve bu doğruluk değerleri, ortogörüntü üretiminde sağlanan yatay konumsal doğruluk sonuçlarının değerlendirilmesine katkı sağlamıştır. Böylece, yükseklik verisinin çözünürlüğü, arazi yapısının topoğrafik karmaşıklığı ve YKN varlığının ortogörüntü doğruluğu üzerindeki etkileri birlikte ele alınmış; farklı SYM'lerin yatay konumsal doğruluğa etkileri kapsamlı biçimde ortaya konmuştur.

Elde edilen bulgular, yalnızca bilimsel literatüre özgün katkılar sunmakla kalmayıp, aynı zamanda Türkiye'nin ulusal uydu verilerinin etkin kullanımına ve güvenilir kartografik ürünlerin geliştirilmesine yönelik uygulayıcılara da rehberlik etmeyi amaçlamaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Maretika (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, ticari yazılımların yüksek lisans maliyetleri nedeniyle, stereo uydu görüntülerinden SYM üretimini gerçekleştirecek, Rasyonel Fonksiyon Modeli (RFM) tabanlı yeni bir yazılım prototipi geliştirilmiştir. Çalışmada, WorldView-2 stereo uydu görüntüleri kullanılmış ve yazılımın SYM üretim başarımı doğruluk analizleri ile değerlendirilmiştir. Elde edilen SYM verisi, hassas denetleme noktaları ile karşılaştırılmış ve yatay konumsal doğruluk CE90'a göre yaklaşık 2,48 m, düşey doğruluk ise LE90'a göre yaklaşık 4,21 m olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar, ticari yazılımlar kullanılmadan da stereo uydu görüntülerinden kabul edilebilir doğrulukta SYM üretiminin mümkün olduğunu göstermektedir.

Algancı ve ark. (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, farklı uydu sensörlerinden elde edilen SYM'nin doğruluk ve performans karşılaştırması yapılmıştır. Çalışmada, Pleiades ve SPOT 6 uydu görüntülerinden üretilen yüksek çözünürlüklü verilerin yanı sıra, açık kaynaklı ALOS AW3D30 ve SRTM verileri analiz edilmiştir. HGM'den temin edilen referans veri ile yürütülen analiz çalışmaları sonucunda, Pleiades görüntülerinden üretilen SYM verisi yüksek doğruluk düzeyiyle öne çıkarken, açık kaynaklı ALOS yükseklik verisinin de başarılı bir doğruluk performansı sergilediği belirlenmiştir.

Atak (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, uzaktan algılama teknolojileri ile yatay ve düşey doğrultuda, koordinat verisi elde etmeye yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Google Earth (GE) ortamında temin edilecek yatay ve düşey verilerin doğruluk düzeyinin incelendiği çalışmada; GNSS ile ölçülen YKN'ler ve 1 m'den daha iyi çözünürlüğe sahip Almanya'nın ilk ticari uydusu olan TerraSAR-X uydusuna ait YKN'ler referans veri olarak kullanılmıştır. Elde edilen 5 m'lik yatay ve 14 m'lik düşey konumsal doğruluk değerleri, düşük maliyeti ve yaygın kullanımı sayesinde GE programının birçok CBS uygulamasında da başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca, konumsal doğruluğun GE görüntülerinin çekim tarihi, görüntü çözünürlüğü ve farklı bölgelere göre değişiklik gösterdiği açıklanmaktadır.

Aytekin ve ark. (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Göktürk-1 uydusuna ait görüntülerin iki boyutlu konumsal doğruluğu analiz edilmiştir. Test sahası olarak Zonguldak ilinin dağlık bir bölgesi tercih edilmiş, çalışma alanını kapsayan

görüntü üzerinde Global Navigation Satellite System (GNSS) yardımıyla 76 adet YKN toplanmıştır. Bu noktalar kullanılarak RFM yöntemiyle ortogörüntü üretimi gerçekleştirilmiş ve sistematik hatalardan arındırılmış model ile görüntü doğruluğunun yaklaşık ± 1 piksel (0,5 m) düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden elde edilen ortogörüntülerde YKN desteği ve uygun geometrik modellemenin konumsal doğruluğu doğrudan etkilediğini göstermektedir.

Gültekin ve ark. (2019) yayınladıkları “Geometric Accuracy in Satellite Imagery: Test Methods & Göktürk-1 Performance Evaluation” adlı makale çalışmasında Ankara, Antalya, Bergama, Zonguldak ve Adıyaman bölgelerine ait üçlü set Göktürk-1 görüntüleri kullanılarak doğruluk analizi çalışması yapılmıştır. Elde edilen veriler Göktürk-1 görüntülerinin YKN kullanılmadan yatay konumsal doğruluğu CE90’a göre; 10 m’den daha iyi, YKN kullanılarak 2 m’den daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. YKN kullanılmadan üretilen SYM verilerinde, Göktürk-1 görüntülerinin düşey konumsal doğruluğu LE90’a göre; 10 m’den daha iyi, YKN kullanılarak üretilen SYM verilerinde 2 m’den daha iyi sonuçların elde edildiği görülmüştür.

Arasan ve ark. (2020) “Göktürk-1 Uydu Görüntülerinin Doğruluk Analizi” adlı makale çalışmasında elde ettiği sonuçlarda; YKN kullanılmadan üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluğu %90 güven aralığında ± 10 m’den daha iyi iken, 20 adet YKN kullanılarak üretilen ortogörüntünün yataydaki konumsal doğruluğu ± 2 m’den daha iyi olduğu analiz edilmiştir. YKN kullanılmadan üretilen SYM verisinin doğruluğu %90 güven aralığında ± 20 m’den, 1 adet YKN kullanılarak üretilen SYM verisinin düşeydeki doğruluğu ise ± 3 m’den daha iyi olduğu görülmüştür.

Nikolakopoulos (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, yaklaşık 30 m mekansal çözünürlüğe sahip ALOS SYM (AW3D30) verisinin doğruluğu, Yunanistan’ın farklı jeomorfolojik özelliklere sahip bölgelerinde değerlendirilmiştir. Antiparos Adası gibi alçak eğimli alanlarda ALOS AW3D30 RMSE değeri 2,69 m, dağlık Hanya bölgesi gibi yüksek eğimli alanlarda ise RMSE değeri 14 m’ye kadar çıkmaktadır. Karmaşık şehir yapısına sahip Atina gibi kentsel bölgelerde ise yaklaşık 12 m düzeyinde hata gözlemlenmiştir. Bu çalışma, AW3D30 verisinin arazi eğimi arttıkça doğruluk kaybına uğradığını, ancak alçak ve düzgün topoğrafyada tatmin edici sonuçlar sunduğunu ortaya koymaktadır.

Akdeniz (2022) tarafından yürütülen çalışmada, Göktürk-1 ve WorldView-2 uydu sistemlerine ait stereo görüntüler kullanılarak SYM’ler iki farklı yöntemle

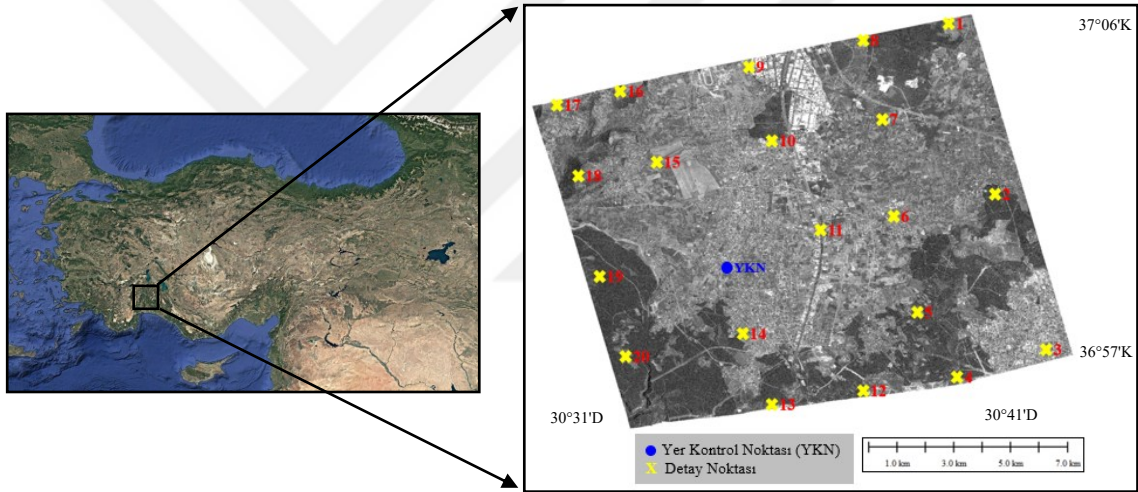
üretilmiştir. Bu yöntemlerden ilki, yalnızca Rasyonel Polinom Katsayıları (RPC) kullanılarak yapılan üretim; diğeri ise YKN'ları entegrasyonu ile gerçekleştirilen üretimdir. Elde edilen SYM'ler, Harita Genel Müdürlüğü tarafından sağlanan ve LE90 istatistiğine göre ± 3 m düşey doğruluğa sahip referans SYM ile karşılaştırılmıştır. Karesel ortalama hata (KOH) açısından değerlendirildiğinde; Göktürk-1 stereo görüntüleri ile RPC yöntemiyle üretilen SYM 1,69 m hesaplanmış, YKN kullanılarak üretilen SYM ise daha yüksek doğrulukla 1,21 m KOH değeri sunmuştur. Benzer şekilde, WorldView-2 stereo görüntülerinden elde edilen SYM'de RPC yöntemiyle hesaplanan KOH değeri 1,37 m iken, YKN desteği ile üretilen modelin doğruluğu 1,17 m KOH değeri ile daha iyi sonuç vermiştir.

Ağdaş (2022) tarafından, Göktürk-1 uydusuna ait Antalya/Serik ve İzmir/Bergama bölgelerine ait üçlü stereo görüntüler kullanılarak farklı metodolojilerle SYM'ler üretilmiş ve bu modellerin doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen SYM'lerin doğruluk analiz çalışmaları 30 cm çözünürlüklü hava fotoğraflarından oluşturulan stereo modelden okunan yükseklik bilgileri, HGM tarafından üretilen SYM (5 m) ile SYM (0,30 m) verileri kullanılarak yapılmıştır. Göktürk-1 uydusunca alınan görüntülerden, uygun nitelik ve dağılımda YKN ve Bağlama Noktası (BN) kullanılması durumunda, uydu teknik özelliklerinde belirtildiği gibi %90 güven aralığında ± 3 m'den daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir.

Duran ve Eyimaya (2025) tarafından yürütülen çalışmada, Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinden üretilen SYM verilerinin doğruluğuna YKN kullanımının etkisi incelenmiştir. Konya ve Bergama bölgelerinde yapılan çalışmada, PCI Catalyst yazılımı ile YKN verisi olmadan, yalnızca YKN kullanılarak, YKN ile bağlama noktaları kullanılarak üç farklı yöntemle SYM üretilmiştir. HGM'den temin edilen 53 adet ± 1 m doğruluğundaki YKN referans alınarak yapılan analizlerde, YKN kullanımı doğruluğu artırmış; YKN'siz üretilen SYM'lerde LE90 ortalaması 3,83 m, yalnızca YKN ile 2,18 m ve YKN ile bağlama noktası kullanılması sonucunda 1,59 m olarak hesaplanmıştır. YKN'nin düşey doğruluğa olumlu katkı sağladığını göstermektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında, Antalya ilinin Kepez, Konyaaltı ve Döşemealtı ilçelerini kapsayan bölge uygulama alanı olarak seçilmiştir. Çalışmada, 2023 yılı temmuz ayında elde edilen ve $9,62^\circ$ off-nadir görüntüleme açısına sahip Göktürk-1 uydu görüntüsü kullanılmıştır. SYM olarak; DTED-2, ALOS, TREx ve Göktürk-1 stereo görüntülerinden elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Ortogörüntü üretim sürecinde, YKN kullanılmadan ve jeodezik yöntemlerle elde edilmiş yüksek konumsal doğruluğa sahip 1 adet YKN kullanılarak iki ayrı senaryo uygulanmıştır. Doğruluk analizinde kullanılmak üzere 20 adet detay noktası referans veri olarak kullanılmıştır. Üretilen ortogörüntülerin yatay konumsal doğrulukları, detay noktaları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiş ve istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı (Antalya)

3.1. Uzaktan Algılama Kavramı

Uzaktan algılama, yeryüzü veya atmosferdeki nesne veya alanların, fiziksel temas olmaksızın elektromanyetik dalgalar aracılığıyla algılanması, ölçülmesi ve analiz edilmesi sürecidir. Temel prensibi, yeryüzündeki objelerden yansıyan elektromanyetik enerjinin, sensörler vasıtasıyla algılanması ve bu verilerin analiz edilmesine dayanır (Bilgi, 2007). Bu teknolojinin etkinliği, kullandığı platformların çeşitliliği ile doğrudan ilişkilidir. Uydu, hava araçları ve insansız hava araçları (İHA) gibi farklı platformlar, sahip oldukları özelliklere bağlı olarak geniş bir uygulama yelpazesi sunmaktadır.

Uzaktan algılamanın en yaygın kullanılan platformu olan uydular, uzayın yüksek irtifalarından geniş alanları sürekli ve tekrarlı olarak tarama yeteneğine sahiptir. Optik, kızılötesi ve radar gibi farklı spektral bantlarda veri toplayabilen bu platformlar, küresel ölçekte gözlem yapmayı mümkün kılar. Türkiye'nin ulusal uzaktan algılama kapasitesine önemli katkılar sağlayan Göktürk-2, Göktürk-1 ve Göktürk-2B uyduları da bu kapsamda değerlendirilebilecek önemli örneklerdir.

Uydulara kıyasla daha düşük irtifalarda operasyon gösteren hava araçları ve İHA'lar ise, yüksek mekânsal çözünürlükte veri toplamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu platformlar, düşük maliyet, yüksek esneklik ve çeşitli sensörlerle donatılabilme avantajları sayesinde, ulaşılması güç veya tehlikeli bölgelerdeki uygulamalarda giderek daha fazla tercih edilmektedir (Eisenbeiss, 2009).

Sözü edilen tüm bu platformlar, çeşitli sensör tipleri ile desteklenerek, uzaktan algılama teknolojisinin esnekliğini ve uygulama alanlarını genişletmektedir (Şener, 2019). Sonuç olarak, haritalama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), doğal kaynak yönetimi, afet yönetimi, kentsel planlama, tarım ve askerî istihbarat gibi birçok farklı alanda yüksek doğrulukta ve detaylı veri sağlayan uzaktan algılama, modern toplumların stratejik karar alma süreçlerini destekleyen kritik bir araç haline gelmiştir (Özbalımcı, 2007).

3.2. Göktürk-1 Uydusu

Uzay, Soğuk Savaş döneminde ülkeler için stratejik bir “En Hâkim Tepe” olarak kabul edilmiştir. Bu dönemden günümüze, uzay teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, farklı yörüngelerde yer alan ve çeşitli algılayıcı sistemlere sahip uydular sayesinde yeryüzüne ait verilerin toplanmasını mümkün kılmaktadır. Bu uydular, her biri farklı amaçlarla tasarlanmış olup, dünya üzerindeki değişimleri izleyerek coğrafi verilerin elde edilmesini sağlar (Ünal, A. 2020). Kendi keşif ve gözetleme uydusuna sahip ülkeler, dışa bağımlılığı azaltarak ulusal güvenlik ve çıkarlarını daha etkili bir şekilde koruyabilmektedir. Dış kaynaklardan alınan uydu verileri, yüksek maliyetler ve bölgesel zaman dilimi kısıtlamaları gibi zorluklar yaratmakta, özellikle hızlı karar verme ve kriz yönetimi süreçlerinde ciddi engeller oluşturmaktadır.

Göktürk-1 Uydusu, dünyanın herhangi bir bölgesinden coğrafi kısıtlama olmaksızın yüksek çözünürlüklü görüntü alabilme kapasitesine sahiptir. Avrupa Uzay Ajansı'na ait VEGA fırlatma sistemi kullanılarak, Fransız Guyanası'ndan 5 Aralık 2016

tarihinde Türkiye saati ile 16.51’de başarıyla fırlatılmıştır. Kabul testlerinin tamamlanmasının ardından 2018 yılında, Hava Kuvvetleri Komutanlığı bünyesindeki Keşif Uydu Tabur Komutanlığı’na teslim edilmiştir (URL-1).



Şekil 3.2. Göktürk-1 uydu görseli

Telespazio-İtalya (TPZ) ve Thales Alenia Space-Fransa (TAS-F) firmalarının ana yükleniciliğinde geliştirilen Göktürk-1 Projesi, Türk Havacılık ve Uzay Sanayi AŞ (TUSAŞ) tarafından uydunun bazı uçuş bileşenlerinin üretilmesiyle desteklenmiştir. Göktürk-1, askerî istihbarat ihtiyaçlarının yanı sıra, pek çok sivil uygulama alanında da yüksek çözünürlüklü görüntü sağlayarak geniş bir kullanıcı kitlesine hizmet sunmaktadır (URL-2).

3.2.1. Göktürk-1 uydusu teknik özellikleri

Göktürk-1 uydusu, yüksek çözünürlüklü görüntüleme kapasitesine sahip olup; nokta (spot), şerit, geniş alan (mozaik) ve stereo olmak üzere dört farklı görüntüleme modunda veri elde edebilmektedir. Spot modda elde edilen görüntüler 15 x 15 km boyutundayken, şerit modda bu uzunluk 15 x 780 km'ye kadar ulaşabilmektedir. Uydu, yörünge istikametinin yanı sıra kuzey-güney ve doğu-batı yönlerinde de çekim yapabilme esnekliğine sahiptir. Dünya etrafındaki bir turunu 98 dakikada tamamlayan Göktürk-1, aynı noktayı tekrar görüntüleyebilmek için 2-3 günlük bir süreye ihtiyaç duymaktadır. Beş farklı spektral bantta görüntü sunan uydu, pankromatik (siyah-beyaz) ve multispektral (kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi) bantlarıyla geniş bir yelpazede gözlem ve analiz imkânı sunmaktadır (Gürçay, 2019). Göktürk-1 uydusuna ait teknik özellikler Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Göktürk-1 uydusu teknik özellikleri

Özellikler	Göktürk-1
Yörünge Tipi	Güneş eşzamanlı
Yörünge İrtifası	681 km
Periyot	98 dakika 11 saniye
Spot Görüntü Boyutu	15 x 15 km
Şerit Görüntü Genişliği	15 km
Şerit Görüntü Uzunluğu	780 km
Uydu Kütlesi	1.061 kg
Yersel Çözünürlük	0,5 m (pankromatik), 2 m (çok bantlı)
Radyometrik Çözünürlük	12-Bit
Haberleşme Bantları / Hızları	X-Bant / 800 Mbps, S-Bant / 1,6 Mbps
Görüntüleme Sıklığı	2-3 gün
Günlük Yörünge Sayısı	14-15

3.2.2. Göktürk-1 uydusu görüntü seviyeleri

Göktürk-1 uydusu, hedef alandan yaptığı çekimleri eş zamanlı olarak yer istasyonuna aktarmaktadır. Yer istasyonunda alınan görüntüler, kullanıcılara dağıtılmadan önce temel ve ileri seviye görüntü işleme adımlarından geçirilmektedir. Bu işlemler, Göktürk-1 uydu görüntülerine yönelik olarak tanımlanan yedi farklı

görüntü seviyesini (Seviye 0-Seviye 6) kapsamaktadır. Seviye 0, 1 ve 2 temel seviye görüntü işlemleri olarak sınıflandırılırken, Seviye 3 ve daha üst seviyeler ileri seviye görüntü işlemlerini içermektedir (Eyimaya, 2024). Bu sınıflandırma, görüntülerin radyometrik, geometrik ve coğrafi düzeltmeler gibi farklı işleme adımlarına tabi tutulduğu aşamaları temsil etmektedir. Göktürk-1 uydusu görüntü işleme adımları Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Göktürk-1 uydusu görüntü işleme adımları

Görüntü Seviyesi	Görüntü Özelliği	Sınıflandırma
Seviye 0 (L0)	Ham görüntü	Temel Seviye Görüntü
Seviye 1 (L1)	Radyometrik düzeltmesi yapılmış görüntü	
Seviye 2A (L2A)	Geometrik düzeltmeleri yapılmış görüntü	
Seviye 2B (L2B)	L2A görüntünün georektifiye edilmesi ile elde edilen görüntü	İleri Seviye Görüntü
Seviye 3A (L3A)	Yer Kontrol Noktası kullanılmadan ortorektifiye edilmiş görüntü	
Seviye 3B (L3B)	Yer Kontrol Noktası kullanılarak ortorektifiye edilmiş görüntü	
Seviye 4 (L4)	Stereo görüntülerden elde edilen SYM verisi	
Seviye 5 (L5)	Mozaik görüntü	
Seviye 6 (L6)	Sınıflandırılmış görüntü	

Uydu tarafından çekilen görüntüler, yer kontrol istasyonuna ham görüntü (L0) olarak aktarılır. L0 seviye görüntülerin radyometrik düzeltme işlemleri yapılarak Seviye 1 (L1) görüntüler elde edilir. Bu görüntüler üzerinde geometrik düzeltme yapılarak Seviye 2A (L2A) görüntüler oluşturulur ve ardından coğrafi düzeltme uygulanarak Seviye 2B (L2B) görüntüler elde edilir.

Seviye 2A görüntüleri, yükseklik verileri kullanılarak ortogörüntü üretimiyle Seviye 3A (L3A) görüntüler oluşturulur. Eğer bu süreçte yer kontrol noktaları da kullanılırsa Seviye 3B (L3B) görüntüler elde edilir. Seviye 4 (L4A) görüntülerin üretiminde ise L2A seviye görüntüler kullanılır. Ortogörüntü (L3A, L3B) temelli süreçlerle mozaiklenmiş görüntüler (Seviye 5-L5) ve tematik haritalar (Seviye 6-L6) oluşturulur (Akdeniz, 2022).

3.3. Ortofoto ve Ortogörüntü Kavramı

Uzaktan Algılama ile elde edilen uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları, görüntü geometrisini bozan hatalar içermektedir. Bu hatalar, mercek hataları, eğiklik, dönüklük ve yükseklik farklarından kaynaklanan yatay kayıklık hatalarıdır. Bu hataların ortadan kaldırılması ya da en aza indirilmesi sonucunda hem doğruluk artar hem de verilerin güvenilirliği sağlanmış olur. Bu süreç sonrasında elde edilen ürünler, ortofoto/ortogörüntü olarak adlandırılmaktadır (Haritacılık Terimler Sözlüğü, 2003).

Her iki terim de harita ve CBS alanında görsel veri elde etmek için kullanılırken, ortofoto daha çok hava fotoğraflarına dayanırken, ortogörüntü uydu ve hava araçlarından alınan görüntüleri kapsar ve genellikle geniş alanları daha ayrıntılı bir şekilde analiz etmeye olanak tanımaktadır (Özbalmumcu, 2007).

Ortofoto ve ortogörüntü üzerinden açı, mesafe, yükseklik gibi ölçümlerin yanı sıra aynı zamanda koordinat bilgisi de alınabilmektedir. Günümüzde harita gibi kullanılan bu veriler kısa sürede ve düşük maliyetle hızlı bir şekilde güncellenmesi, yüksek çözünürlük ve konum verisine sahip olmaları sebebiyle sıklıkla tercih edilen coğrafi verilerdir (Özbalmumcu, 2007).

3.4. Sayısal Yükseklik Modeli Kavramı

Gelişen teknolojiler, uzaktan algılama sistemleri, uydu görüntüleme teknikleri ve fotogrametrik yöntemlerle yeryüzü hakkında detaylı, güncel ve güvenilir bilgilerin elde edilmesini mümkün hale getirmiştir. Deprem, erozyon, su akışı gibi doğal süreçler ile tarım, madencilik, kentleşme gibi beşerî etkenler nedeniyle yeryüzü sürekli değişmektedir. Bu durum, çevresel analizlerden kentsel planlamaya, mühendislik projelerinden doğal afet yönetimine kadar çeşitli alanlarda ihtiyaç duyulan doğru ve güncel verilerin elde edilmesinin önemini artırmıştır. Yeryüzünün doğal ve insan yapımı tüm nesnelerle sayısal ortamda görebilme ihtiyacı ve bu ihtiyaçların üzerinde çalışmalar yürütme gereksinimi SYM'yi ortaya çıkarmıştır.

SYM, bir bölgenin topografyasını üç boyutlu olarak tanımlayan ve ilgili bölgeye ait yükseklik bilgisini kullanarak arazinin modelini oluşturan dijital bir modeldir (Abdikan ve ark., 2007). SYM'ler, yalnızca yükseklik ölçümü ve konumsal bilgi sağlamakla kalmaz; aynı zamanda arazi eğimi, bakı analizi, güneşlenme süresi, rüzgâr

yönü ve hızının modellenmesi gibi jeomorfolojik ve çevresel analizlerde de yaygın olarak kullanılabilir (Makineci, 2016).

Bununla birlikte, bir Sayısal Yükseklik Modeli'nin (SYM) pratik uygulanabilirliği, modelin mutlak ve bağıl konumsal doğruluk bileşenlerinin güvenilirliğiyle doğrudan orantılıdır. SYM doğruluğu, bitki örtüsü olmayan açık arazide ve bitki örtüsü altında ayrı ayrı değerlendirilmelidir (ASPRS, 2024).

SYM'ler farklı üretim teknikleri kullanılarak oluşturulabilir ve bu teknikler veri kaynaklarına ve uygulama ihtiyaçlarına göre çeşitlilik gösterebilir. SYM verileri;

1. Jeodezik yöntemler (GNSS, Nivelman, Total Station gibi),
2. Fotogrametrik yöntemler (İHA ile gerçekleştirilen ölçümler),
3. Uzaktan algılama teknikleri (uydu görüntüleri veya SAR verileri),
4. Laser Imaging Detection and Ranging (LIDAR) gibi teknolojilerden yararlanılarak üretilmektedir (Eroğlu ve Narin, 2021).

Günümüzde SYM üretiminde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri, stereo görüntülerden faydalanılarak gerçekleştirilir. Bu yöntem, birbirinden farklı açılardan çekilmiş görüntülerin birleştirilmesiyle üç boyutlu arazi modelinin oluşturulmasını sağlamaktadır. Özellikle uydu ve hava araçlarından elde edilen stereo görüntüler ile geniş alanlar yüksek çözünürlükte modellenabilmektedir.

3.4.1. Sayısal arazi modeli

Sayısal arazi modeli (SAM), yeryüzünün istenen herhangi bir bölümüne ilişkin konum (X, Y) ve yükseklik (h) bilgilerini içeren bir model olup yalnızca doğal zemin yüzeyinin bulunduğu çıplak yeryüzü topoğrafyasını temsil etmektedir (Höhle ve Höhle, 2009). Üzerinde bulunan ağaç, bina, doğal veya yapay yapı gibi zemin üstü unsurları içermez. Her bir piksel, topoğrafik yüzeye ait yükseklik değerlerine sahiptir ve tepe, çukur, sırt, zirve gibi karakteristik arazi özelliklerini yansıtır (Saygılı, 2008). SAM, zemin üstü detaylardan arındırılmış yapısıyla hidrografik ve su yönetimi, doğal afet yönetimi, tarım ve ormancılık, jeolojik ve altyapı çalışmalarında kullanılmaktadır.

3.5. Temel İstatistik Bilgileri

İstatistik, verilerin toplanması, düzenlenmesi, analizi ve yorumlanması süreçlerini içeren bir bilim dalıdır. Temel amacı, gözlemlerden bilgi edinmek ve bu

bilgiyi karar verme süreçlerinde kullanılabilir hale getirmektir. Belirsizliklerin bulunduğu durumlarda, olasılık teorisini kullanarak bu belirsizlikleri kontrol altına alır ve gözlemleri bilimsel temellere dayalı bilgiye dönüştürür (Akdeniz, 2022).

3.5.1. Standart sapma

Standart sapma, bir veri grubundaki her bir değerin aritmetik ortalamadan ne kadar uzaklaştığını, bir diğer deyişle verilerin dağılım genişliğini veya yaygınlığını gösteren bir ölçüdür (Özbek ve Keskin, 2007).

Standart sapma, coğrafi analizlerde doğruluk değerlendirmesi, uydu görüntüleme sonuçlarının hassasiyet analizi ve konumsal doğruluk çalışmalarında sıklıkla kullanılan önemli bir istatistiksel ölçüttür. Küçük bir standart sapma, verilerin aritmetik ortalamaya yakın olduğunu ve dağılımın dar bir aralıkta toplandığını gösterirken; büyük bir standart sapma, verilerin ortalamadan uzaklaştığını ve daha geniş bir dağılıma sahip olduğunu ifade etmektedir. Matematiksel olarak şu şekilde hesaplanır;

$$S = \sqrt{\{(z_0 - z_{i1})^2 + (z_0 - z_{i2})^2 + \dots + (z_0 - z_{in})^2\} \div (n-1)} \quad (3.1)$$

Buradaki denklemde z_0 örneklem değerlerinin ortalaması, z_{in} deneysel sonuçların her birinin değeri ve n yapılan deney sayısını ifade etmektedir (Wachs, 2009).

3.5.2. Karesel ortalama hata

Analizler sonucunda ortaya çıkan hatalar, nicelik açısından farklılık gösterebilir. Karesel ortalama hata (KOH) yöntemi, hataların karelerini alarak büyük hataların ortalamaya etkisini daha belirgin hale getirir. Bu sayede, büyük hataların ölçüm üzerindeki etkileri daha net bir şekilde analiz edilebilir ve ölçüm doğruluğuna olan katkıları daha iyi değerlendirilir.

$$K.O.H. = \sqrt{\{(z_0 - z_{i1})^2 + (z_0 - z_{i2})^2 + \dots + (z_0 - z_{in})^2\} \div (n)} \quad (3.2)$$

Buradaki denklemde z_0 örneklem değerlerinin ortalaması, z_{in} deneysel sonuçların her birinin değeri ve n yapılan deney sayısını ifade etmektedir (Yebra, vd., 2013).

3.5.3. Mutlak yatay hata analizi (CE90)

Bir noktanın yatay doğruluğunu değerlendirmek için kullanılan istatistiksel bir ölçüttür. CE90 değeri, hata dağılımının merkezinden itibaren %90'ını kapsayan bir dairenin yarıçapı olarak tanımlanır. Başka bir deyişle, bu değeri kullanarak, veri setindeki noktaların %90'ının bu daire içerisinde yer alması beklenir. Örneğin, bir veri setinin CE90 değeri 2 metre ise, bu durumda verilerdeki noktaların %90'ı, 2 metre yarıçaplı bir daire içinde yer alır ve bu dairenin dışındaki %10'luk kısım daha büyük bir hata ile konumlanmış olmaktadır.

$$CE90=1.5175 \times K.O.H. \quad (3.3)$$

Buradaki formül, yatay konumsal doğruluğu değerlendirmek ve güven aralıklarını tanımlamak için kullanılan bir hesaplama (ASPRS, 2024).

3.5.4. Mutlak düşey hata analizi (LE90)

Bir noktanın düşey (yükseklik) doğruluğunu değerlendirmek için kullanılan istatistiksel bir ölçüttür. LE90 değeri, hata dağılımının merkezinden itibaren yükseklik eksenini boyunca %90'ını kapsayan aralığın sınırı olarak tanımlanır. Başka bir deyişle, bu değer; ölçülen yüksekliklerin %90'ının gerçek yükseklik değerine en fazla LE90 kadar sapma gösterdiği anlamına gelir. Örneğin, bir veri seti için LE90 değeri 3 metre olarak hesaplanmışsa, bu durumda yükseklik verilerinin %90'ı, ± 3 metre sınırları içerisinde yer alır; kalan %10'luk kısım ise daha büyük bir düşey hata ile temsil edilmektedir.

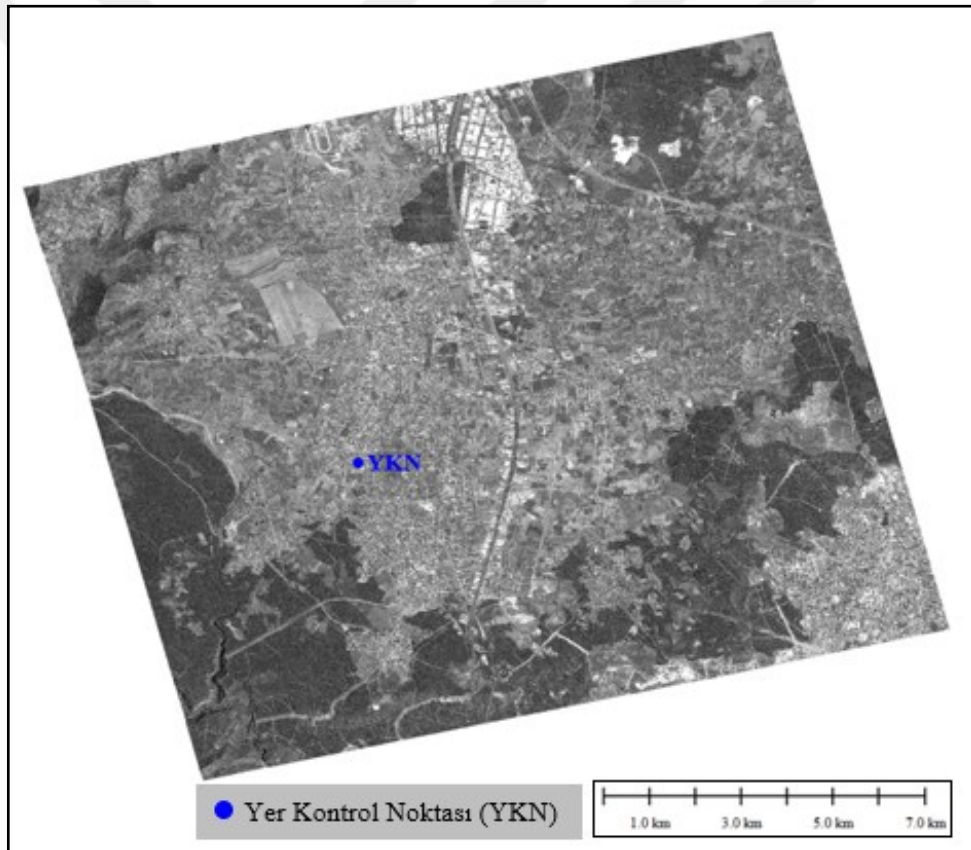
$$LE90=1.6449 \times K.O.H. \quad (3.4)$$

Bu formül yardımıyla, düşey doğruluk analizlerinde %90 güven aralığında beklenen maksimum hata değeri istatistiksel olarak ortaya konulabilir (ASPRS, 2014; 2024).

3.6. Yer Kontrol Noktası

YKN, harita yapımında dayanak noktası olarak kullanılan, koordinatları ve kotları hassas olarak tespit edilmiş, yeryüzünde fiziksel olarak belirlenmiş sabit noktalardır (URL-3). Bu noktalar, coğrafi koordinatları (enlem, boylam ve yükseklik) kesin olarak belirlenmiş ve uzun süre sabit kalabilecek şekilde seçilmelidir. Seçilen noktalar görüntü üzerinde kolayca tanınabilir ve gerektiğinde yeniden ölçüm yapılabilmesine imkân verecek şekilde erişilebilir olmalıdır.

Ortogörüntü işlemlerinde YKN'lerinin doğruluğu, seçimi ve çalışma alanı üzerindeki dağılımı elde edilecek ortogörüntünün yatay konumsal doğruluğunu doğrudan etkilemektedir (Topan vd., 2007).



Şekil 3.3. Çalışma alanına ait Göktürk-1 uydu görüntüsü üzerinde YKN'nin konumu

3.7. Yükseklik Verilerinin Özellikleri

Yükseklik verileri, yeryüzündeki noktaların deniz seviyesine göre yüksekliklerini ifade eden önemli coğrafi verilerdir. Bu veriler, coğrafi bilgi sistemlerinden mühendislik projelerine kadar birçok alanda kritik öneme sahiptir.

3.7.1. DTED (Digital Terrain Elevation Data)

DTED, arazi yükseklik bilgilerini dijital ortamda sağlayan standartlaştırılmış bir veri formatıdır. İlk olarak ABD Savunma Bakanlığı tarafından, askerî uygulamalar için geliştirilen bu veri formatı, SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) ve ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) gibi uydu görevlerinden elde edilen radar ve optik yükseklik verileri temel alınarak oluşturulmuştur. Daha sonra, farklı ülkeler bu formatı ulusal ihtiyaçlara uygun şekilde geliştirmiştir. DTED hem akademik çalışmalarda hem de endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Bildirici ve Abbak, 2019; Bihter vd., 2020).

Bu çalışmada kullanılan DTED-2 seviyesi, genellikle “dt2” uzantılı dosya formatında sunulmakta olup yaklaşık 30 m (1 yay-saniye) aralıklı bir yatay çözünürlüğe, ortalama olarak ± 18 m düşey konumsal doğruluk değerine sahiptir.

3.7.2. ALOS (Advanced Land Observing Satellite)

Japonya Uzay Araştırma Ajansı (JAXA) tarafından geliştirilen ALOS yüksek çözünürlüklü optik ve radar sensörleriyle donatılmış bir uydu sistemidir. Stereoskopik görüntüleme yöntemi ile PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping) sensörü ve interferometrik SAR (InSAR) tekniği ile PALSAR sensörü aracılığıyla ALOS uydusu hem optik hem de radar tabanlı SYM üretmektedir (Tadono vd., 2014).

PALSAR (Phased Array type L-bant Synthetic Aperture Radar) sensörü özellikle arazi deformasyonlarının tespiti, orman örtüsünün izlenmesi ve hassas topografik haritalamanın yapılması için tasarlanmıştır (Shimada, vd., 2009).

Bu çalışmada kullanılan ALOS yükseklik verisi “tif” ve “hgt” uzantılı dosya formatında sunulmakta olup 30 metre yatay çözünürlüğe, ortalama olarak ± 14 metre düşey konumsal doğruluk değerine sahiptir.

3.7.3. TREx (TanDEM-X High Resolution Elevation Exchange)

Dünya genelinde yüksek doğruluklu SYM verilerinin elde edilmesi amacıyla, TerraSAR-X ve TanDEM-X radar uyduları kullanılarak TREx (TerraSAR-X/TanDEM-X Radar Elevation Project) projesi yürütülmektedir. Türkiye’nin de aralarında

bulunduğu 32 ülkenin katılımıyla ABD ve Almanya öncülüğünde gerçekleştirilen bu proje, radar verilerinden üretilen SYM'lerdeki görüntü çekim ve işleme kaynaklı hataların giderilmesini hedeflemektedir (Eyimaya, 2024).

TREx projesinde benimsenen iş birliği modelinde, katılımcı ülkelerin projeye sağladıkları veri katkıları temel alınmaktadır. Ülkeler, kendi ürettikleri verileri proje havuzuna sunarak puan kazanmakta ve bu puanlar oranında ortak veri havuzundan yararlanabilmektedir. Bu yenilikçi yaklaşım, küresel ölçekte yüksek çözünürlüklü SYM veri setlerinin adil paylaşımını ve sürdürülebilir üretimini sağlamayı amaçlamaktadır (URL-4).



Şekil 3.4. TanDEM-X ve TerraSAR-X uyduları

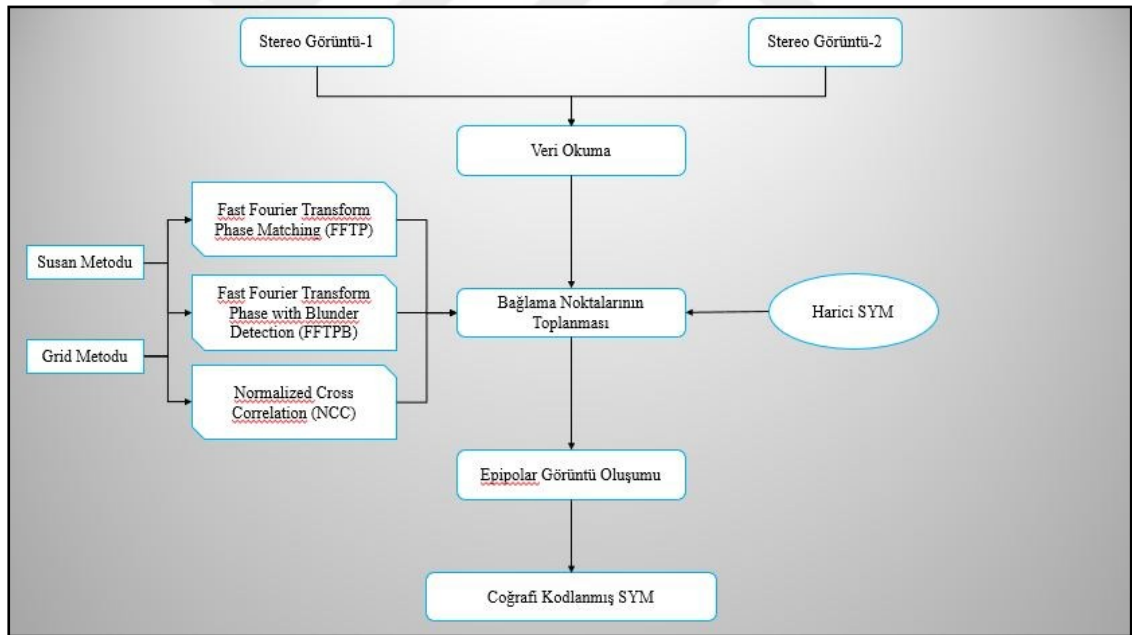
TerraSAR-X ve TanDEM-X uydularından “radar interferometrisi” yöntemiyle üretilmiş olan SYM12 (Sayısal Yüzey Modeli, 12 m çözünürlük) verisinden yararlanılarak SAM12 (Sayısal Arazi Modeli, 12 m çözünürlük) verisi elde edilmiştir. Proje kapsamında üretilen SYM verileri 12 m yersel çözünürlüğe, $\pm 5-10$ metre yatay doğruluğa, ± 4 metre mutlak yükseklik doğruluğuna sahiptir (URL-5).

3.8. Stereo Uydu Görüntülerinden SYM Üretimi

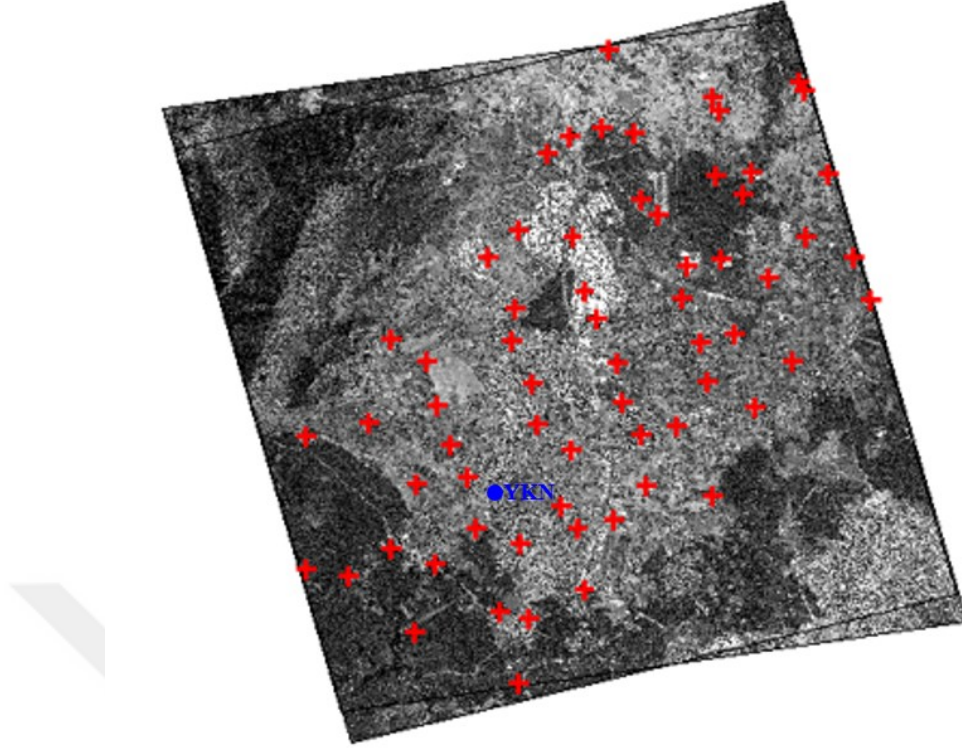
Antalya bölgesine ait Göktürk-1 stereo görüntüleri ile hem YKN kullanılmadan hem de arazi üzerinde jeodezik yöntemlerle elde edilmiş yüksek konumsal doğruluğa

sahip 1 adet YKN kullanılarak çeşitli görüntü eşleme yöntemleri ile CATALYST programında SYM elde edilmiştir.

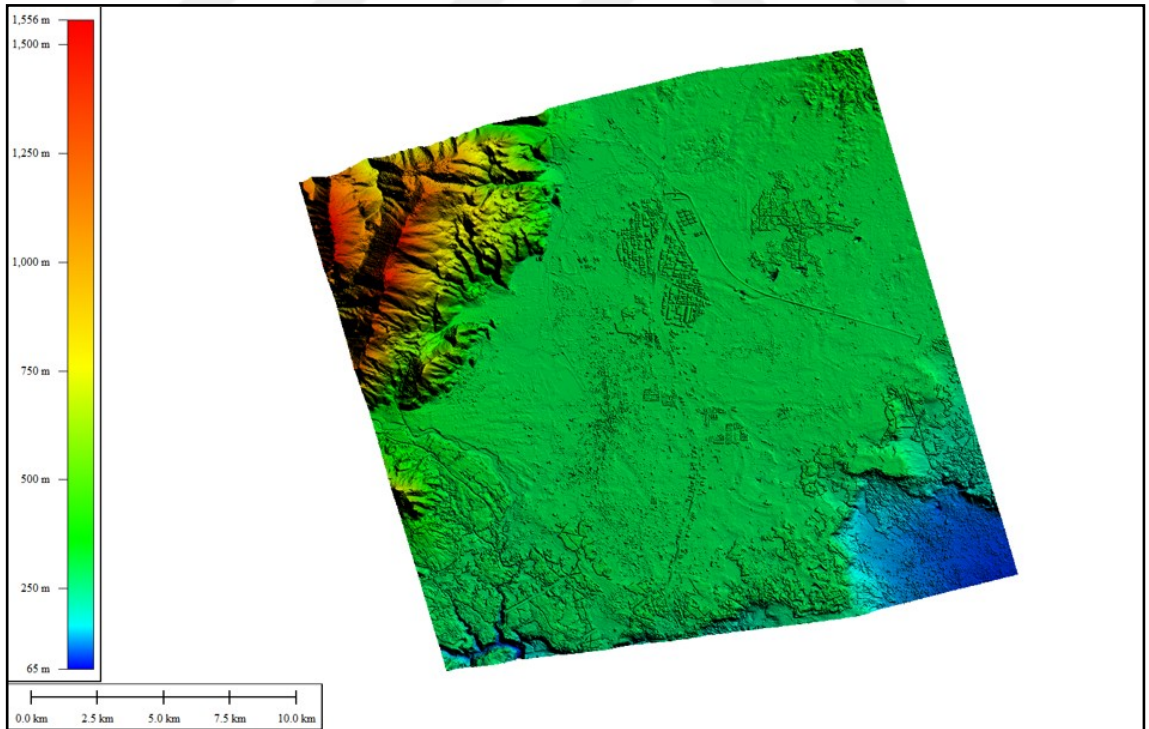
Üretilen SYM’de; stereo görüntüler arasında bağlama noktası (tie point) oluşturmak için Fast Fourier Transform Phase with Blunder Detection (FFTPB), Fast Fourier Transform Phase Matching (FFTP) ve Normalized Cross Correlation (NCC) metodu olmak üzere üç adet görüntü eşleme algoritması ile ALOS yükseklik verisi referans alınarak bağlama noktaları toplanmıştır. Oluşturulan model alanlar içerisinde, blok dengelemesi yapıldıktan sonra toplanan bağlama noktalarından ortalama artık hata değerleri yüksek olan noktalar tespit edilip modelden çıkarılmış ve SYM üretiminde üç boyutlu görüntü elde edilebilmesi için epipolar görüntüler yazılımda üretilmiştir. Elde edilen epipolar görüntüleri CATALYST yazılımında “otomatik SYM çıkarımı” modülünü kullanarak stereo uydu görüntülerinden SYM üretiminin son safhasına geçilerek 1 m çözünürlüklü SYM verisi olarak üretilmiştir. Oluşturulan SYM verisinin üretimi için Semi-Global Matching (SGM) görüntü eşleme yöntemi kullanılmıştır.



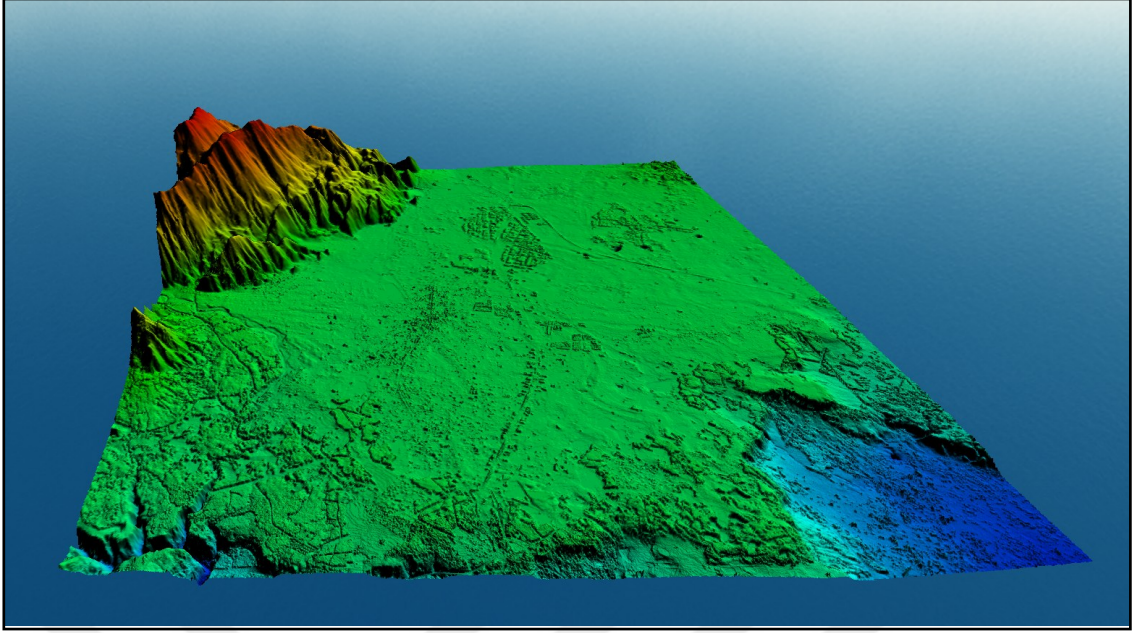
Şekil 3.5. Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinde SYM üretimi iş akışı



Şekil 3.6. Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinde toplanan bağlama noktaları ve YKN'nin gösterimi



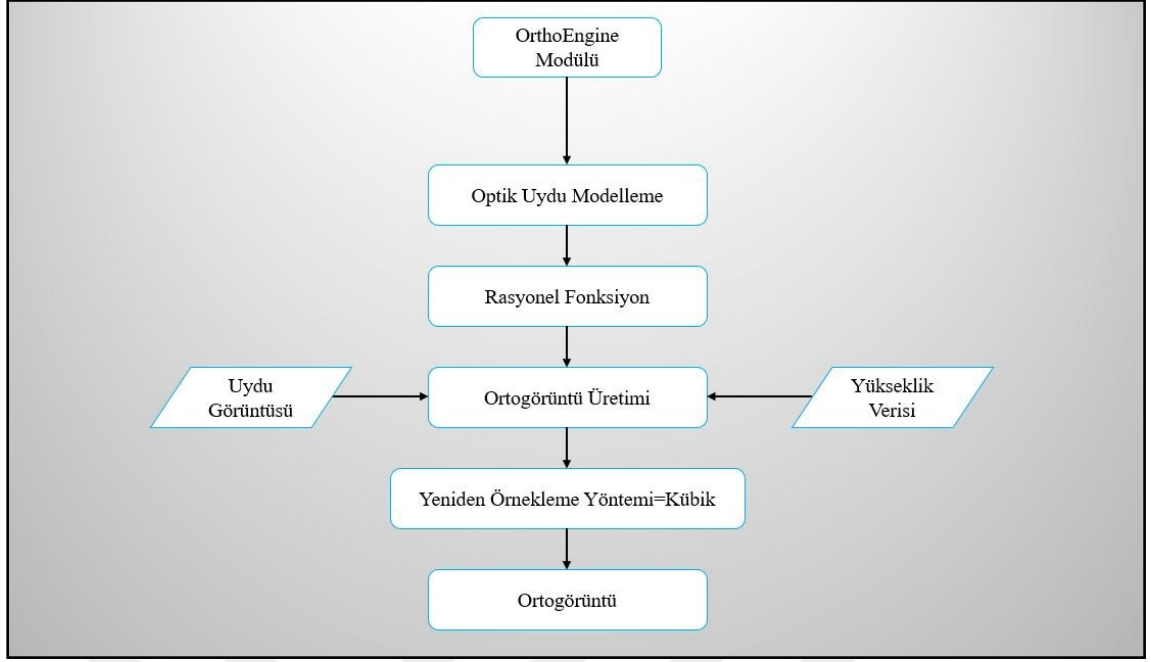
Şekil 3.7. Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinden üretilen SYM



Şekil 3.8. Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinden üretilen SYM'nin üç boyutlu gösterimi

3.9. Ortogörüntü Üretimi

Ortogörüntü üretiminde CATALYST yazılımında bulunan OrthoEngine Modülü kullanılmıştır. Söz konusu modül üzerinden ortogörüntüsünü üreteceğimiz uyduya ait coğrafi projeksiyonda model tanımlanmış, üretim adımıyla Ortogörüntü Üretimi sekmesi kullanılarak Göktürk-1 uydu görüntüsüne ait metadata dosyası içerisinde gömülü olan RPC parametreleri ve ilgili bölgeye ait sayısal yükseklik verisi yazılıma tanıtılmıştır. Ortogörüntü üretiminde yeniden örnekleme metodu olarak, literatürde ve uluslararası standartlarda (ASPRS, 2024) yaygın olarak kullanılan kübik yöntem tercih edilmiştir.



Şekil 3.9. Ortogörüntü üretimi akış şeması

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE UYGULAMA

4.1. Çalışma Bölgesinin Özellikleri

Bu tez çalışmasında uygulama alanı olarak, Antalya ilinin Kepez, Konyaaltı ve Döşemealtı ilçelerini kapsayan bölge seçilmiştir. Söz konusu bölgenin tercih edilmesinde, sahip olduğu coğrafi çeşitlilik ve topoğrafik yapı belirleyici olmuştur. Bölgenin hem düzlük hem de eğimli arazileri bünyesinde barındırması nedeniyle, farklı yeryüzü şekillerinin aynı çalışma sahasında yer almasını mümkün kılmaktadır.

Bölgedeki topoğrafik çeşitlilik, SYM'ler kullanılarak üretilen ortogörüntülerin yatay konumsal doğruluğunun değerlendirilmesinde önemli avantajlar sağlamaktadır. Hem düz alanlarda hem de engebeli alanlarda konumsal doğruluk analizlerinin yapılabilmesi, kullanılan farklı yükseklik verilerinin (DTED-2, ALOS, TREx ve Göktürk-1 stereo verisi) performanslarının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu yönüyle çalışma sahası, tez kapsamında gerçekleştirilecek doğruluk analizleri için uygun bir test ortamı sunmaktadır.



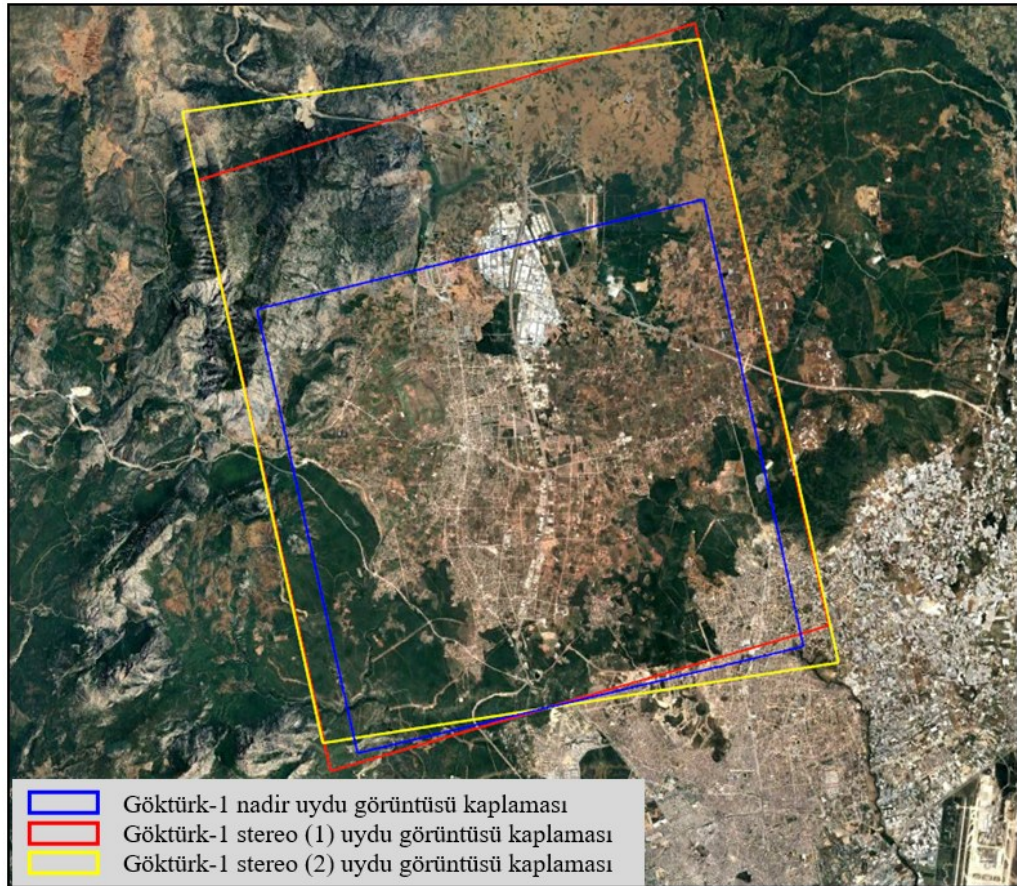
Şekil 4.1. Antalya bölgesine ait Göktürk-1 uydu görüntüsü kaplaması

4.2. Kullanılan Görüntüler ve Referans Verisinin Özellikleri

Bu tez çalışmasında kullanılan uydu görüntüleri, Göktürk-1 uydusu tarafından 2023 yılı temmuz ayında Antalya ili sınırları içerisinde yer alan Kepez, Konyaaltı ve Döşemealtı ilçelerini kapsayacak şekilde elde edilmiştir. Ortogörüntü ve SYM üretimi amacıyla kullanılan veri seti, tri-stereo modda elde edilmiş üç adet pankromatik görüntüden oluşmaktadır. Çalışma alanında, Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen dengelenmiş stereo hava fotoğraflarından elde edilen 0,5 m yatay ve 1 m düşey doğruluğa sahip 20 adet detay noktası, referans veri olarak kullanılmıştır.

Çizelge 4.1. Çalışma alanında kullanılan görüntüler

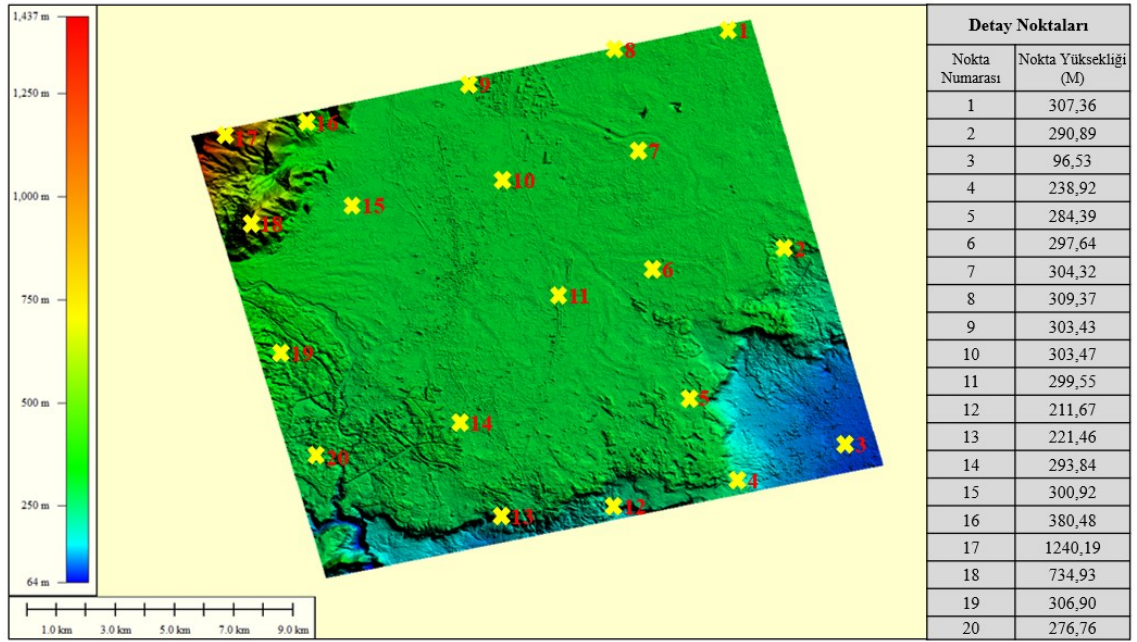
Bölge	Uydu Görüntüsü Tarihi	Görüntü Tipi	Çekim Açısı	Görüntü Kullanımı	Görüntü Seviyesi
Antalya	20230731080541	Nadir	9,62	Ortogörüntü Üretiminde	L2A
	20230731080501	Stereo	30,77	SYM Üretiminde	
	20230731080647	Stereo	31,47		



Şekil 4.2. Göktürk-1 nadir ve stereo uydu görüntülerinin kaplaması

4.3. Sayısal Yükseklik Modellerinin Değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında kullanılan DTED-2, ALOS ve TREx yükseklik verileri ile Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinden YKN kullanılmadan üretilen Göktürk-1 L4A SYM verisi ve YKN kullanılarak üretilen Göktürk-1 L4B SYM verisi; referans veri olarak kullanılan 20 adet detay noktası ile detaylı biçimde karşılaştırılarak düşey konumsal doğruluk istatistikleri analiz edilmiştir. Bu doğruluk değerleri, ortogörüntü üretiminde sağlanan yatay doğruluk performanslarının değerlendirilmesine katkı sağlamıştır.

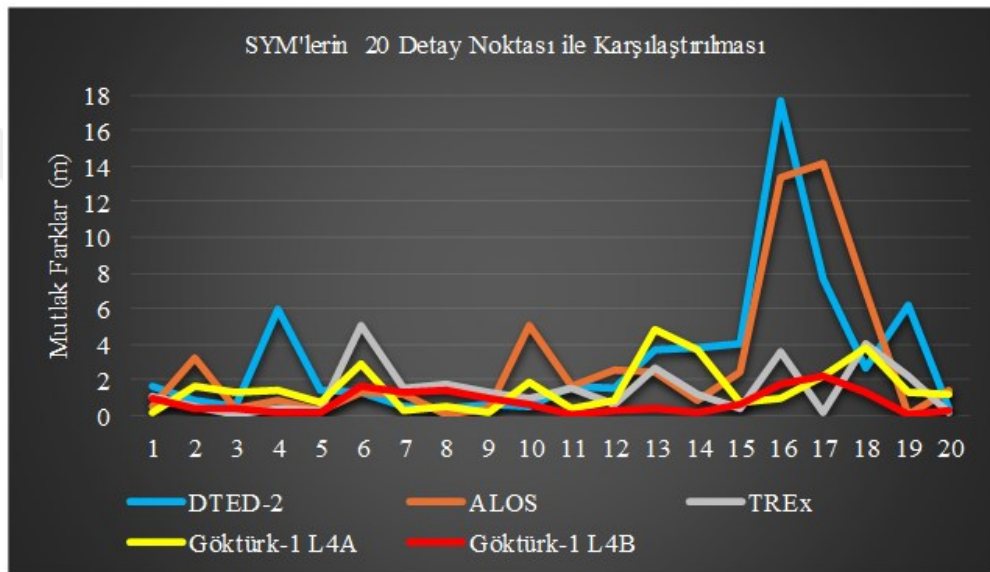


Şekil 4.3. Çalışma alanına ait TREx SYM verisi üzerinde yer alan 20 detay noktasının dağılımı ve yükseklik değerleri

Bu çerçevede, referans verisi olan 20 adet detay noktası ile yapılan karşılaştırma sonucunda, YKN kullanılarak üretilen Göktürk-1 L4B SYM verisi $\pm 1,62$ m LE90 değeri ile en başarılı SYM olarak belirlenmiş, onu sırasıyla TREx ($\pm 3,30$ m), YKN kullanılmadan üretilen Göktürk-1 L4A SYM verisi ($\pm 3,31$ m), ALOS ($\pm 8,15$ m) ve DTED-2 ($\pm 8,32$ m) verileri takip etmiştir. DTED-2, ALOS, Göktürk-1 L4A, TREx, ve Göktürk-1 L4B SYM'lerinin düşey konumsal doğruluk analizi istatistik bilgileri Çizelge 4.2'de ve grafik gösterimi Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. DTED-2, ALOS, Göktürk-1 L4A, TREx ve Göktürk-1 L4B SYM verilerinin 20 detay noktasına göre düşey konumsal doğruluk analizi

Yükseklik Verisi	Detay Noktası	Minimum Değer (m)	Maksimum Değer (m)	Ortalama (m)	Standart Sapma (m)	KOH (m)	LE90 (m)
DTED-2	20	0,34	-17,67	3,16	5,19	5,06	8,32
ALOS		0,07	14,15	2,97	5,08	4,95	8,15
Göktürk-1 L4A		0,12	-4,82	1,53	2,06	2,01	3,31
TREx		0,15	4,02	1,48	2,05	2,00	3,30
Göktürk-1 L4B		-0,01	2,21	0,75	1,01	0,98	1,62



Şekil 4.4. DTED-2, ALOS, TREx, Göktürk-1 L4A ve Göktürk-1 L4B SYM verilerinin 20 detay noktasına göre düşey konumsal doğruluk analizi grafik gösterimi

4.4. YKN Kullanılmadan Üretilen Göktürk-1 Ortogörüntülerin Doğruluk Analizi

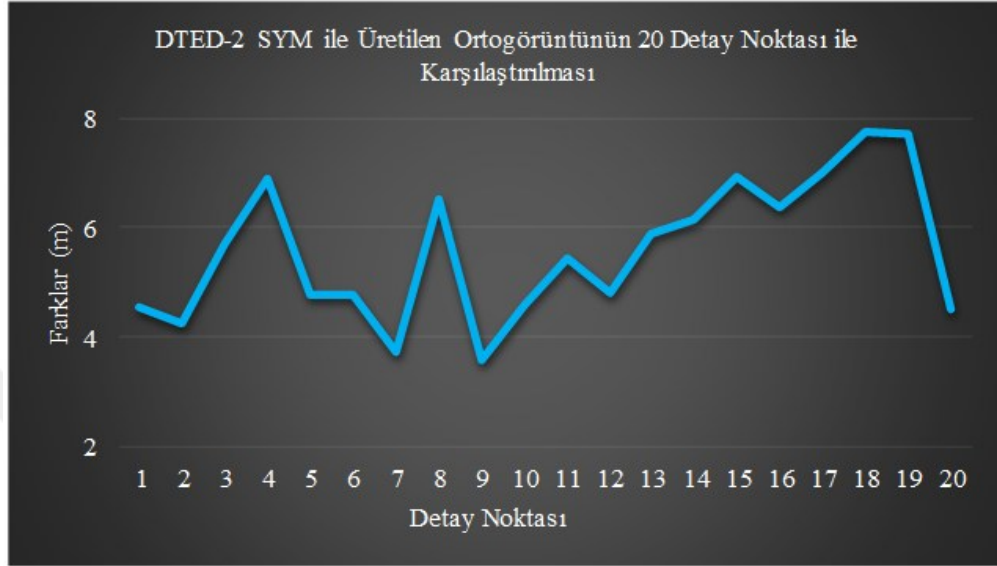
4.4.1. DTED-2 yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi

Antalya bölgesini kapsayan Göktürk-1 uydu görüntüsü ile DTED-2 yükseklik verisi kullanılarak, CATALYST yazılımı aracılığıyla ortogörüntü üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluğu, referans veri olarak kullanılan 20 adet detay noktası ile karşılaştırılarak detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Ortogörüntüye ait yatay konumsal doğruluk analizine ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 4.3'te ve grafik gösterimi Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. DTED-2 SYM ile üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi

Detay Noktası	Minimum Değer (m)	Maksimum Değer (m)	Ortalama (m)	Standart Sapma (m)	KOH (m)	CE90 (m)
20	3,58	7,76	5,59	5,88	5,73	8,69

**Şekil 4.5.** DTED-2 SYM ile üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi grafik gösterimi

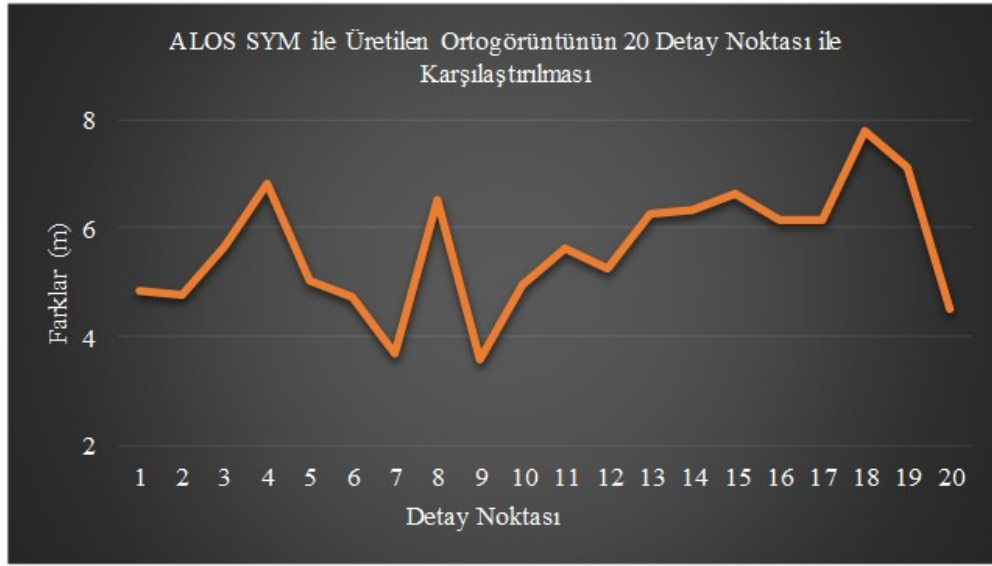
4.4.2. ALOS yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi

Antalya bölgesini kapsayan Göktürk-1 uydu görüntüsü ile ALOS yükseklik verisi kullanılarak, CATALYST yazılımı aracılığıyla ortogörüntü üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluğu, referans veri olarak kullanılan 20 adet detay noktası ile karşılaştırılarak detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Ortogörüntüye ait yatay konumsal doğruluk analizine ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 4.4'te ve grafik gösterimi Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. ALOS SYM ile üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi

Detay Noktası	Minimum Değer (m)	Maksimum Değer (m)	Ortalama (m)	Standart Sapma (m)	KOH (m)	CE90 (m)
20	3,57	7,78	5,61	5,87	5,72	8,68



Şekil 4.6. ALOS SYM ile üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi grafik gösterimi

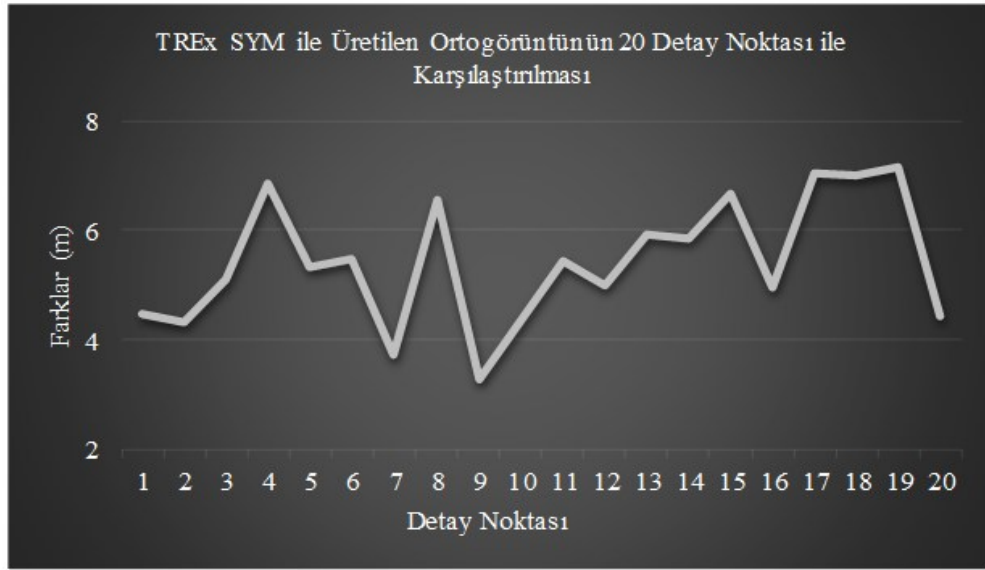
4.4.3. TREx yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi

Antalya bölgesini kapsayan Göktürk-1 uydu görüntüsü ile TREx yükseklik verisi kullanılarak, CATALYST yazılımı aracılığıyla ortogörüntü üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluğu, referans veri olarak kullanılan 20 adet detay noktası ile karşılaştırılarak detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Ortogörüntüye ait yatay konumsal doğruluk analizine ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 4.5'te ve grafik gösterimi Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. TREx SYM ile üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi

Detay Noktası	Minimum Değer (m)	Maksimum Değer (m)	Ortalama (m)	Standart Sapma (m)	KOH (m)	CE90 (m)
20	3,26	7,14	5,44	5,70	5,55	8,43



Şekil 4.7. TREx SYM ile üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi grafik gösterimi

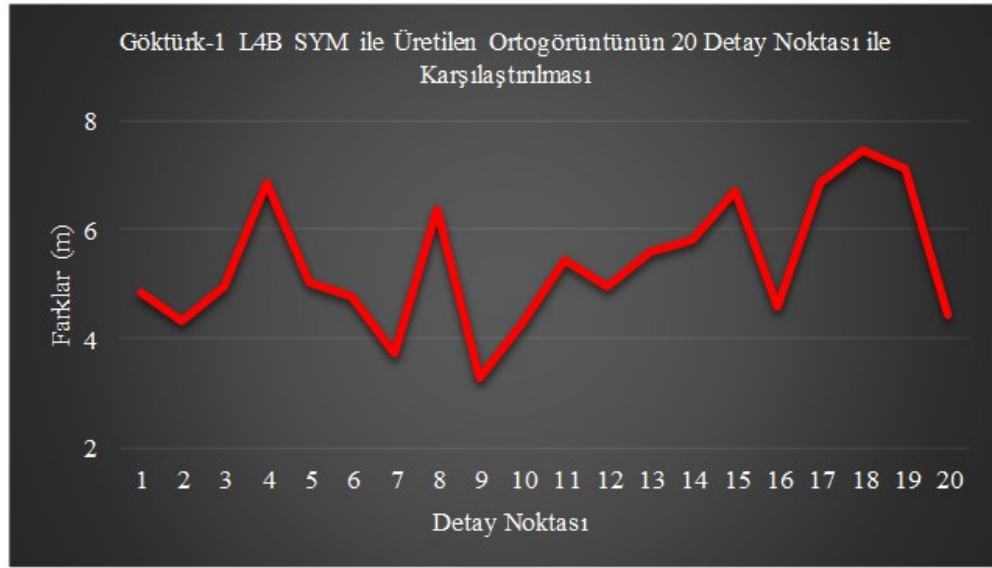
4.4.4. Göktürk-1 L4B yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi

Antalya bölgesini kapsayan Göktürk-1 uydu görüntüsü ile Göktürk-1 L4B yükseklik verisi kullanılarak, CATALYST yazılımı aracılığıyla ortogörüntü üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluğu, referans veri olarak kullanılan 20 adet detay noktası ile karşılaştırılarak detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Ortogörüntüye ait yatay konumsal doğruluk analizine ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 4.6’da ve grafik gösterimi Şekil 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Göktürk-1 L4B SYM ile üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi

Detay Noktası	Minimum Değer (m)	Maksimum Değer (m)	Ortalama (m)	Standart Sapma (m)	KOH (m)	CE90 (m)
20	3,28	7,45	5,36	5,63	5,49	8,33



Şekil 4.8. Göktürk-1 L4B SYM ile üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi grafik gösterimi

4.5. YKN Kullanılarak Üretilen Göktürk-1 Ortogörüntülerin Doğruluk Analizi

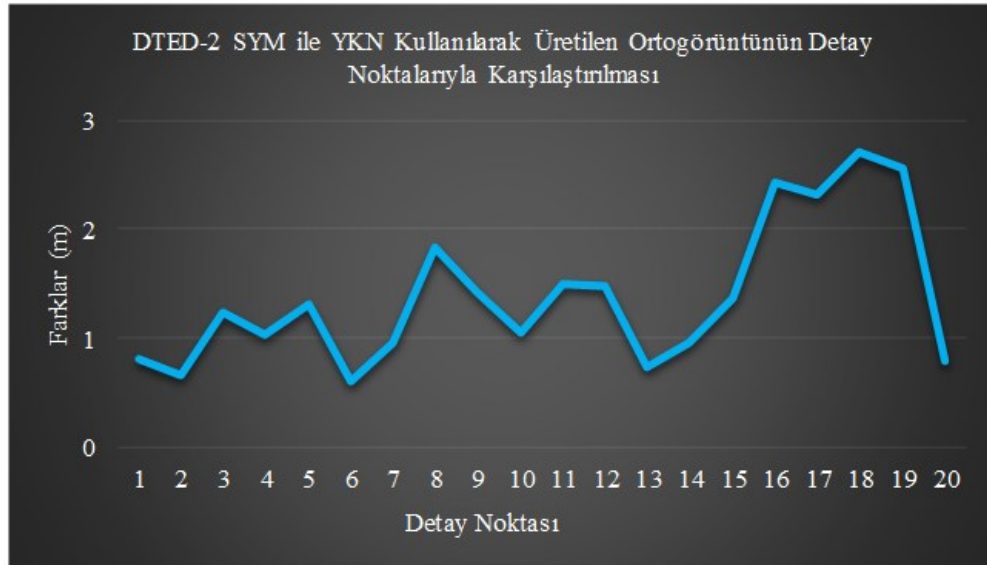
4.5.1. DTED-2 yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi

Antalya bölgesini kapsayan Göktürk-1 uydu görüntüsü, bir adet YKN ve DTED-2 yükseklik verisi kullanılarak, CATALYST yazılımı aracılığıyla ortogörüntü üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluğu, referans veri olarak kullanılan 20 adet detay noktasıyla karşılaştırılmış ve detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Ortogörüntüye ait yatay konumsal doğruluk analizine ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 4.7’de ve grafik gösterimi Şekil 4.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. DTED-2 SYM ile YKN kullanılarak üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi

Detay Noktası	Minimum Değer (m)	Maksimum Değer (m)	Ortalama (m)	Standart Sapma (m)	KOH (m)	CE90 (m)
20	0,65	2,71	1,38	1,56	1,52	2,31



Şekil 4.9. DTED-2 SYM ile YKN kullanılarak üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi grafik gösterimi

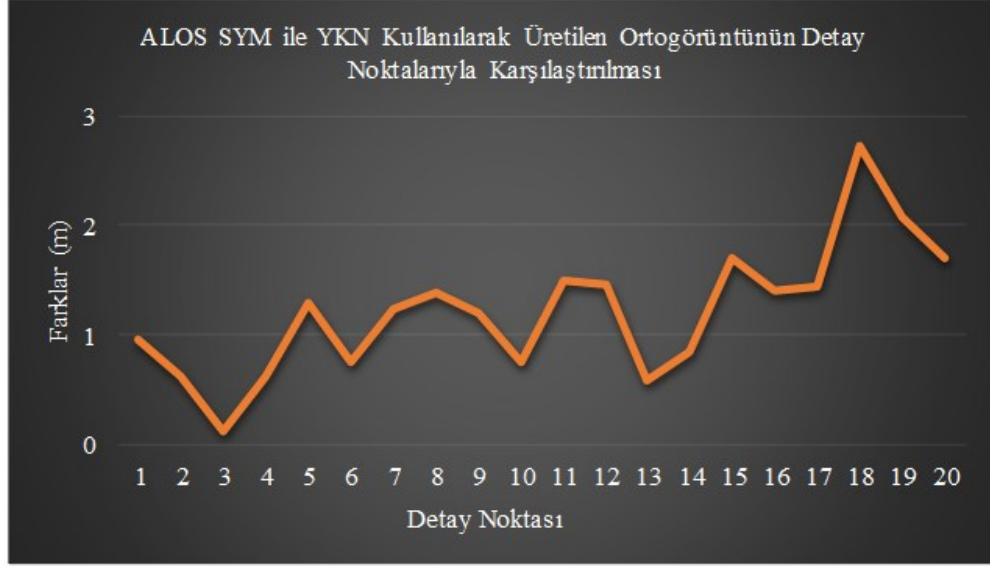
4.5.2. ALOS yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analiz

Antalya bölgesini kapsayan Göktürk-1 uydu görüntüsü, bir adet YKN ve ALOS yükseklik verisi kullanılarak, CATALYST yazılımı aracılığıyla ortogörüntü üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluğu, referans veri olarak kullanılan 20 adet detay noktasıyla karşılaştırılmış ve detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Ortogörüntüye ait yatay konumsal doğruluk analizine ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 4.8’de ve grafik gösterimi Şekil 4.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. ALOS SYM ile YKN kullanılarak üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi

Detay Noktası	Minimum Değer (m)	Maksimum Değer (m)	Ortalama (m)	Standart Sapma (m)	KOH (m)	CE90 (m)
20	0,11	2,73	1,21	1,38	1,34	2,04



Şekil 4.10. ALOS SYM ile YKN kullanılarak üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi grafik gösterimi

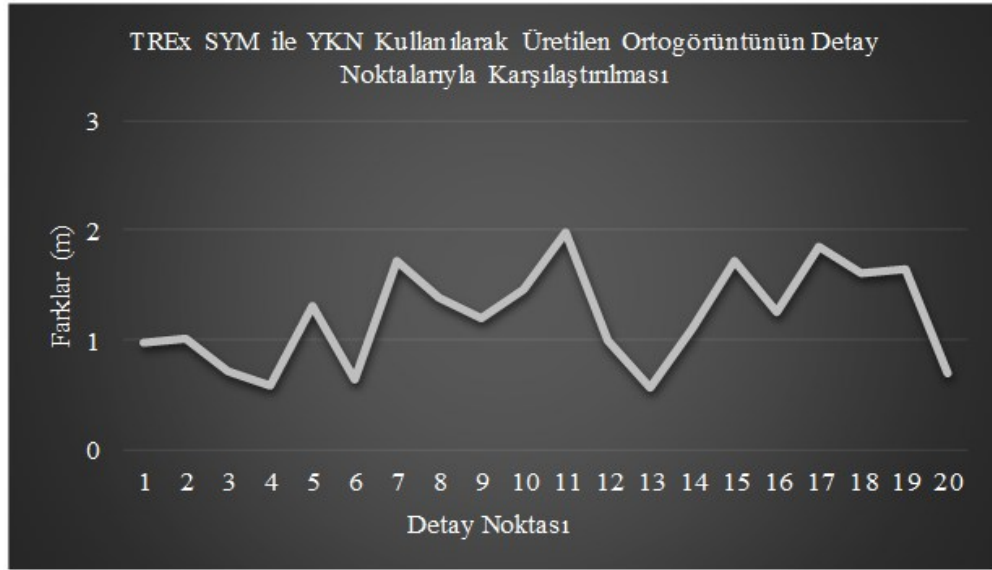
4.5.3. TREx yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi

Antalya bölgesini kapsayan Göktürk-1 uydu görüntüsü, bir adet YKN ve TREx yükseklik verisi kullanılarak, CATALYST yazılımı aracılığıyla ortogörüntü üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluğu, referans veri olarak kullanılan 20 adet detay noktasıyla karşılaştırılmış ve detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Ortogörüntüye ait yatay konumsal doğruluk analizine ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 4.9’da ve grafik gösterimi Şekil 4.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. TREx SYM ile YKN kullanılarak üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi

Detay Noktası	Minimum Değer (m)	Maksimum Değer (m)	Ortalama (m)	Standart Sapma (m)	KOH (m)	CE90 (m)
20	0,57	1,99	1,21	1,32	1,29	1,96



Şekil 4.11. TREx SYM ile YKN kullanılarak üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi grafik gösterimi

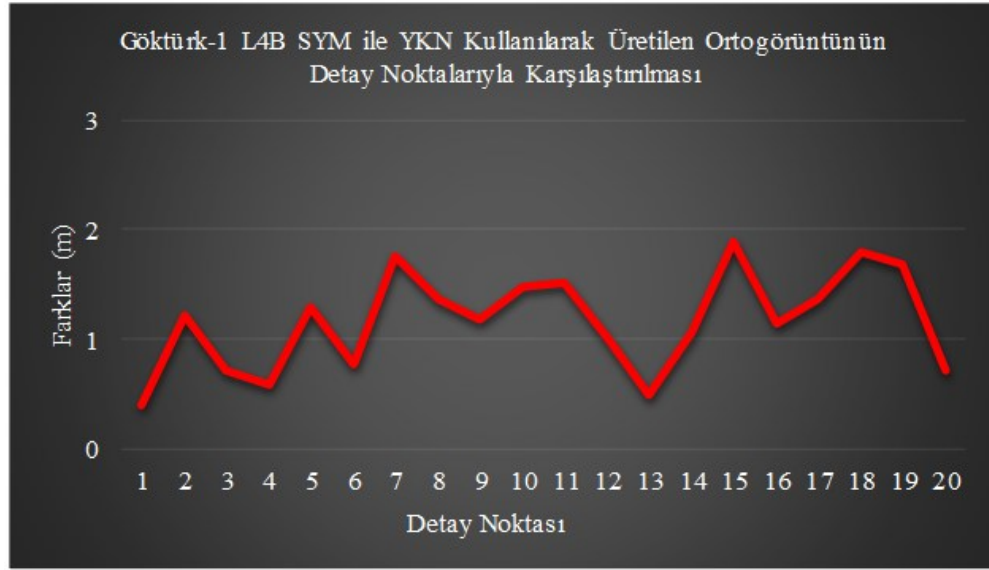
4.5.4. Göktürk-1 L4B yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntünün doğruluk analizi

Antalya bölgesini kapsayan Göktürk-1 uydu görüntüsü, bir adet YKN ve Göktürk-1 L4B yükseklik verisi kullanılarak, CATALYST yazılımı aracılığıyla ortogörüntü üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluğu, referans veri olarak kullanılan 20 adet detay noktasıyla karşılaştırılmış ve detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Ortogörüntüye ait yatay konumsal doğruluk analizine ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 4.10'da ve grafik gösterimi Şekil 4.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Göktürk-1 L4B SYM ile YKN kullanılarak üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi

Detay Noktası	Minimum Değer (m)	Maksimum Değer (m)	Ortalama (m)	Standart Sapma (m)	KOH (m)	CE90 (m)
20	0,40	1,89	1,17	1,28	1,24	1,89



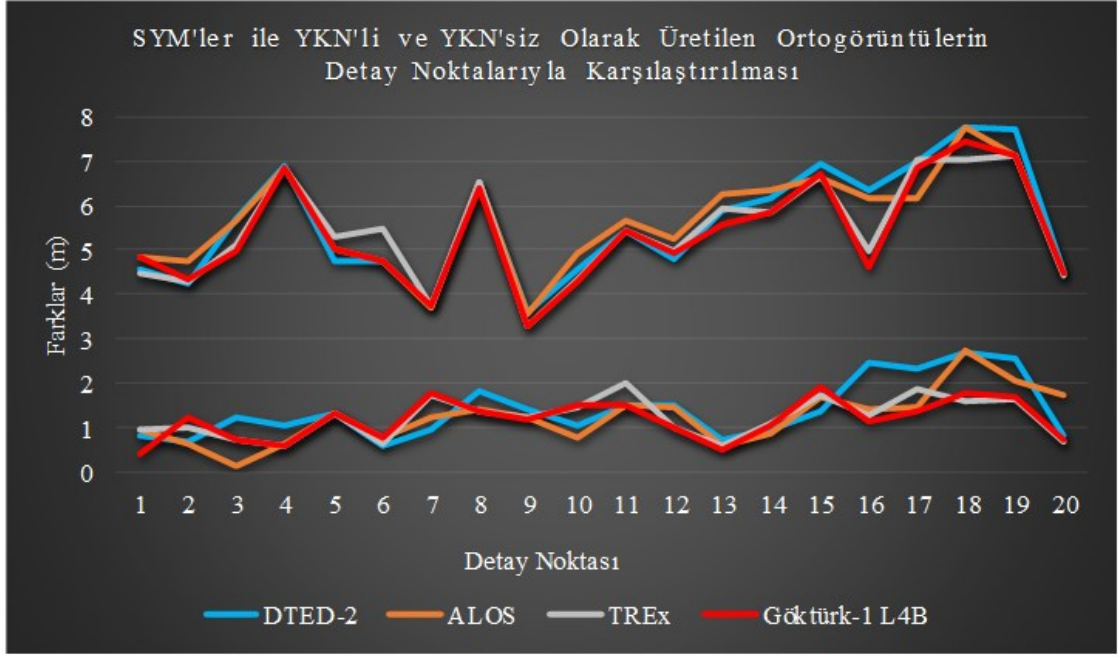
Şekil 4.12. Göktürk-1 L4B SYM ile YKN kullanılarak üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi grafik gösterimi

4.6. Üretilen Ortogörüntülerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, dört farklı yükseklik verisi (DTED-2, ALOS, TREx ve Göktürk-1 L4B SYM) kullanılarak hem YKN'siz hem de YKN'li ortogörüntü üretimi gerçekleştirilmiş ve bu ortogörüntülerin yatay konumsal doğrulukları 20 adet detay noktası ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları Çizelge 4.11'de sayısal, Şekil 4.13'te ise grafiksel olarak sunulmuştur.

Çizelge 4.11. DTED-2, ALOS, TREx ve Göktürk-1 L4B SYM ile YKN'siz ve YKN kullanılarak üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi

Yükseklik Verisi	Ortogörüntü Üretimi	Detay Noktası	Minimum-Maksimum Değer (m)	Ortalama (m)	Standart Sapma (m)	KOH (m)	CE90 (m)
DTED-2	YKN'siz	20	3,58-7,76	5,59	5,88	5,73	8,69
ALOS			3,57-7,78	5,61	5,87	5,72	8,68
TREx			3,26-7,14	5,44	5,70	5,55	8,43
Göktürk-1 L4B			3,28-7,45	5,36	5,63	5,49	8,33
DTED-2	YKN'li	20	0,65-2,71	1,38	1,56	1,52	2,31
ALOS			0,11-2,73	1,21	1,38	1,34	2,04
TREx			0,57-1,99	1,21	1,32	1,29	1,96
Göktürk-1 L4B			0,40-1,89	1,17	1,28	1,24	1,89



Şekil 4.13. DTED-2, ALOS, TREx ve Göktürk-1 L4B SYM ile YKN'siz ve YKN kullanılarak üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluk analizi grafik gösterimi

Göktürk-1 stereo görüntülerinden elde edilen iki farklı yükseklik verisi (Göktürk-1 L4A SYM ve Göktürk-1 L4B SYM) arasındaki düşey konumsal doğruluk karşılaştırmasında, L4B SYM'nin ($LE_{90} = 1,62$ m) L4A SYM'ye ($LE_{90} = 3,31$ m) kıyasla daha yüksek doğruluk sunduğu belirlenmiştir. Bu nedenle ortogörüntü üretim sürecinde Göktürk-1 stereo verilerinden yalnızca L4B SYM kullanılmıştır.

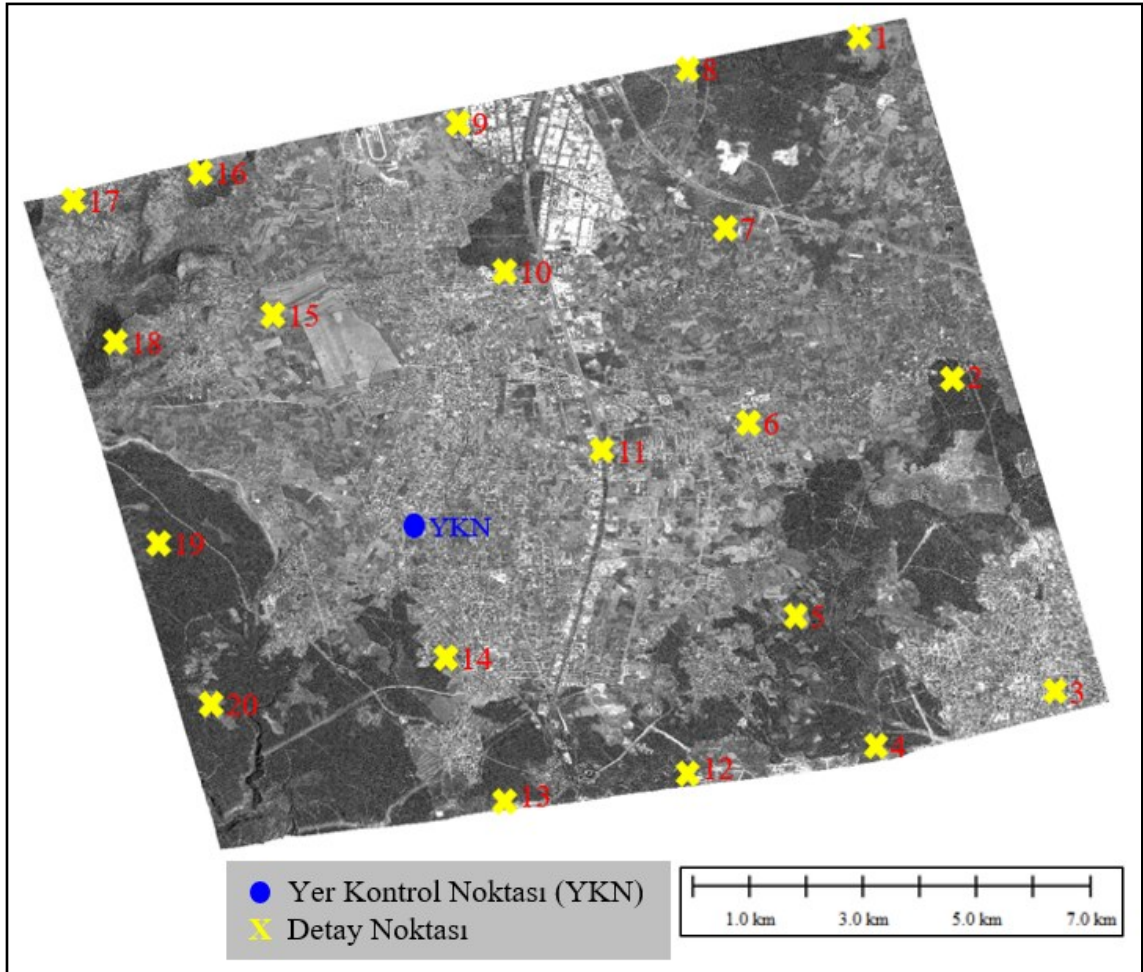
YKN'siz üretilen Göktürk-1 ortogörüntülerinin (L3A) yatay konumsal doğruluk analizinde, Göktürk-1 L4B SYM 8,33 m CE90 değeri ile en yüksek doğruluğa ulaşmış, bunu sırasıyla TREx (8,43 m), ALOS (8,68 m) ve DTED-2 (8,69 m) izlemiştir.

YKN kullanılarak üretilen ortogörüntülerde (L3B) ise en yüksek doğruluk yine Göktürk-1 L4B SYM ile elde edilmiş (1,89 m CE90) ve onu TREx (1,96 m), ALOS (2,04 m) ve DTED-2 (2,31 m) takip etmiştir.

Çalışma alanındaki 20 detay noktasından seçilen iki örnek nokta (8 ve 14 numaralı) Şekil 4.14'te, Göktürk-1 L4B SYM verisi ile üretilen ortogörüntü üzerinde ise ortogörüntü üretiminde kullanılan YKN ve referans verisi olan 20 detay noktasının dağılımı Şekil 4.15'te gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Çalışma alanındaki 20 detay noktasından seçilmiş iki örnek nokta



Şekil 4.15. Göktürk-1 L4B SYM verisi kullanılarak üretilen ortogörüntü üzerinde YKN ve 20 detay noktasının dağılımı

Detay noktalarının yükseklik değerleri incelendiğinde, yüksekliğin fazla olduğu ve topoğrafyanın engebeli olduğu bölgelerde (ör. 17. ve 18. Detay noktaları; 1240 m ve

734 m) hata değerlerinin arttığı, özellikle YKN'siz üretilen ortogörüntülerde bu farkın daha belirgin olduğu görülmüştür.

Aynı yükseklik verileri ile YKN kullanıldığında yatay konumsal doğruluğun önemli ölçüde iyileştiği, DTED-2 ve ALOS ile üretilen ortogörüntülerde hata miktarının TREx ve Göktürk-1 L4B SYM'ye göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun temel nedeninin, DTED-2 ve ALOS verilerinin daha düşük çözünürlükte olması ve karmaşık topoğrafyada arazi modellemesini zorlaştırması olduğu değerlendirilmektedir.

Bu analizler sonucunda hem YKN'siz hem de YKN'li üretimlerde en yüksek doğruluk Göktürk-1 L4B SYM ile elde edilmiştir. Performans sıralaması her iki durumda da Göktürk-1 L4B - TREx - ALOS - DTED-2 şeklinde gerçekleşmiştir.,

SYM'lerin düşey doğruluğunun (LE90) ve ortogörüntülerin yatay doğruluğunun (CE90) değerlendirilmesi, ASPRS tarafından belirlenen konumsal doğruluk standartları esas alınarak gerçekleştirilmiştir (ASPRS, 2014; ASPRS, 2024). Bu standartlar, bir coğrafi verinin doğruluk sınıfının belirlenmesinde istatistiksel metriklerin (RMSE, LE90, CE90) kullanılmasını ve değerlendirmenin ise bağımsız ve yüksek doğruluğa sahip referans noktalarıyla yapılmasını belirtmektedir. Bu kapsamda, çalışmada kullanılan 20 adet detay noktası ile hesaplanan LE90 ve CE90 değerleri, farklı SYM'lerin ve bu verilerle üretilen ortogörüntülerin doğruluk performanslarının nesnel ve standartlara uygun biçimde karşılaştırılmasına olanak sağlamıştır.

4.7. Tartışma

Uzaktan algılama tabanlı ortogörüntü üretimi ve doğruluk analizine yönelik literatürde farklı çalışmalar yapılmış olmakla birlikte, bu çalışmaların çoğu belirli veri kümeleri veya sınırlı bölgeler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Türkiye'de Göktürk-1 uydusunun geometrik doğruluk kapasitesine ilişkin yapılan çalışmalar arasında özellikle Gültekin vd. (2019), Arasan vd. (2020) ve Akdeniz (2020) tarafından yürütülen araştırmalar öne çıkmaktadır. Bu tez çalışması, söz konusu araştırmaların bulgularını destekler nitelikte olmakla birlikte, aynı bölgeye ait dört farklı yükseklik verisini (DTED-2, ALOS, TREx, Göktürk-1 SYM) karşılaştırmalı olarak değerlendirmesi açısından literatürde özgün bir yere sahiptir.

Gültekin ve arkadaşlarının (2019) çalışmasında Göktürk-1 uydu sisteminin Türkiye'nin beş farklı bölgesinde test edilmesiyle, sistemin teorik ve operasyonel doğruluk kabiliyeti değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, herhangi bir YKN kullanılmadan

yatay konumsal doğruluğu CE90'a göre; 10 m'den daha iyi, YKN kullanılarak 2 m'den daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Aynı şekilde, YKN kullanılmadan üretilen SYM verilerinde, Göktürk-1 görüntülerinin düşey konumsal doğruluğu LE90'a göre; 10 m'den daha iyi, YKN kullanılarak üretilen SYM verilerinde 2 m'den daha iyi sonuçların elde edildiği görülmüştür. Bu tez çalışmasında ise, YKN'siz ortogörüntülerde yatay konumsal doğruluğu 8,33 m CE90, YKN'li ortogörüntülerde 1,89 m CE90 değeri; düşey konumsal doğruluk analizlerinde YKN'siz Göktürk-1 L4A SYM 3,31 m LE90, YKN'li Göktürk-1 L4B SYM ise 1,62 m LE90 değeri elde edilmiştir. Bu tez çalışması ile birlikte değerlendirildiğine sistemin belirttiği değerlerin altında sonuçlar elde edilerek, söz konusu performans kapasitesini bağımsız bir şekilde doğrulamış ve hatta iyileştirmiştir. Ayrıca Göktürk-1 uydusunun, doğru fotogrametrik yöntemler ve en az bir YKN ile desteklendiği takdirde yüksek doğruluk gerektiren uygulamalar için güvenilir ve ulusal bir veri kaynağı olduğu açıkça görülmektedir.

Arasan ve arkadaşlarının (2020) çalışmasında ise farklı çekim açıları ve farklı sayılarda YKN kullanımı doğruluk üzerindeki etkileriyle birlikte incelenmiştir. Antalya ve Ankara bölgesinde yürütülen bu çalışmalarda, YKN'siz ortogörüntülerin yatay doğruluğu ± 10 m'den daha iyi, 20 adet YKN kullanılarak üretilen ortogörüntülerin doğruluğu ise ± 2 m'den daha iyi olarak belirlenmiştir. Ayrıca hem YKN'siz hem YKN'li üretilen ortogörüntülerde çekim açısının düşük olduğu (Antalya-7° ve Ankara-6,5°) görüntülerin yüksek çekim açılı (Antalya-30° ve Ankara-28°) görüntülere kıyasla daha yüksek yatay konumsal doğruluğa ulaştığı tespit edilmiştir. Bu durum, görüntü çekim açısının konumsal doğruluk üzerinde doğrudan etkili olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, bu tez çalışmasında kullanılan 9,62° düşük çekim açısının da eğiklik hatalarını minimize ettiği ve konumsal doğruluk sonuçlarını iyileştirdiği görülmüştür.

Akdeniz (2020) tarafından yürütülen çalışmada, Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verilerinin düşey doğruluğu, noktasal tabanlı olarak YKN ile yüzey analizine dayalı olarak HGM'den temin edilen SYM5 ve Worldview-2 SYM verisiyle test edilmiştir. Çalışmada, RPC modeliyle üretilen SYM verisinde KOH 2,80 m, 1 YKN kullanılarak üretilen SYM verisinde ise KOH 1,28 m olarak hesaplanmıştır. Bu tez çalışmasında YKN'siz Göktürk-1 SYM verisi KOH 2,01 m, YKN'li SYM verisi ise 0,98 m KOH değerleriyle daha yüksek bir doğruluk performansı göstermiştir. Ayrıca, Akdeniz (2020) çalışmasında kullanılan FFTP ve NCC algoritmalarına ek olarak bu tezde uygulanan FFTPb yöntemi, bağlama noktası toplama aşamasında kaba hataların etkin bir şekilde tespit edilip elenmesini sağlayarak, referans

veri farklı olsa dahi, üretilen SYM'nin hem geometrik kalitesini ve tutarlılığını artırmış hem de nihai mutlak doğruluk değerlerinin iyileştirilmesine doğrudan katkıda bulunmuştur.

Genel olarak değerlendirildiğinde, literatürdeki üç çalışmada da (Gültekin vd., Arasan vd., Akdeniz) YKN kullanımının doğruluğu artırdığı, özellikle bir adet YKN'nin bile hem yatay hem de düşey doğruluk üzerinde belirgin bir iyileşme sağladığı ortak bir bulgu olarak öne çıkmaktadır. Bu tez çalışmasının sonuçları da bu tespiti desteklemekte; ayrıca farklı çözünürlükteki yükseklik verilerinin (DTED-2, ALOS, TREx, Göktürk-1 SYM) konumsal doğruluk üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı biçimde ortaya koyarak literatüre özgün bir katkı sunmaktadır.

Elde edilen bulgular, Göktürk-1 uydusunun gerek ortogörüntü gerekse SYM üretiminde yüksek geometrik doğruluk kapasitesine sahip olduğunu, özellikle düşük çekim açısı ve YKN kullanımının birlikte değerlendirilmesiyle bu doğruluğun daha da artırılabilceğini göstermektedir. Böylece hem bilimsel literatür hem de ulusal uzaktan algılama uygulamaları açısından, Göktürk-1 uydusunun güvenilirliğini ve operasyonel potansiyelini doğrulayan bütüncül bir sonuç ortaya konmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, Göktürk-1 uydu görüntülerinden ortogörüntü üretiminde farklı yükseklik verilerinin yatay konumsal doğruluğa etkisi kapsamlı olarak analiz edilmiştir. Çalışma alanı olarak Antalya bölgesi seçilmiş, YKN'siz ve YKN'li olarak üretilen ortogörüntüler karşılaştırılmıştır. Kullanılan yükseklik verileri DTED-2, ALOS, TREx ve Göktürk-1 stereo görüntülerinden üretilmiş L4B SYM olmuştur.

Antalya bölgesine ait Göktürk-1 stereo görüntüleri ile hem YKN kullanılmadan hem de arazi üzerinde jeodezik yöntemlerle elde edilmiş yüksek doğruluğa sahip bir adet YKN kullanılarak, CATALYST yazılımında çeşitli görüntü eşleme algoritmaları yardımıyla SYM üretilmiştir. Bağlama noktası (tie point) oluşturmak için Fast Fourier Transform Phase with Blunder Detection (FFTPB), Fast Fourier Transform Phase Matching (FFTP) ve Normalized Cross Correlation (NCC) yöntemleri kullanılmış, referans olarak ALOS yükseklik verisi alınmıştır. Blok dengelemesi sonrasında hata değeri yüksek bağlama noktaları elenmiş, ardından epipolar görüntüler oluşturularak Semi-Global Matching (SGM) yöntemi ile 1 m çözünürlüklü SYM üretilmiştir.

Ortogörüntü üretimi CATALYST OrthoEngine Modülü kullanılarak gerçekleştirilmiş, Göktürk-1 uydu görüntülerinin metadata dosyalarındaki RPC parametreleri ve ilgili yükseklik verileri yazılıma tanıtılmıştır. Yeniden örnekleme metodu olarak kübik yöntem tercih edilmiştir. YKN'siz ve YKN'li üretimler dört farklı yükseklik verisi ile ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanında kullanılan uydu görüntüsünün güncel tarihli olması, arazi kullanımı ve bitki örtüsünün mevcut durumu ile ilgili doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamış, çekim açısının düşük olması ise eğiklik hatalarının en aza indirilmesine katkı sağlayarak yüksek doğrulukta ortogörüntü üretimine imkân tanımıştır.

Ortogörüntülerin doğruluğu, çalışma alanına homojen biçimde dağıtılmış ve hem düz hem de engebeli arazileri kapsayan 20 adet detay noktası ile analiz edilmiştir. Analizler sonucunda YKN'siz ortogörüntülerde en yüksek doğruluk Göktürk-1 L4B SYM ($CE90 = 8,33$ m) ile elde edilmiştir. YKN'li ortogörüntülerde doğruluk değerleri anlamlı biçimde artmış ve yine en yüksek doğruluk Göktürk-1 L4B SYM ($CE90 = 1,89$

m) ile sağlanmıştır. Hem YKN'siz hem YKN'li üretimlerde yükseklik verilerinin performans sıralaması Göktürk-1 L4B - TREx - ALOS - DTED-2 şeklinde olmuştur.

Detay noktalarının yükseklik değerleri incelendiğinde, yüksekliğin fazla olduğu ve topoğrafyanın karmaşıklaştığı çalışma alanının kuzeybatı kesiminde yer alan dağlık ve ormanlık bölgelerde hata değerlerinin belirgin biçimde arttığı tespit edilmiştir. Özellikle YKN kullanılmadan üretilen ortogörüntülerde bu fark daha belirgin olarak karşımıza çıkmaktadır. Düşük çözünürlüklü yükseklik verilerinde (DTED-2 ve ALOS) karmaşık topoğrafya koşullarında hata miktarının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık, yüksek çözünürlüklü yükseklik verileri (TREx ve Göktürk-1 L4B) çalışma alanının bu dağlık ve ormanlık kesimlerinde daha tutarlı ve kararlı sonuçlar vermiştir.

Elde edilen bulgular, aynı yükseklik verileri ile YKN kullanılarak üretilen ortogörüntülerde yatay konumsal doğruluğun önemli ölçüde iyileştirilebildiğini ortaya koymuştur. DTED-2 ve ALOS yükseklik verisi ile üretilen ortogörüntülerde hata miktarının TREx ve Göktürk-1 L4B SYM verisi ile üretilenlere kıyasla daha yüksek olduğu, bunun başlıca sebebinin ise DTED-2 ve ALOS yükseklik verilerinin çözünürlüklerinin daha düşük olması ve karmaşık topoğrafya koşullarında arazinin doğru modellenmesini zorlaştırması olduğu değerlendirilmiştir.

Yapılan analizler, yüksek çözünürlüklü SYM verilerinin karmaşık topoğrafyalarda dahi düşük hata değerleri ile tutarlı sonuçlar sağladığını, YKN kullanımının ise özellikle düşük çözünürlüklü yükseklik verilerinde doğruluk açısından kritik bir iyileştirme faktörü olduğunu, ortogörüntü üretiminde yüksek çözünürlüklü SYM verilerinin jeodezik yöntemlerle elde edilmiş YKN'ler ile birlikte kullanılmasının doğruluğu maksimize eden en etkili yaklaşım olduğunu ve SYM verilerinin düşey doğruluğu ile ortogörüntülerin yatay konumsal doğruluğu arasında doğrudan bir ilişki bulunduğunu ortaya koymuştur.

5.2. Öneriler

Yüksek çözünürlüklü SYM verileri ile jeodezik yöntemlerle elde edilen yer kontrol noktalarının birlikte kullanımı, karmaşık topoğrafyalarda dahi üretilen ortogörüntünün yatay konumsal doğruluğunu önemli ölçüde artırdığı görülmüş olup, ortogörüntü üretim standartlarının iyileştirilmesinde referans yöntem olarak değerlendirilebilir.

Millî uydumuz Göktürk-1'den elde edilen yüksek doğruluklu ortogörüntülerin kent planlaması, doğal afet yönetimi, arazi kullanım analizi ve askerî amaçlı diğer mekânsal analizlerde yaygın olarak kullanılması hem ekonomik hem de stratejik anlamda önemli kazanımlar sağlayacaktır.

Ayrıca, Göktürk-1 uydusunun ülke genelinde stereo görüntü çekim planlaması yapılarak tüm Türkiye'yi kapsayacak şekilde düzenli aralıklarla veri üretmesi, ulusal ölçekte yüksek çözünürlüklü SYM ve ortogörüntü veri tabanının oluşturulmasına katkı sağlayacaktır. Böyle bir veri altyapısı, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı analizlerden, afet risk haritalarının hazırlanmasına kadar geniş bir kullanım alanı yaratacaktır.

Son olarak, bu çalışmadan elde edilen bulgular ışığında, Göktürk-1 uydu verilerinin eğitim, araştırma ve kamu kurumlarında yaygınlaştırılması, yerli uydu veri kaynaklarının etkin kullanımını destekleyerek dışa bağımlılığın azaltılmasına da katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Abdikan, S., Şanlı, F. B., Alkış, Z., & Alkış, A. (2007). SAR Görüntülerinden Üretilen İnterferometrik ve Stereo Sayısal Yükseklik Modellerinin Kalitesinin İncelenmesi. *11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*. Ankara.
- Ağdaş, T. (2022). *Göktürk-1 Uydu Görüntülerinden Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi ve Doğruluk Analizi*. Konya: Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- Akdeniz, M. (2022). *Göktürk-1 Uydu Görüntülerinden Üretilen Sayısal Yükseklik Modelinin Doğruluğunun Araştırılması*. Konya: Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- Algancı, U., Beşol, B., & Sertel, E. (2018). Accuracy Assessment of Different Digital Surface Models. *International Journal of Geo-Information*.
- American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS). (2014). *ASPRS positional accuracy standards for digital geospatial data* (Sürüm 1.0). https://www.asprs.org/wp-content/uploads/2015/01/ASPRS_Positional_Accuracy_Standards_Edition1_Version100_November2014.pdf [14 Eylül 2025]
- American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS). (2024). *ASPRS positional accuracy standards for digital geospatial data* (Sürüm 2.0). <https://asprsorg.sharepoint.com/sites/PublicAccess/Shared%20Documents/Forms/AllItems.aspx?id=%2Fsites%2FPublicAccess%2FShared%20Documents%2FPublic%5FDocuments%2FStandards%2F2024%5FASPRS%5FPositional%5FAccuracy%5FStandards%5FEdition2%5FVersion2%2E0%2Epdf&parent=%2Fsites%2FPublicAccess%2FShared%20Documents%2FPublic%5FDocuments%2FStandard&p=true&ga=1> [14 Eylül 2025]
- Arasan, G., Yılmaz, A., Fırat, O., Avşar, E., Güner, H., Ayğan, K., & Yüce, D. (2020). Accuracy Assessments of Göktürk-1 Satellite Imagery. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 160-168.
- Atak, V.O. (2019). Google Earth Uydu Görüntülerinin Konumsal Doğruluğu. *Harita Dergisi*, 85(161), 11-25.
- Aytekin, G., Topan, H., Elkar, Y. E., Kişi, M., & Erişik, O. (2019). 2D Orientation Accuracy of Göktürk-1 Panchromatic Imagery. *2019 9th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST)*. İstanbul: IEEE.
- Bihter, E., Işık, M. S., & Serdar, E. (2020). Global ve bölgesel (yüksek çözünürlüklü) sayısal yükseklik modellerinin doğruluk analizi üzerine bir inceleme. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(4), 598-612

- Bildirici, İ.Ö., & Abbak, R. A. (2019). Türkiye’de 1 yay saniyesi çözünürlüklü SRTM ve ASTER sayısal yükseklik modellerinin doğruluk analizi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 17, 25-27.
- Bilgi, S. (2007). Fotogrametri ve uzaktan algılamada veri elde etme yöntemlerinin gelişimi ve kısa tarihçeleri. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (96), 48-55.
- Duran, M., & Eyimaya, O. S. (2025). Göktürk-1 Stereo Uydu Görüntülerinden Doğrudan Yönelme ve Yer Kontrol Noktası Kullanılarak Üretilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluğu. *Harita Dergisi*, 173, 22-29.
- Eisenbeiss, H. (2009). UAV photogrammetry (Doctoral dissertation, ETH Zurich).
- Eroğlu, M., & Narin, Ö. G. (2021). İnsansız hava aracı ile üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile Google Earth ve HGM Küre verilerinin karşılaştırılması. *Politeknik Dergisi*, 24(2), 545-551.
- Erol, B., Işık, M. S., & Erol, S. (2020). Global ve bölgesel (yüksek çözünürlüklü) sayısal yükseklik modellerinin doğruluk analizi üzerine bir inceleme. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(4), 598-612.
- Eyimaya, O.S. (2024). *6 Şubat 2023 Depremlerinin Adıyaman Tut İlçesindeki Yükseklik Değişimine Etkisinin Göktürk-1 Verilerinden Üretilen Sayısal Yükseklik Modeli Kullanılarak İncelenmesi*. Konya: Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- Gültekin, F. G., Atak, V. O., Ayaz, M. E., & Ari, M. (2019, June). Geometric accuracy in satellite imagery: Test methods & göktürk-1 performance evaluation. In *2019 9th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST)* (pp. 813-819). IEEE.
- Gürçay, E. (2019). Göktürk-1 Uydusu Radyometrik ve Geometrik Kalibrasyon Faaliyetleri. *Hava Kuvvetleri Dergisi*, Ankara.
- Habib, A., Akdim, N., El Ghandour, F. E., Labbassi, K., Khoshelham, K., & Menenti, M. (2017). Extraction and accuracy assessment of high-resolution DEM and derived orthoimages from ALOS-PRISM data over Sahel-Doukkala (Morocco). *Earth Science Informatics*, 10(2), 197-217.
- Haritacılık Terimleri Sözlüğü. (2003). MSB Hrt.Gn.K.lığı, Ankara.
- Höhle, J., & Höhle, M. (2009). Accuracy assessment of digital elevation models by means of robust statistical methods. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(4), 398-406.
- Kutlu, Ş. (2020). *Uydu-Uzay Teknolojilerinin Geliştirilmesinde Türkiye’nin Yönetim Anlayışı ve Dünya Ölçeğinde Karşılaştırmalı Bir Analiz* (Doctoral dissertation, University of Turkish Aeronautical Association).

- Le Hir, E., Cunin, L., & Bernard, M. (2012). Updating and Improving the Accuracy of a Large 3D Database Through the Careful Use of Gcps and Icesat Data: Example of REFERENCE3D. *Journal of The Remote Sensing Society of Japan*, 32(1), 15-21.
- Makineci, H. (2016). *Sentinel-1A Radar Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modelinin Kalite Değerlendirmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Maretika, R. P. (2017). Designing Software Prototype for Digital Surface Model Extraction from Stereo Satellite Imagery Based on Rational Function Model. *Journal of Geosciences and Geomatics*, s. 195-204.
- Nikolakopoulos, K. G. (2020). Accuracy assessment of ALOS AW3D30 DSM and comparison to ALOS PRISM DSM created with classical photogrammetric techniques. *European Journal of Remote Sensing*, 1-14.
- Özbalımcı, M. (2007). Fotogrametrik yöntemle ortofoto harita üretiminin temel esasları, ortofotonun yararları ve kullanım alanları. *TUFUAB IX. Teknik Sempozyumu, İstanbul*.
- Özbek, H., & Keskin, S. (2007). Standart sapma mı yoksa standart hata mı. *Van tıp dergisi*, 14(2), 64-67.
- Saygılı, A. (2008). *SRTM (shuttle radar topography mission) Verilerinden Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluğunun İncelenmesi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Şener, E. (2019). İnsansız Hava Araçları Kullanılarak Süleyman Demirel Üniversitesi Yerleşkesinin Yüksek Çözünürlüklü Ortofoto Haritasının Hazırlanması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(2), 393-402.
- Şıpka, T. (2014). *Worldview-1 Stereo Uydu Verilerinden Üretilen Sayısal Yükseklik Modelinde Doğruluk Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Shimada, M., Tadono, T., & Rosenqvist, A. (2009). Advanced Land Observing Satellite (ALOS) and monitoring global environmental change. *Proceedings of the IEEE*, 98(5), 780-799.
- Tadono, T., Ishida, H., Oda, F., Naito, S., Minakawa, K., & Iwamoto, H. (2014). Precise global DEM generation by ALOS PRISM. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2, 71-76.
- Tampubolon, W., & Reinhardt, W. (2015). Analysis of Radar and Optical Space Borne Data for Large Scale Topographical Mapping. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40, 235-242.
- Topan, H., Oruç, M., & Koçak, M. G. (2007). Ortogörüntü Üretiminde Yer Kontrol Noktası Seçimi ve Sonuçlara Etkisi, 11. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.

Ünal, A. (2020). *Göktürk-1 Uydu Görüntülerinin Pankeskinleştirme Performansının İncelenmesi*. Konya: Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi.

Yebra, M., Van Dijk, A., Leuning, R., Huete, A., & Guerschman, J. P. (2013). Evaluation of optical remote sensing to estimate actual evapotranspiration and canopy conductance. *Remote Sensing of Environment*, 129, 250-261.

Yılmaz, A., & Erdoğan, M. (2018). Designing high resolution countrywide DEM for Turkey. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3(3), 98-107.

Wachs, S. (2009). What is a standard deviation and how do i compute it. *Integral Concepts, Inc.*

URL-1: <https://www.hvkk.tsk.tr/Custom/Hvkk/238> [27 Nisan 2025]

URL-2: <https://www.tusas.com/urunler/uzay/yer-gozlem-ve-kesif-uydulari/gokturk-1> [27 Nisan 2025]

URL-3: <https://www.harita.gov.tr/jeo/yerKontrolNoktas%C4%B1.php> [11 Mayıs 2025]

URL-4: <https://www.harita.gov.tr/uploads/files/internationalprojects/tandem-x-yuksek-cozunurluklu-arazi-modeli-degisim-programi-trex-12.pdf> [14 Eylül 2025]

URL-5: <https://www.harita.gov.tr/urun/sayisal-yuzey-modeli-sym12-yalnizca-kamukurumlari-icin/493> [24 Mayıs 2025]

EKLER

EK-1 - Göktürk-1 Stereo uydu görüntülerinin YKN'siz SYM üretiminde CATALYST yazılımında otomatik olarak toplatılan bağlanma noktalarına ait ölçüm hatası raporu

Residual Error Report

Residual Units: Image pixels

Residual Summary for 2 Images

Active GCPs:	0	X RMS:	Y RMS:
Check points:	0	X RMS:	Y RMS:
Active TPs:	90	X RMS: 0.14	Y RMS: 0.00
Inactive GCPs:	0	X RMS:	Y RMS:
Inactive TPs:	0	X RMS:	Y RMS:

Listing: All points All images

Point ID	Res XY	Res X	Res Y	Type	Image ID	Image X	Image Y	Ground Z	Comp X	Comp Y
AT0128	0.56	0.56	0.01	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 256.0	23001.0	309.32	256.6	23001.0	
AT0128	0.55	-0.55	-0.01	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 333.0	24073.0	309.32	332.4	24073.0	
AT0123	0.38	-0.38	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 9138.0	13903.0	299.31	9137.6	13903.0	
AT0123	0.37	0.37	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 9185.0	14245.0	299.31	9185.4	14245.0	
AT0132	0.33	0.33	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 4697.0	27550.0	316.16	4697.3	27550.0	
AT0027	0.33	-0.33	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 120.2	17287.0	297.43	119.9	17287.0	
AT0027	0.33	0.33	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 36.0	16045.0	297.43	36.3	16045.0	
AT0103	0.33	0.33	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 17633.0	15998.0	300.88	17633.3	15998.0	
AT0132	0.33	-0.33	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 4753.0	28073.0	316.16	4752.7	28073.0	
AT0103	0.32	-0.32	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 17644.0	15432.0	300.88	17643.6	15432.0	
AT0120	0.30	0.30	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 18020.0	9354.0	308.65	18020.3	9354.0	
AT0119	0.29	-0.29	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 13579.0	9354.0	296.78	13578.7	9354.0	
AT0119	0.29	0.29	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 13608.0	9333.0	296.78	13608.3	9333.0	
AT0120	0.29	-0.29	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 18029.9	8860.0	308.65	18029.7	8860.0	
AT0109	0.25	-0.25	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 23874.0	20057.0	304.42	23873.8	20057.0	
AT0109	0.24	0.24	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 23856.0	18779.1	304.42	23856.3	18779.1	
AT0040	0.24	0.24	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 23856.0	18779.0	304.51	23856.3	18779.0	
AT0040	0.24	-0.24	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 23874.0	20057.0	304.51	23873.8	20057.0	
AT0121	0.23	0.23	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 26902.0	9354.0	286.90	26902.2	9354.0	
AT0121	0.23	-0.23	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 26869.0	8002.0	286.90	26868.8	8002.0	
AT0098	0.21	-0.21	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 17502.0	8019.0	296.52	17501.8	8019.0	
AT0098	0.21	0.21	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 17513.0	7625.0	296.52	17513.3	7625.0	
AT0047	0.21	0.21	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 4871.8	28800.1	317.14	4872.0	28800.1	

AT0047	0.21	-0.21	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 4818.0	28304.0	317.14	4817.8	28304.0
AT0023	0.20	-0.20	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 13120.7	11973.8	300.51	13120.5	11973.8
AT0023	0.20	0.20	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 13089.0	12002.0	300.51	13089.2	12002.0
AT0105	0.19	-0.19	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 2221.0	20072.0	303.45	2220.8	20072.0
AT0105	0.19	0.19	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 2291.9	21004.0	303.45	2292.1	21004.0
AT0005	0.18	0.18	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 22594.1	378.1	143.37	22594.3	378.1
AT0005	0.18	-0.18	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 22614.0	876.0	143.37	22613.8	876.0
AT0124	0.18	-0.18	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 13608.0	13788.1	301.06	13607.8	13788.1
AT0124	0.18	0.18	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 13579.0	13903.0	301.06	13579.2	13903.0
AT0100	0.16	-0.16	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 13089.0	12002.0	300.40	13088.8	12002.0
AT0100	0.16	0.16	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 13120.0	11974.0	300.40	13120.2	11974.0
AT0018	0.16	0.16	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 24956.0	8008.0	287.31	24956.2	8008.0
AT0018	0.16	-0.16	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 24931.8	6876.9	287.31	24931.7	6876.9
AT0076	0.16	-0.16	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 9138.0	18452.0	304.69	9137.8	18452.0
AT0113	0.16	-0.16	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 372.0	28083.0	324.40	371.8	28083.0
AT0113	0.16	0.16	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 441.9	29028.2	324.40	442.1	29028.2
AT0076	0.15	0.15	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 9182.9	18700.2	304.69	9183.1	18700.2
AT0127	0.14	0.14	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 22461.0	18452.0	300.40	22461.1	18452.0
AT0106	0.14	-0.14	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 6709.0	20008.0	278.57	6708.9	20008.0
AT0106	0.14	0.14	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 6762.1	20524.0	278.57	6762.2	20524.0
AT0025	0.13	-0.13	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 22175.0	12023.0	296.29	22174.9	12023.0
AT0025	0.13	0.13	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 22164.7	11079.8	296.29	22164.8	11079.8
AT0127	0.13	-0.13	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 22450.0	17353.0	300.40	22449.9	17353.0
AT0035	0.13	0.13	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 2292.1	21003.8	303.52	2292.2	21003.8
AT0035	0.13	-0.13	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 2221.0	20072.0	303.52	2220.9	20072.0
AT0021	0.12	0.12	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 7217.0	11997.0	300.88	7217.1	11997.0
AT0021	0.12	-0.12	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 7274.2	12569.0	300.88	7274.1	12569.0
AT0084	0.12	-0.12	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 18026.9	22265.0	303.15	18026.8	22265.0
AT0084	0.12	0.12	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 18020.0	23001.0	303.15	18020.1	23001.0
AT0081	0.12	-0.12	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 4756.7	23598.2	318.64	4756.6	23598.2
AT0081	0.12	0.12	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 4697.0	23001.0	318.64	4697.1	23001.0
AT0028	0.12	-0.12	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 7135.0	16047.0	303.27	7134.9	16047.0
AT0028	0.12	0.12	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 7189.7	16547.3	303.27	7189.9	16547.3
AT0011	0.12	0.12	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 21217.0	3349.6	290.55	21217.1	3349.6
AT0011	0.12	-0.12	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 21225.0	4033.0	290.55	21224.9	4033.0
AT0111	0.11	0.11	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 9761.0	24103.4	306.62	9761.1	24103.4
AT0111	0.11	-0.11	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 9722.0	24018.0	306.62	9721.9	24018.0
AT0118	0.11	-0.11	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 18020.0	4805.0	291.79	18019.9	4805.0
AT0118	0.11	0.11	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 18028.1	4429.1	291.79	18028.2	4429.1
AT0074	0.11	0.11	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 336.2	19617.4	302.79	336.3	19617.4
AT0074	0.11	-0.11	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 256.0	18452.0	302.79	255.9	18452.0
AT0067	0.11	-0.11	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 26902.0	9354.0	286.46	26901.9	9354.0
AT0038	0.10	-0.10	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 13845.3	19757.0	298.38	13845.2	19757.0

AT0067	0.10	0.10	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	26868.3	8002.8	286.46	26868.4	8002.8
AT0032	0.10	-0.10	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	22568.0	16042.0	300.71	22567.9	16042.0
AT0032	0.10	0.10	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	22556.2	14975.9	300.71	22556.3	14975.9
AT0038	0.10	0.10	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	13820.0	20004.0	298.38	13820.1	20004.0
AT0071	0.09	0.09	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	13579.0	13903.0	301.11	13579.1	13903.0
AT0071	0.09	-0.09	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	13607.8	13788.0	301.11	13607.7	13788.0
AT0090	0.09	-0.09	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	13601.4	27187.9	302.62	13601.3	27187.9
AT0090	0.09	0.09	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	13579.0	27550.0	302.62	13579.1	27550.0
AT0045	0.09	-0.09	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	16130.0	24026.0	303.55	16129.9	24026.0
AT0045	0.09	0.09	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	16143.8	23463.2	303.55	16143.9	23463.2
AT0114	0.09	0.09	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	12294.0	28086.0	303.69	12294.1	28086.0
AT0114	0.09	-0.09	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	12320.9	27844.0	303.69	12320.8	27844.0
AT0064	0.09	-0.09	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	13579.0	9354.0	296.68	13578.9	9354.0
AT0064	0.09	0.09	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	13608.4	9333.1	296.68	13608.5	9333.1
AT0066	0.09	0.09	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	22461.0	9354.0	297.71	22461.1	9354.0
AT0066	0.09	-0.09	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	22449.4	8430.1	297.71	22449.3	8430.1
AT0068	0.09	0.09	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	31342.0	9354.0	323.09	31342.1	9354.0
AT0068	0.09	-0.09	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	31287.6	7491.9	323.09	31287.5	7491.9
AT0061	0.08	0.08	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	26902.0	4805.0	288.43	26902.1	4805.0
AT0061	0.08	-0.08	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	26866.3	3538.0	288.43	26866.3	3538.0
AT0087	0.08	0.08	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	327.1	28517.0	323.93	327.1	28517.0
AT0016	0.08	-0.08	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	17502.0	8019.0	297.03	17501.9	8019.0
AT0016	0.08	0.08	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	17513.3	7624.0	297.03	17513.4	7624.0
AT0087	0.08	-0.08	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	256.0	27550.0	323.93	255.9	27550.0
AT0079	0.08	0.08	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	22461.0	18452.0	300.38	22461.1	18452.0
AT0079	0.08	-0.08	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	22449.9	17353.0	300.38	22449.8	17353.0
AT0069	0.08	-0.08	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	4763.6	14699.3	300.16	4763.5	14699.3
AT0097	0.08	0.08	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	10482.0	8027.0	292.08	10482.1	8027.0
AT0097	0.08	-0.08	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	10526.0	8356.1	292.08	10525.9	8356.1
AT0069	0.08	0.08	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	4697.0	13903.0	300.16	4697.1	13903.0
AT0048	0.08	-0.08	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	10567.0	28146.0	307.78	10566.9	28146.0
AT0048	0.08	0.08	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	10600.1	28072.0	307.78	10600.2	28072.0
AT0131	0.07	-0.07	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	18020.0	23001.0	303.14	18019.9	23001.0
AT0101	0.07	-0.07	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	16691.0	12111.0	296.07	16690.9	12111.0
AT0101	0.07	0.07	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	16706.0	11722.1	296.07	16706.0	11722.1
AT0131	0.07	0.07	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	18026.5	22265.0	303.14	18026.6	22265.0
AT0088	0.07	0.07	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	4752.2	28073.3	316.04	4752.3	28073.3
AT0088	0.07	-0.07	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	4697.0	27550.0	316.04	4696.9	27550.0
AT0022	0.07	0.07	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	11238.0	12013.0	297.06	11238.1	12013.0
AT0125	0.06	0.06	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	22461.0	13903.0	299.26	22461.1	13903.0
AT0083	0.06	0.06	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	13603.6	22711.2	306.13	13603.6	22711.2
AT0129	0.06	-0.06	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	9138.0	23001.0	304.39	9137.9	23001.0
AT0022	0.06	-0.06	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	11277.6	12179.8	297.06	11277.5	12179.8

AT0060	0.06	0.06	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 22461.0	4805.0	288.27	22461.1	4805.0
AT0060	0.06	-0.06	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 22447.6	3985.8	288.27	22447.5	3985.8
AT0049	0.06	0.06	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 12294.0	28086.0	303.78	12294.1	28086.0
AT0049	0.06	-0.06	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 12320.9	27843.8	303.78	12320.8	27843.8
AT0026	0.06	-0.06	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 24716.2	11094.1	300.55	24716.2	11094.1
AT0129	0.06	0.06	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 9180.1	23168.1	304.39	9180.1	23168.1
AT0026	0.06	0.06	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 24738.0	12309.0	300.55	24738.1	12309.0
AT0083	0.06	-0.06	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 13579.0	23001.0	306.13	13578.9	23001.0
AT0125	0.05	-0.05	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 22449.9	12890.1	299.26	22449.9	12890.1
AT0046	0.05	-0.05	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 372.0	28083.0	324.43	372.0	28083.0
AT0046	0.05	0.05	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 442.2	29028.1	324.43	442.2	29028.1
AT0031	0.05	0.05	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 17633.0	15998.0	301.33	17633.0	15998.0
AT0031	0.05	-0.05	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 17643.4	15431.2	301.33	17643.4	15431.2
AT0030	0.05	-0.05	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 13269.5	15897.0	302.86	13269.4	15897.0
AT0034	0.05	0.05	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 29309.7	14367.1	324.70	29309.8	14367.1
AT0030	0.05	0.05	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 13240.0	16020.0	302.86	13240.0	16020.0
AT0044	0.05	0.05	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 9761.1	24103.4	306.61	9761.2	24103.4
AT0044	0.05	-0.05	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 9722.0	24018.0	306.61	9722.0	24018.0
AT0034	0.05	-0.05	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 29352.0	16161.0	324.70	29351.9	16161.0
AT0077	0.03	-0.03	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 13605.9	18249.1	303.20	13605.9	18249.1
AT0033	0.03	0.03	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 26115.0	16035.0	312.83	26115.0	16035.0
AT0014	0.03	0.03	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 10482.0	8027.0	292.09	10482.0	8027.0
AT0014	0.03	-0.03	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 10525.9	8356.1	292.09	10525.8	8356.1
AT0015	0.03	-0.03	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 15630.0	8067.0	296.47	15630.0	8067.0
AT0015	0.03	0.03	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 15650.2	7862.4	296.47	15650.2	7862.4
AT0043	0.03	0.03	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 5723.0	24330.0	310.12	5723.0	24330.0
AT0019	0.03	0.03	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 29296.0	8511.0	304.08	29296.0	8511.0
AT0019	0.03	-0.03	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 29250.8	6904.0	304.08	29250.7	6904.0
AT0033	0.03	-0.03	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 26087.6	14589.8	312.83	26087.6	14589.8
AT0059	0.03	-0.03	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 18020.0	4805.0	291.83	18020.0	4805.0
AT0059	0.03	0.03	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 18028.2	4429.0	291.83	18028.3	4429.0
AT0077	0.03	0.03	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 13579.0	18452.0	303.20	13579.0	18452.0
AT0110	0.02	-0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 3977.0	24056.0	309.09	3977.0	24056.0
AT0110	0.02	0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 4038.0	24726.0	309.09	4038.0	24726.0
AT0072	0.02	-0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 18029.0	13339.1	299.58	18029.0	13339.1
AT0036	0.02	0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 6709.0	20008.0	278.53	6709.0	20008.0
AT0036	0.02	-0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 6762.4	20524.1	278.53	6762.4	20524.1
AT0042	0.02	-0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 4038.1	24726.0	309.09	4038.1	24726.0
AT0073	0.02	-0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 22449.9	12890.2	299.21	22449.9	12890.2
AT0029	0.02	-0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 8909.9	16335.9	302.68	8909.9	16335.9
AT0072	0.02	0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 18020.0	13903.0	299.58	18020.0	13903.0
AT0070	0.02	-0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A 9138.0	13903.0	299.82	9138.0	13903.0
AT0070	0.02	0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A 9185.7	14244.0	299.82	9185.7	14244.0

AT0135	0.02	-0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	9138.0	32098.0	310.56	9138.0	32098.0
AT0135	0.02	0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	9173.7	32100.0	310.56	9173.8	32100.0
AT0043	0.02	-0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	5777.3	24813.8	310.12	5777.3	24813.8
AT0029	0.02	0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	8862.0	16011.0	302.68	8862.0	16011.0
AT0073	0.02	0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	22461.0	13903.0	299.21	22461.0	13903.0
AT0089	0.02	-0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	9138.0	27550.0	308.50	9138.0	27550.0
AT0089	0.02	0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	9176.9	27631.0	308.50	9176.9	27631.0
AT0042	0.02	0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	3977.0	24056.0	309.09	3977.0	24056.0
AT0075	0.01	-0.01	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	4760.1	19158.0	303.59	4760.1	19158.0
AT0039	0.01	-0.01	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	17432.3	19397.3	309.97	17432.3	19397.3
AT0039	0.01	0.01	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	17422.0	20032.0	309.97	17422.0	20032.0
AT0075	0.01	0.01	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	4697.0	18452.0	303.59	4697.0	18452.0
AT0017	0.01	0.01	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	20525.1	7327.1	295.41	20525.1	7327.1
AT0065	0.01	0.01	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	18020.0	9354.0	303.04	18020.0	9354.0
AT0037	0.01	0.01	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	8470.8	20341.0	289.58	8470.8	20341.0
AT0080	0.01	-0.01	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	256.0	23001.0	309.95	256.0	23001.0
AT0080	0.01	0.01	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	331.9	24071.9	309.95	331.9	24071.9
AT0037	0.01	-0.01	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	8424.0	20021.0	289.58	8424.0	20021.0
AT0017	0.01	-0.01	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	20528.0	8026.0	295.41	20528.0	8026.0
AT0065	0.01	-0.01	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	18029.3	8870.0	303.04	18029.3	8870.0
AT0078	0.00	-0.00	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	18020.0	18452.0	302.75	18020.0	18452.0
AT0024	0.00	-0.00	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	16706.1	11722.0	296.12	16706.1	11722.0
AT0078	0.00	0.00	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	18028.1	17798.3	302.75	18028.1	17798.3
AT0093	0.00	0.00	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	9173.8	32099.9	310.63	9173.8	32099.9
AT0082	0.00	-0.00	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	9138.0	23001.0	305.45	9138.0	23001.0
AT0082	0.00	0.00	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	9180.2	23166.2	305.45	9180.2	23166.2
AT0093	0.00	-0.00	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	9138.0	32098.0	310.63	9138.0	32098.0
AT0024	0.00	0.00	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	16691.0	12111.0	296.12	16691.0	12111.0

RMS (x, y, z) for worst 5% of points in list: 0.40, 0.00

Residual Summary for PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A

Active GCPs:	0	X RMS:	Y	RMS:
Check points	0	X RMS:	Y	RMS:
Active TPs:	90	X RMS:	0.14	Y RMS: 0.00
Inactive GCPs:	0	X RMS:	Y	RMS:
Inactive TPs:	0	X RMS:	Y	RMS:

Residual Summary for PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A

Active GCPs:	0	X RMS:	Y	RMS:
Check points	0	X RMS:	Y	RMS:
Active TPs:	90	X RMS:	0.14	Y RMS: 0.00
Inactive GCPs:	0	X RMS:	Y	RMS:
Inactive TPs:	0	X RMS:	Y	RMS:

EK-2 - Göktürk-1 Stereo uydu görüntülerinin SYM üretiminde CATALYST yazılımında kullanılan YKN'nin karesel ortalama hataları özet tablosu

Residual Error Report

Residual Units: Image pixels

Residual Summary for 2 Images

Active GCPs: 1 X RMS: 0.12 Y RMS: 0.15

Check points 0 X RMS: Y RMS:

Active TPs: 0 X RMS: Y RMS:

Inactive GCPs: 0 X RMS: Y RMS:

Inactive TPs: 0 X RMS: Y RMS:

Listing: All points All images

Point ID	Res XY	Res X	Res Y	Type	Image ID	Image X	Image Y	Ground Z	Comp X	Comp Y
YKN	0.23	0.12	0.19	GCP	PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A	21316.06	6801.00	293.40	21316.19	6801.19
YKN	0.17	0.12	0.11	GCP	PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A	21308.91	6047.99	293.40	21309.03	6048.10

Residual Summary for PM_GKT_GGS_20230731080501_20230731080505_20230731093506_L2A

Active GCPs: 1 X RMS: 0.12 Y RMS: 0.19

Check points 0 X RMS: Y RMS:

Active TPs: 0 X RMS: Y RMS:

Inactive GCPs: 0 X RMS: Y RMS:

Inactive TPs: 0 X RMS: Y RMS:

Residual Summary for PM_GKT_GGS_20230731080647_20230731080651_20230731094051_L2A

Active GCPs: 1 X RMS: 0.12 Y RMS: 0.11

Check points 0 X RMS: Y RMS:

Active TPs: 0 X RMS: Y RMS:

Inactive GCPs: 0 X RMS: Y RMS:

Inactive TPs: 0 X RMS: Y RMS: