



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**6 ŞUBAT 2023 DEPREMLERİNİN ADIYAMAN
TUT İLÇESİNDEKİ YÜKSEKLİK
DEĞİŞİMİNE ETKİSİNİN GÖKTÜRK-1
VERİLERİNDEN ÜRETİLEN SAYISAL
YÜKSEKLİK MODELİ KULLANILARAK
İNCELENMESİ**

Osman Semih EYİMAYA

YÜKSEK LİSANS

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Osman Semih EYİMAYA tarafından hazırlanan “6 ŞUBAT 2023 DEPREMLERİNİN ADIYAMAN TUT İLÇESİNDEKİ YÜKSEKLİK DEĞİŞİMİNE ETKİSİNİN GÖKTÜRK-1 VERİLERİNDEN ÜRETİLEN SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ KULLANILARAK İNCELENMESİ” adlı tez çalışması 28/06/2024 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. Hakan KARABÖRK

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Bilgehan MAKİNECİ

Üye

Prof. Dr. Murat UYSAL

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.

Osman Semih EYİMAYA

Tarih:22/07/2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

6 ŞUBAT 2023 DEPREMLERİNİN ADIYAMAN TUT İLÇESİNDEKİ YÜKSEKLİK DEĞİŞİMİNE ETKİSİNİN GÖKTÜRK-1 VERİLERİNDEN ÜRETİLEN SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ KULLANILARAK İNCELENMESİ

Osman Semih EYİMAYA

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hasan Bilgehan MAKİNECİ

2024, 45 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Hakan KARABÖRK

Prof. Dr. Murat UYSAL

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Bilgehan MAKİNECİ

Dünyada gerçekleşen depremler arazi üzerinde büyük değişimlere yol açmakta ve söz konusu değişimlerin boyutunun analizi deprem sonrasında yapılacak şehir planlamasında ve meydana gelen hasarın boyutunun belirlenmesinde önem arz etmektedir. Söz konusu değişimlerin analizi yersel ölçümlerle yapılacağı gibi günümüz teknolojisinin kolaylıklarından olan uydu görüntülerinden faydalanarak da yapılabilmektedir. Türkiye ve Suriye'yi etkisi altına alan 06 Şubat 2023 tarihinde saat 04:17 ve 13:24 de gerçekleşen 7.7 Mw ve 7.6 Mw büyüklüğündeki depremlerde ülkemizden Adana, Adıyaman, Batman, Bingöl, Diyarbakır, Elazığ, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kayseri, Kilis, Malatya, Mardin, Niğde, Osmaniye, Şanlıurfa ve Tunceli olmak üzere toplamda 17 il olumsuz etkilenmiştir.

Bu kapsamda, 06 Şubat 2023 tarihinde gerçekleşen depremlerde Adıyaman ilindeki Tut İlçesi ve çevresinde arazide görülen yükseklik değişimlerinin analizinin yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Adıyaman bölgesine ait deprem öncesi dönemde 10.11.2020 tarihli çekimi yapılmış Göktürk-1 stereo görüntülerinden üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verisi ile deprem sonrası dönemde 25.02.2024 tarihli çekimi yapılmış Göktürk-1 stereo görüntülerinden üretilen SYM verisi kendi aralarında karşılaştırılarak belirlenen yükseklik değişimleri analiz edilmiştir. Ayrıca üretilen SYM'ler ve bölgede deprem öncesi dönemde yersel jeodezik ölçümlerle koordinatları belirlenmiş olan Yer Kontrol Noktaları (YKN) karşılaştırılarak doğruluk analizi yapılmıştır. Ayrıca Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından uzaktan algılama tekniği ile üretilen ve araştırmacılar sunulan 12m konumsal çözünürlüklü Sayısal Arazi Modeli (SYM12) verisi ile de doğruluk analizleri genişletilmiştir.

Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verilerinin doğruluğu üzerine yapılan analizlerde; deprem öncesi döneme ait görüntülerden üretilen SYM verisi 17 YKN ve TREx verisi ile ayrı ayrı karşılaştırılmış, deprem öncesi döneme ait görüntülerden üretilen SYM'nin 17 YKN ile karşılaştırılmasında KOH değeri 3.21 m ve TREx ile karşılaştırılmasında KOH değeri 5.27 m olarak tespit edilmiştir. Temin edilen TREx verisinin doğruluk analizi ise 17 YKN ile yapılmış olup KOH değeri 1.28 m olarak tespit edilmiştir.

Deprem öncesi ve sonrası Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinden üretilen SYM verileri ile 06 Şubat 2023 depreminin topografyadaki değişime etkisinin araştırılmasına yönelik yapılan analizde; deprem öncesi ve sonrası dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verileri kendi aralarında gridleme yöntemi ile rast gele seçilen 3998 noktada karşılaştırıldıklarında KOH değeri 5.54 m, kendi aralarında eğimin %30'dan küçük olduğu bölgelerde gridleme yöntemi ile rast gele seçilen 100 noktada karşılaştırıldıklarında KOH değeri 0.34 m, kendi aralarında eğimin %30 ile %60 arasında olduğu bölgelerde gridleme yöntemi ile rast gele seçilen 100 noktada karşılaştırıldıklarında KOH değeri 0.06 m,

kendi aralarında eğimin %60'dan büyük olduğu bölgelerde gridleme yöntemi ile rast gele seçilen 100 noktada karşılaştırıldıklarında KOH değeri 0.03 m, kendi aralarında meskun bölgede gridleme yöntemi ile rast gele seçilen 100 noktada karşılaştırıldıklarında KOH değeri 0.26 m, kendi aralarında gayri meskun bölgede gridleme yöntemi ile rast gele seçilen 100 noktada karşılaştırıldıklarında KOH değeri 0.21 m olarak tespit edilmiştir. Yapılan analizler neticesinde 06 Şubat depreminin topoğrafyada önemli yükselti değişimlerine yol açtığı eğimin %60'dan büyük olduğu bölgelerde eğimin %60'dan küçük olduğu bölgelere nazaran topoğrafyada daha az yükselti değişimlerine yol açtığı tespit edilmiştir. Öte yandan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM'nin performansının ise literatürde daha önce var olan çalışmalarla uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Göktürk-1, Karesel Ortalama Hata (KOH), Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), TREx, 6 Şubat 2023 Depremleri



ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE 6 FEBRUARY 2023 EARTHQUAKES ON THE ALTITUDE CHANGE IN THE ADIYAMAN TUT DISTRICT USING A DIGITAL ELEVATION MODEL PRODUCED FROM GÖKTÜRK-1 DATA Osman Semih EYİMAYA

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

Advisor: Asst. Prof. Dr. Hasan Bilgehan MAKİNECİ

2024, 45 Pages

**Jury
Prof. Dr. Hakan KARABÖRK
Prof. Dr. Murat UYSAL
Asst. Prof. Dr. Hasan Bilgehan MAKİNECİ**

Earthquakes are a crucial study area because of their profound impact on the land. Understanding the changes they bring is vital not only for planning future urban development and assessing damages but also for advancing our knowledge in this field. The analysis of these changes can be done by ground measurements or by using satellite images, one of the conveniences of today's technology. The 7.7 Mw and 7.6 Mw earthquakes that affected Turkey and Syria at 04:17 and 13:24 on February 6, 2023, affected our country's Adana, Adıyaman, Batman, Bingöl, Diyarbakır, Elazığ, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kayseri, A total of seventeen provinces, including Kilis, Malatya, Mardin, Niğde, Osmaniye, Şanlıurfa, and Tunceli, were negatively affected.

In this context, it was aimed to analyze the elevation changes seen in the land in Tut District and its surroundings in Adıyaman province during the earthquakes that occurred on February 6, 2023. For this purpose, the height was determined by comparing the digital elevation model (DEM) data produced from the Göktürk-1 stereo images shot on 10.11.2020 in the pre-earthquake period of the Adıyaman region and the DEM data produced from the Göktürk-1 stereo images shot on 25.02.2024 in the post-earthquake period. The changes were analyzed. In addition, elevation changes were analyzed by comparing the DEMs produced and the ground control points (GCP), whose coordinates were determined by terrestrial geodetic measurements in the region before the earthquake. In addition, accuracy analyses were expanded with the 12 m spatial resolution digital terrain model (DTM12) data produced by the General Directorate of Mapping (HGM) with the remote sensing technique and presented to researchers.

In the analyses made on the accuracy of DEM data produced from Göktürk-1 satellite images, DEM data produced from images from the pre-earthquake periods were compared separately with 17 GCPs and TREx data. When comparing DEM produced from images from the pre-earthquake period with 17 GCPs, the RMSE value was 3.21 m, and in comparison with TREx, the RMSE value is 5.27 m. The accuracy analysis of the TREx data provided was made with 17 GCPs, and the RMSE value was 1.28 m.

In the analysis conducted to investigate the effect of the February 6, 2023, earthquake on the change in topography with DEM data produced from Göktürk-1 stereo satellite images before and after the earthquake, when the DEM data produced from Göktürk-1 satellite images taken before and after the earthquake were compared at 3998 randomly selected points using the gridding method, the root mean square error (RMSE) value was 5.54 m, and at 100 randomly selected points using the gridding method in regions where the slope was less than 30%. When they are compared, the RMSE value is 0.34 m. When compared, the RMSE value is 0.06 m at 100 points randomly selected by the gridding method in regions with a slope between 30% and 60%. When they were compared at each point, the RMSE value was found to be 0.03 m. When they were compared among themselves at 100 points randomly selected by the gridding

method in the residential area, the RMSE value was determined to be 0.26 m. When they were compared among themselves at 100 points randomly selected by the gridding method in the non-residential region, the RMSE value was determined as 0.21 m. It was determined as. As a result of the analysis, it was determined that the February 6 earthquake caused significant elevation changes in the topography. In regions where the slope was greater than 60%, it caused fewer elevation changes in the topography than in regions with less than 60%. On the other hand, it has been determined that the performance of DEM produced from Göktürk-1 satellite images is compatible with previous studies in the literature.

Key words: Digital Elevation Model (DEM), Göktürk-1, Root Mean Square Error (RMSE), TREx, 6 February 2023 Earthquakes



ÖNSÖZ

Tez çalışmamda bilgi ve birikimiyle her zaman bana yol gösteren danışmanım çok değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Hasan Bilgehan MAKİNECİ'ye, hayatımın her anında yanımda olan ve bana her anlamda destek veren sevgili eşim Merve EYİMAYA'ya, hayatıma girdiği andan itibaren benim mutluluk ve gurur kaynağım olan canım oğlum Ahmet İltan EYİMAYA'ya, beni büyüten bu yaşıma kadar her zorlukta ve mutlulukta daima desteğini hissettiğim kıymetli annem Semehat EYİMAYA'ya ve kıymetli babam Ahmet EYİMAYA'ya teşekkürü borç bilirim. Çalışmada yer alan hususlar bireysel görüşümü yansıtmakta olup, Türk Silahlı Kuvvetlerinin görüşlerini yansıtmaz.

Osman Semih EYİMAYA
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	9
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. 06 Şubat 2023 Depremi	13
3.2. Göktürk-1 Uydu Projesi.....	14
3.2.1. Göktürk-1 uydusu teknik özellikleri ve görüntüleme modları.....	15
3.2.2. Göktürk-1 uydusu görüntü seviyeleri	16
3.3. TanDEM-X High Resolution Elevation Exchange (TREx) Projesi	16
3.4. Sayısal Yükseklik Modeli	17
3.5. Temel İstatistik Bilgileri	18
3.5.1. 3 Sigma	18
3.5.2. Karesel ortalama hata.....	18
3.5.3. Medyan (Ortanca)	19
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	20
4.1. Test Bölgesi ve Kullanılan Görüntüler	20
4.2. Stereo Uydu Görüntülerinden SYM Üretimi	21
4.3. Çalışma Alanına Yönelik Analiz Sınıflarının Belirlenmesi.....	25
4.3.1. Çalışma Alanına Yönelik Eğim Haritasının Oluşturulması.....	26
4.3.2. ESA Tarafından Hazırlanan WorldCover Verisi	26
4.4. Üretilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Değerlendirilmesi.....	27
4.4.1. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin 17 YKN ile düşey doğruluk analizi	28
4.4.2. TREx verisinin 17 YKN ile düşey doğruluk analizi	29
4.4.3. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin TREx ile düşey doğruluk analizi.....	30
4.4.4. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin deprem sonrası dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi ile çoklu noktada düşey analizi.....	31
4.4.5. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin deprem sonrası dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi ile eğimin %30'dan küçük olduğu bölgelerde düşey analizi	31

4.4.6. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin deprem sonrası dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi ile eğimin %30 ile %60 arasında olduğu bölgelerde düşey analizi.....	32
4.4.7. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin deprem sonrası dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi ile eğimin %60'dan büyük olduğu bölgelerde düşey analizi	33
4.4.8. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin deprem sonrası dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi ile meskun bölgelerde düşey analizi	33
4.4.9. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin deprem sonrası dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi ile gayri meskun bölgelerde düşey analizi...	34
4.4.10. Uyuşumsuz ölçülerin tespiti.....	35
4.5. Tartışma	35
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	37
5.1. Sonuçlar	37
5.2. Öneriler	38
KAYNAKLAR	39
EKLER	41
EK-1 - Deprem öncesi döneme ait Göktürk-1 Stereo uydu görüntülerinin SYM üretiminde PCI Geomatica yazılımında otomatik olarak toplatılan bağlanma noktalarına ait ölçüm hatası raporu.....	41
EK-2 - Deprem sonrası döneme ait Göktürk-1 Stereo uydu görüntülerinin SYM üretiminde PCI Geomatica yazılımında otomatik olarak toplatılan bağlanma noktalarına ait ölçüm hatası raporu.....	43

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

EO	:Elektro Optik
ESA	:European Space Agency
FFTP	:Fast Fourier Transform Phase Matching
GCP	:Ground Control Point
HGM	:Harita Genel Müdürlüğü
InSAR	:Interferometrik SAR
NCC	:Normalized Cross Correlation
RMSE	:Root Mean Square Error
SYM	:Sayısal Yükseklik Modeli
SAR	:Synthetic Aperture Radar
TAS-F	:Thales Alenia Space
TPZ	:Telespazio
TREx	:TanDem-X High Resolution Elevation Data Exchange
TUSAŞ	:Türk Havacılık ve Uzay Sanayii AŞ
UA	:Uzaktan Algılama
YKN	: Yer Kontrol Noktası

1. GİRİŞ

İnsan oğlunun topoğrafya ile ilişkisi var oluşundan bu yana devam etmektedir. İnsan oğlu yerleşim yerlerini, tarım alanlarını vb. birçok alanın seçiminde topoğrafyadaki farklılıkları ve değişimleri gözlemlemiştir. Topoğrafyadaki yükseklik değişimleri insan oğlunun seçimlerinde önemli rol oynamaktadır.

Topoğrafyadaki yükseklik değişimlerinin analizinde yersel ölçümler kadar gelişen uzaktan algılama teknolojisi de kullanılmaya başlanmıştır. Uzaktan algılama (UA) teknolojisi ile birlikte uydu görüntülerinden üretilen SYM verileri kullanılarak yersel ölçümlerle yapılan işlemler çok daha kolay, zaman ve maliyet açısından etkin bir şekilde yapılabilmektedir (Makineci & Karabörk, 2016).

Uydu görüntülerinden SYM üretiminde Elektro-Optik (EO) algılayıcılar ve Radar algılayıcıları kullanılmaktadır. UA teknolojisiyle stereo uydu görüntülerinden SYM üretimi ilk olarak SPOT uyduları ile birlikte başlamıştır (Şıpka, 2014). 10 m ve üstü yersel çözünürlüklü SPOT uydularının yerini gelişen teknoloji ile birlikte 30cm yersel çözünürlüklü EO uydular almıştır. Teknolojideki bu değişim daha hassas SYM verileri üretimi fırsatı sunmaktadır.

Topoğrafya kıta hareketliliği ve doğal afetlerden dolayı her geçen gün değişmekte ve bu değişimin analizi birçok alanda bize fayda sağlamaktadır. Özellikle yer yüzünde meydana gelen büyük çaplı depremler bölgedeki yükseklik değişiminde önemli rol oynamaktadır. Söz konusu depremlerin oluşturduğu etkiler bölgelere ait SYM verileri üretilerek analiz edilebilmektedir.

Ülkemizde de uzaktan algılama uyduları konusunda önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Ülkemizde uzaktan algılama alanında ilk yer gözlem uydumuz BİLSAT ile başlamış ve kazanılan tecrübe ile RASAT, Göktürk-2, Göktürk-1 ve İMECE uyduları uzayda ki görevine başlamıştır. Mekânsal çözünürlük ve konum doğruluğu anlamında Göktürk-1 uydusu ülkemizin sahip olduğu en önemli uydudur.

Türkiye ve Suriye'yi etkisi altına alan 06 Şubat 2023 depreminde yıkılan binalar, yollar, köprüler vb. insan yapımı objeler ile genel olarak topoğrafyada görülen yükseklik değişimleri daha önce üretilmiş olan SYM modellerinin doğruluklarını değiştirmiş, geçersiz kılmış ve yeniden belirlenmesine ihtiyaç doğmuştur. Depremlerin etkilediği bölgelerdeki deformasyonun belirlenmesi bölgenin daha iyi analiz edilmesine önemli katkı sağlayacağı ön görülerek 6 Şubat 2023 depremleri sonrası bölgedeki arazi değişimlerinin uzaktan algılama yöntemi ile alınmış uydu görüntüleri üzerinden analiz

edilmesinin bölgedeki yeni yapılaşma ve bölge planlamasına önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir (Huang, vd., 2015; Zhou, vd., 2015).

Bu kapsamda, 06 Şubat 2023 tarihinde gerçekleşen depremlerde, çalışma bölgesi olarak belirlenen Adıyaman İli Tut İlçesi ve çevresinde arazide görülen yükseklik değişimlerinin analizinin yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Adıyaman bölgesine ait deprem öncesi dönemde 10.11.2020 tarihli çekimi yapılmış Göktürk-1 stereo görüntülerinden üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verisi ile deprem sonrası dönemde 25.02.2024 tarihli çekimi yapılmış Göktürk-1 stereo görüntülerinden üretilen SYM verisi kendi arasında karşılaştırılmış ve belirlenen düşey değişimler analiz edilmiştir. Ayrıca üretilen SYM'ler bölgede deprem öncesi dönemde yersel jeodezik ölçümlerle koordinatları belirlenmiş olan Yer Kontrol Noktaları (YKN) ile karşılaştırılarak düşey değişimlerin analizi yapılmıştır. Bir diğer hedef ise Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından uzaktan algılama tekniği ile üretilen ve araştırmacılara sunulan 12m yer örneklem aralığına sahip SYM12 verisi ile de doğruluk analizleri genişletilmiştir.

Sonuç olarak, 06 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen depremlerin arazi üzerinde meydana getirmiş olduğu büyük yükseklik değişimleri Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinden üretilen SYM verileri ile analiz edilmiş ve bir yandan da Göktürk-1 uydusu stereo görüntüleri kullanılarak üretilen SYM verisinin performansı YKN'ler ile karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Ayrıca uzaktan interferometrik sentetik açıklıklı radar (InSAR) verilerinden elde edilen TREx verisi ile de farklı bakış açılarından doğruluk araştırması gerçekleştirilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Arasan ve ark. (2020) "Göktürk-1 Uydu Görüntülerinin Doğruluk Analizi" adlı makale çalışmasında da bahsettiği üzere uzaktan algılama uyduları ile elde edilen verilerin doğruluğu ve hassasiyeti düşünüldüğünde bölgeye yönelik yapılan çalışmalar arasında en kısa zamanda en az maliyetle en doğru sonuçların alınabileceği değerlendirilmektedir.

Castle ve ark. (1974) yaptıkları çalışmadan dünyada gerçekleşen depremlerin arazi üzerinde büyük değişimlere yol açmakta ve söz konusu değişimlerin boyutunun analizi deprem sonrasında yapılacak şehir planlamasında ve meydana gelen hasarın boyutunun belirlenmesinde önem arz ettiği, deprem bölgelerinde meydana gelen değişimlerden bir tanesinin yükselti değişimleri olarak karşımıza çıktığı ve bölgedeki yükselti değişimlerinin analizi bölgedeki şehir planlamasını ve düzenlemesini etkilediği görülmüştür.

Makineci ve ark. (2016) yaptıkları çalışmadan yapılacak olan analizin bölgeye ait stereo uydu görüntülerinden üretilen Sayısal Yükseklik Modeli verisi üzerinden yapılması hem zaman hem de maliyet açısından fayda sağlayacağı görülmüştür.

Akdeniz (2022) yaptığı çalışmada uzaktan algılama uyduları ile aynı bölgeye ait farklı çekim açıları ile çekilmiş iki adet uydu görüntüsüne stereo görüntü çifti, söz konusu çekim metodu ise stereo görüntüleme metodu olarak adlandırmaktadır.

Akdeniz (2022) yaptığı çalışmadan stereo uydu görüntüleri kullanılarak üretilen Sayısal Yükseklik Modeli verileri bölge/araziye yönelik yüksek çözünürlükte ve doğrulukta yükseklik bilgisi elde edilmesine olanak sağladığı görülmüştür.

Arasan ve ark. (2020) "Göktürk-1 Uydu Görüntülerinin Doğruluk Analizi" çalışmasında; Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin doğruluğunun $\pm 20\text{m}$ ve daha doğru olduğunu tespit etmiştir.

Aytekin ve ark. (2019) Göktürk-1 görüntülerinin konumsal doğruluğuna yönelik yaptığı çalışmada; yersel ölçümlerle 76 adet YKN toplamış ve toplamış oldukları bu YKN'ler ile Rational Functional Model (RFM) yöntemiyle orto görüntü üretmişlerdir. Elde ettikleri ilk sonuçlarda görüntü doğruluğunu, düzenli hatalardan arınmış Rational Functional Model (RFM) kullanımı ile 0.5 m olduğunu tespit etmiştir.

Gültekin ve ark. (2019) "Geometric Accuracy in Satellite Imagery: Test Methods & Göktürk-1 Performance Evaluation" konulu çalışmasında tripleset Göktürk-1

görüntüleri ile yaptıkları çalışmada; Göktürk-1 stereo çiftlerinden üretilen SYM verilerinin konumsal doğruluğunun 10 m'den daha iyi olduğunu göstermiştir.

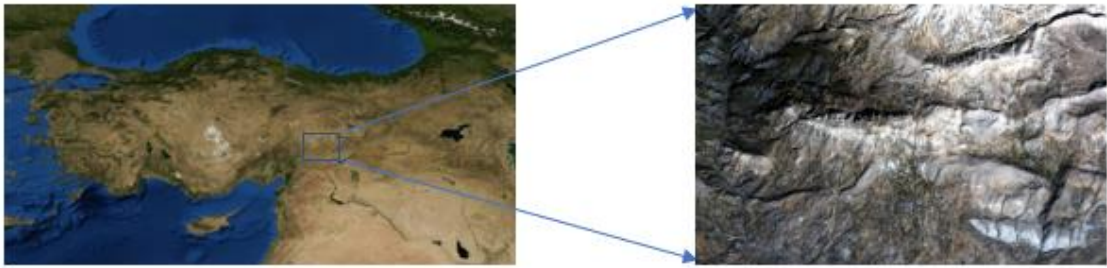
Boccardo ve ark. (2019) "Digital Surface Models Extraction by Göktürk-1 Satellite Stereo Pairs" konulu çalışmasında Göktürk-1 görüntüleri ve Lidar verisi ile analizler yapmıştır. Noktasal analizde; 101 kontrol noktası Lidar verilerinden belirlenmiş olup, yapılan çalışma neticesinde yükseklik farkları -0.43 m ile 3.17 m arasında değişirken, KOH değerinin 0.67 m olduğu görülmüştür. Diğer analiz olan Lidar tabanlı analizde arazi yükseklik farkları 18.7 m ile 19.3 m arasında değişirken, uydu görüntüleri ile yapılan analizde ise yükseklik farkları 19.2 m ile 20.4 m arasında olduğunu göstermiştir.

Erten ve ark. (2018) "TANDEM-X Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması" adlı makale çalışmasında TerraSAR-X (TSX) uydusu ile tandem olan TDX uydusunun birbirlerini mikro-saniyeden daha az zaman farklı yörünge takip ettiğini ve iki uydunun çektiği görüntülerden dünyanın SYM verisini ürettiğini, tandem olmalarının avantajı ile çekilen görüntüler arasındaki zaman farkından kaynaklı hatalardan kurtulduğunu göstermiştir.

Erten ve ark. (2018) "TANDEM-X Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması" adlı makale çalışmasında TREx verisi ile eğimi az olan bölgeler de yükseklik bilgisinin düzeyde santimetre doğrulukla tespit edilebildiği, TanDEM-X SYM verilerinin yalnız düşük çözünürlüklü SYM'lerin kullanıldığı orman, maden, afet (sel, volkanik patlama, vb.) gibi analizlerde değil aynı zamanda yüksek çözünürlüklü SYM verileri ile analizi yapılan tarım, şehir ve bölge planlama gibi çalışmalarda da kullanılabileceğini göstermiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması kapsamında 06 Şubat 2023 depreminden etkilenen illerden olan Adıyaman ili Tut ilçesi çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Çalışmada deprem öncesi dönemde çekimi yapılmış iki adet stereo ve deprem sonrası dönemde çekimi yapılmış iki adet stereo Göktürk-1 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Stereo görüntülerinden üretilen SYM verilerinin analizinde bölgeye ait yüksek konumsal doğruluğa sahip deprem öncesi dönemde yersel jeodezik ölçümlerle koordinatları belirlenmiş olan yer kontrol noktaları (YKN) ve Harita Genel Müdürlüğü'nden (HGM) temin edilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM12-TREx) verileri kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma alanı (Adıyaman)

3.1. 06 Şubat 2023 Depremi

Türkiye ve Suriye'yi etkisi altına alan 06 Şubat 2023 tarihinde saat 04:17 ve 13:24 de gerçekleşen 7.7 Mw ve 7.6 Mw büyüklüğündeki depremlerde ülkemizden Adana, Adıyaman, Batman, Bingöl, Diyarbakır, Elazığ, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kayseri, Kilis, Malatya, Mardin, Niğde, Osmaniye, Şanlıurfa ve Tunceli olmak üzere toplamda 17 il olumsuz etkilenmiştir.

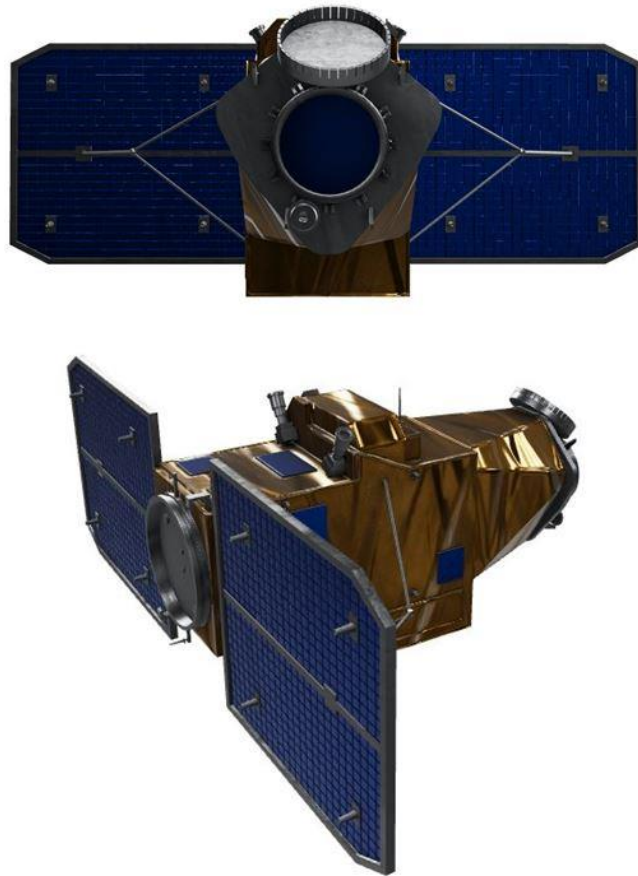
Bu depremler, oldukça büyük bir yıkıma yol açmış, binlerce can kaybına ve yaralanmaya sebep olmuş ve depremlerin ardından başlatılan arama kurtarma çalışmaları, günlerce aralıksız devam etmiştir. 06 Şubat depremlerinin yol açtığı tahribatın boyutu oldukça büyüktü, depremlerde elli binden fazla insan hayatını kaybederken binlerce insan yaralanmış, on binlerce bina yıkılmış veya hasar görmüş, altyapı tesisleri büyük zarar görmesinden dolayı elektrik, su ve doğalgaz gibi temel ihtiyaçların kesilmesi, bölgedeki yaşamı daha da zorlaştırmıştır.

Depremlerin ardından devlet ve sivil toplum kuruluşları tarafından yardım çalışmaları başlatılmış ve arama kurtarma çalışmaları tamamlandıktan sonra, enkaz kaldırma ve yeniden inşa çalışmaları başlamıştır.

06 Şubat depremleri ülkemiz için son derece acı bir tecrübe olmuş ve bu felaket depreme karşı ülkemizin hazırlıklarını gözden geçirmesini sağlamıştır.

3.2. Göktürk-1 Uydu Projesi

05 Aralık 2016 tarihinde Fransız Guyanası'ndan TSİ 16.51'de fırlatılan Göktürk-1 uydusu kabul testlerinin yapılmasının ardından 2018 yılında Hava Kuvvetleri Komutanlığı bünyesinde Keşif Uydu Tabur Komutanlığı komutasına verilmiştir (URL-1). Göktürk-1 uydusu askeri istihbaratı alanında önemli katkılarının yanı sıra sivil kullanıcılara da birçok alanda hizmet vermektedir (URL-2).



Şekil 3.2. Göktürk-1 uydusu görseli (URL-2)

Göktürk-1 projesi Fransız Thales Alenia Space (TAS-F) firması ana yükleniciliğinde, İtalyan Telespazio (TPZ) firması ile birlikte hayata geçirilmiştir. Türk

firmalarından olan Türk Havacılık ve Uzay Sanayi AŞ (TUSAŞ) firması projede farklı iş paketlerinde yer alarak uydunun birtakım bileşenlerini üretmiştir.

3.2.1. Göktürk-1 uydusu teknik özellikleri ve görüntüleme modları

Göktürk-1 uydusu 4 farklı görüntüleme moduna sahiptir. Göktürk-1 uydusu ile nokta (spot), şerit, geniş alan ve stereo gibi görüntülemeler yapılabilmektedir. Spot görüntünün boyutları 15x15km, şerit görüntülerin boyutları ise 15x780km'dir. Göktürk-1 uydusu yörünge istikametinde çekim yeteneğinin yanı sıra kuzey-güney ve doğu-batı istikametinde de çekim yapabilmektedir. Göktürk-1 uydusu dünya etrafındaki bir turunu 98 dakikada tamamlamaktadır. Çekim açısından bağımsız aynı noktayı çekmesi için 2-3 gün zamana ihtiyaç duymaktadır. Göktürk-1 uydusu toplamda beş adet banta sahiptir. Bunlar pankromatik (siyah-beyaz) ve multispektral (Red-Green-Blue-Near IR) bantlardır (Gürçay, 2019).

Göktürk-1 uydusu teknik özellikleri Çizelge 3.1'de ve görüntüleme modları Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Göktürk-1 uydusu teknik özellikleri

Uydu Adı	Göktürk-1
Yörünge İrtifası	681 km
Spot Görüntü Boyutu	15 x 15 km
Şerit Görüntü Genişliği	15 km
Şerit Görüntü Uzunluğu	780 km
Yersel Çözünürlük	0.5 m Siyah-Beyaz – 2 m Renkli
Radyometrik Çözünürlük	12 Bit
Görüntüleme Sıklığı	2-3 gün

Çizelge 3.2. Göktürk-1 uydusu görüntüleme modları

Uydu	Görüntüleme Modu
Göktürk-1	Nokta
	Şerit
	Geniş Alan
	Stereo

3.2.2. Göktürk-1 uydusu görüntü seviyeleri

Göktürk-1 uydusunda seviye sıfırdan seviye altıya kadar tanımlanmış yedi adet görüntü seviyesi vardır. Bunlardan seviye sıfır, bir ve iki temel seviye görüntü işleme, seviye üç ve daha üst seviyeler ileri seviye görüntü işleme olarak tanımlanmıştır. Göktürk-1 uydusu görüntü seviyeleri Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Göktürk-1 uydusu görüntü işleme adımları

Görüntü Seviyesi	Açıklama
Seviye 0	Uydudan yere indirilen ham görüntü
Seviye 1	Radyometrik düzeltmeleri yapılmış görüntü
Seviye 2A	Geometrik düzeltmeleri yapılmış görüntü
Seviye 2B	L2A görüntünün georektifiye edilmesi ile elde edilen görüntü
Seviye 3A	Yer Kontrol Noktası kullanılmadan ortorektifiye edilmiş görüntü
Seviye 3B	Yer Kontrol Noktası kullanılarak ortorektifiye edilmiş görüntü
Seviye 4A	Stereo görüntülerden elde edilen SYM verisi
Seviye 5	Mozaik görüntü
Seviye 6	Sınıflandırılmış görüntü

3.3. TanDEM-X High Resolution Elevation Exchange (TREx) Projesi

TerraSAR-X ve TanDEM-X radar uyduları kullanılarak dünyanın tamamının yüksek doğruluk ve çözünürlüklü SYM verisinin elde edilmesi amacıyla Türkiye’nin de aralarında bulunduğu 32 ülkenin iş birliği ile ABD ve Almanya’nın öncülüğünde TREx projesi yürütülmektedir.

TREx, TerraSAR-X ve TanDEM-X radar uydularından üretilen SYM verilerinin işlenerek görüntü çekim ve üretimden kaynaklı hataların giderilmesini amaçlamaktadır.

TREx projesi kapsamında üretilen SYM verileri interferometrik sar yöntemi ile Tandem-X ve TerraSAR-X uydularından elde edilmektedir. Söz konusu veriler topoğrafyadaki tüm detayları içermektedir.



Şekil 3.3. Tandem-X ve TerraSAR-X uyduları

Projeye katılan ülkeler; Almanya, ABD, Türkiye, Avustralya, Belçika, Birleşik Arap Emirlikleri, Birleşik Krallık, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Güney Afrika, Hollanda, İspanya, İsveç, Letonya, Kolombiya, Hırvatistan, Yunanistan, Slovakya, Portekiz, İsrail, İtalya, Japonya, Kanada, Güney Kore, Norveç, Polonya, Romanya, Şili ve Yeni Zelanda'dır.

TREx Projesinde genel yaklaşım projeye destek veren ülkelerin projeye verdiği katkı göz önünde bulundurularak projeden fayda sağlamasıdır. Özetle projeye katılan her bir ülke ürettiği verileri diğer ülkelerle paylaşmak suretiyle puan elde etmekte ve topladıkları puanlara göre ortak üretim havuzundan faydalanabilmektedir.

$1^{\circ} \times 1^{\circ}$ boyutlarında toplamda 20.000 adet hücrenin üretilmesi planlanan projede, yaklaşık 1000 adet hücreye ait üretimin Türkiye tarafından yapılması planlanmaktadır. Türkiye, bu planlamayı gerçekleştirmesi durumundan diğer ülkelerin üretmiş oldukları verilerde erişime hak kazanarak küresel boyutta veriye sahip olabilecektir.

Proje kapsamında üretilen SYM verileri 12 m yersel çözünürlüğe, $\pm 5-10$ metre yatay doğruluğa, ± 4 metre mutlak yükseklik doğruluğuna ve ± 2 metre göreceli yükseklik doğruluğuna sahiptir (URL-3).

3.4. Sayısal Yükseklik Modeli

Arazi yüzeyini üç boyutlu olarak tanımlamamızı ve ilgili bölgeye ait yükseklik bilgisini kullanarak arazinin modelini oluşturmamızı sağlayan modeller Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) olarak adlandırılmaktadır (Abdikan ve ark., 2007). Günümüzde SYM verilerinin üretiminde 4 farklı üretim tekniği kullanılmaktadır. Bunlar;

1. Jeodezik yöntemler,
2. fotogrametrik yöntemler,
3. Uzaktan algılama teknikleri,
4. Laser Imaging Detection and Ranging (LIDAR) tekniğidir (Eroğlu ve Narin, 2021).

Stereo verilerden SYM üretimi en yaygın olarak kullanılan üretim yöntemlerindendir.

Üretimi yapılan SYM'lerin doğruluğu, topoğrafyanın özelliğine, örnekleme sıklığına, seçilen enterpolasyona ve yersel çözünürlük gibi birtakım faktörlere bağlıdır. Söz konusu faktörler üretimi yapılan SYM'nin doğruluğu açısından çok önemlidir (Gümüş ve Şen, 2017).

3.5. Temel İstatistik Bilgileri

Verileri doğru toplama ve toplanan verilerden bilgi elde etme bilimi istatistik bilimi olarak adlandırılmaktadır. İstatistik, verileri öğretiye dönüştürerek edinilmiş olan gözlemlerden bilgi elde etmeyi sağlar. Sonuç olarak, istatistik bilimi olasılıklar vasıtasıyla belirsizlikleri istenilen seviyede tutarak yapılan analizleri bilimsel anlamda kullanılabilecek ve bilgi edinilebilecek duruma getirir (Akdeniz, 2022).

3.5.1. 3 Sigma

İstatistikte üç sigma, normal dağılımdaki bir ortalamadan üç standart sapma içinde kalan veri noktalarının sınırlarını gösteren bir hesaplamadır. Üç sigma limiti olarak adlandırılan bu araç, belirli bir noktanın belirlenmiş parametreler dahilinde kalma olasılığının hesaplanmasına yardımcı olur. Üç sigma, 68-95-99,7 kuralını izler; burada verilerin %68'i ortalamanın bir, verilerin %95'i ortalamanın iki ve verilerin %99,7'si ortalamanın üç standart sapması dahilindedir.

3.5.2. Karesel ortalama hata

Analizler sonucunda karşımıza çıkan hatalar nicelik bakımından farklı olabilmektedir. Hataların karesinin alınarak analizde karşımıza çıkan hataların ortalamaya etkisinin daha büyük hale getirildiği karesel ortalama hata yönteminde büyük olan hataların ölçüme olan etkileri daha net bir şekilde belirlenebilmektedir.

$$K.O.H.=\sqrt{\{((z_0-z_{i1})^2+(z_{i0}-z_{i2})^2+\dots+(z_0-z_{in})^2)\div(n)\}} \quad (3.1)$$

Yukarıdaki denklemde z_0 örneklemelerin ortalaması, z_{in} deneye dayalı çıktıların her birinin değerini ve n yapılmış olan analiz sayısını vermektedir.

3.5.3. Medyan (Ortanca)

Analizler sonucunda elde etmiş olduğumuz örneklem kümesini küçükten büyüğe sıraladığımızda kümeyi ortasından bölen değere ortanca değer denir. Ortanca gerçek değere en yakın değer olarak belirtilmektedir. Örneklem kümesinin sayısı tek sayı ise ortancanın sırası tek sayı olduğundan medyan doğrudan tespit edilebilirken örneklem kümesinin sayısı çift sayı olduğunda iki değer aritmetik ortalamaları ortanca değeri verecektir.



4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Tez çalışması kapsamında Adıyaman ili Tut ilçesi çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bu kapsamında dört adet stereo Göktürk-1 uydu görüntülerinin yanı sıra bölgede deprem öncesi dönemde yersel jeodezik ölçümlerle koordinatları belirlenmiş olan YKN'ler ile HGM tarafından uzaktan algılama tekniği ile üretilen SYM12(TREx) verisi kullanılmıştır.

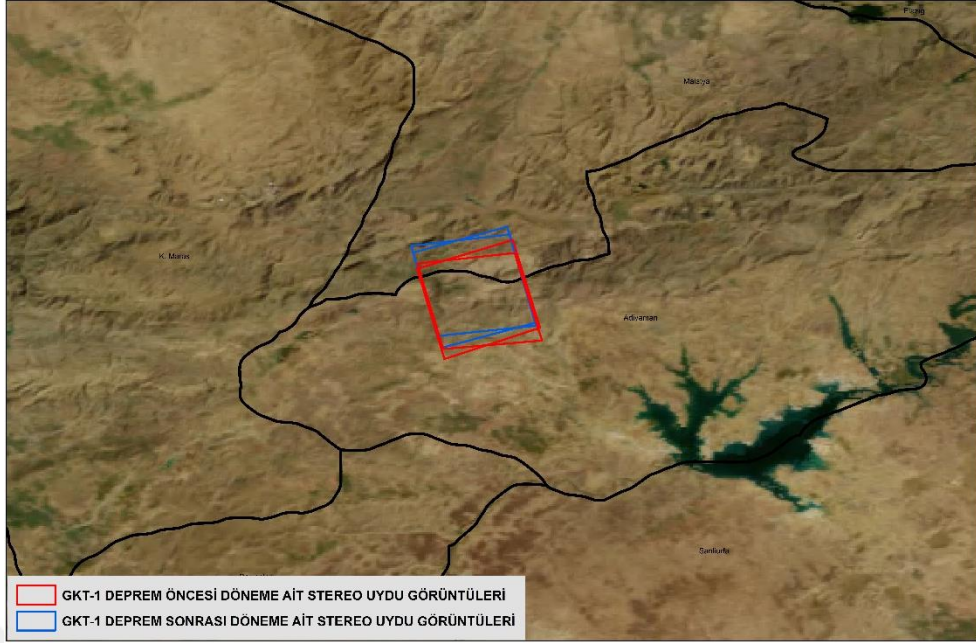
Bu tez çalışmasının amacı, 06 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen depremlerin arazi üzerinde meydana getirmiş olduğu büyük yükseklik değişimlerinin Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinden üretilen SYM verileri ile analiz edilmesi ve bir yandan da Göktürk-1 uydusu stereo görüntüleri kullanılarak üretilen SYM verisinin performansının YKN'ler ile karşılaştırılarak analiz edilmesidir. Ayrıca uzaktan interferometrik sentetik açıklıklı radar (InSAR) verilerinden elde edilen TREx verisi ile de farklı bakış açılarından doğruluk araştırması gerçekleştirilmesidir.

4.1. Test Bölgesi ve Kullanılan Görüntüler

Tez çalışması kapsamında Adıyaman ili Tut ilçesi çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Tez çalışmasında kullanılan dört adet L2A stereo Göktürk-1 görüntüsünün kapsama alanı 450 km²'dir.

Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan görüntüler

Bölge	Uydu Görüntüsü
Adıyaman Tut Deprem Öncesi	2 adet Göktürk-1 Stereo Görüntüsü GKT_GGS_GGS_20201110073849 GKT_GGS_GGS_20201110074039
Adıyaman Tut Deprem Sonrası	2 adet Göktürk-1 Stereo Görüntüsü GKT_GGS_GGS_20240225072640 GKT_GGS_GGS_20240225072834



Şekil 4.1. Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinin kapsama alanı

Tez çalışmasında kullanılan stereo görüntüler ve TREx verisi HGM’den temin edilmiştir.

4.2. Stereo Uydu Görüntülerinden SYM Üretimi

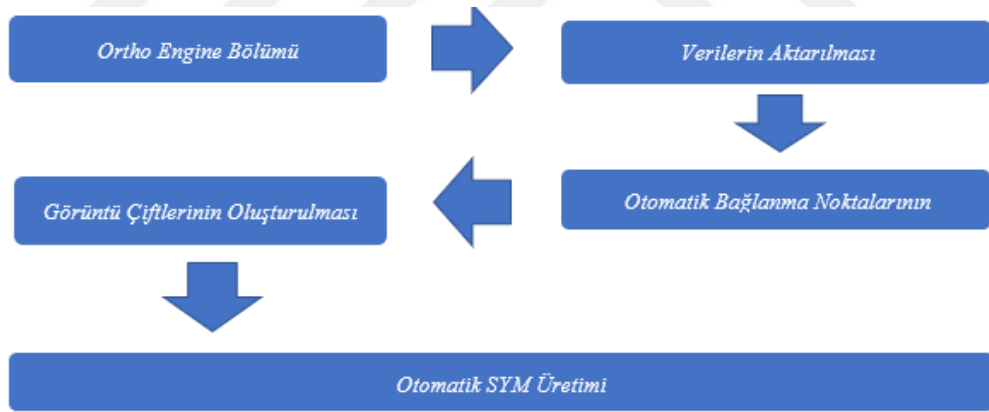
Çalışma kapsamında HGM’den temin edilen stereo Göktürk-1 uydu görüntülerinden SYM üretimi için PCI Geomatica yazılımı kullanılmıştır.

PCI Geomatica yazılımında bağlanma noktalarının belirlenmesinde Fast Fourier Transform Phase Matching (FFTP) ve Normalized Cross Correlation (NCC) görüntü eşleme yöntemleri kullanılmış, referans yükseklik verisi olarak ALOS verisi kullanılmıştır. Bağlanma noktaları oluşturduktan sonra “automatic dem extraction” modülü kullanılarak stereo uydu görüntülerinden SYM verisi üretiminde görüntü eşleme yöntemi olarak Semi-Global Matching (SGM) kullanılmıştır.

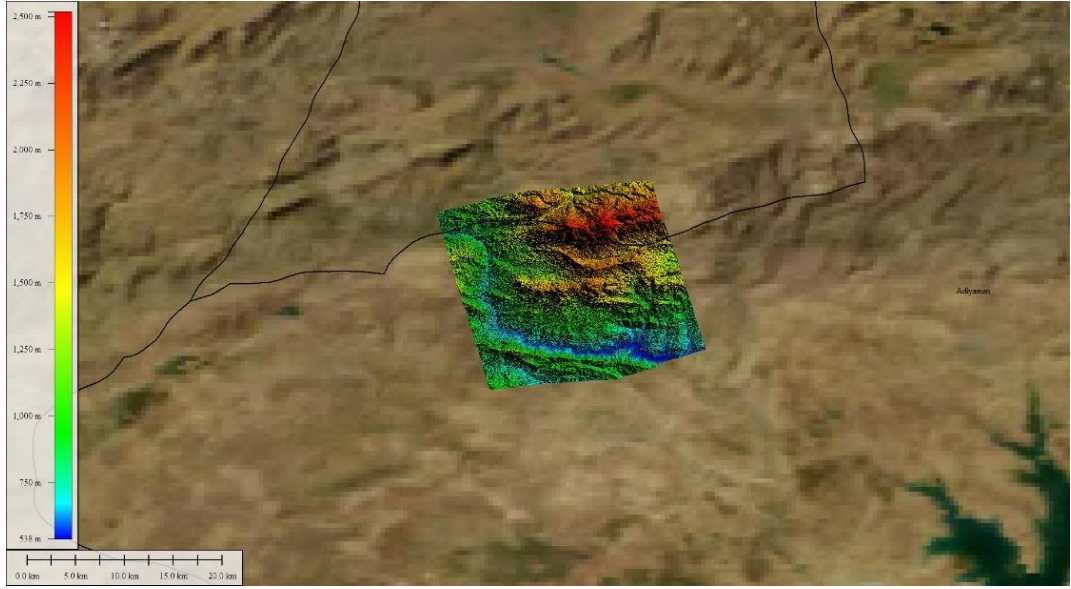
PCI Geomatica yazılımında otomatik SYM oluşturmak için, X yönünde yükseklik paralaksını korumak amacıyla ön ve arka stereo görüntülerden bir çift yarı epipolar görüntü oluşturulur. Daha sonra bu görüntülerin ilgili gri değerlerinin karşılaştırılması yoluyla SYM’yi oluşturmak için otomatik görüntü eşleştirme yöntemi kullanılır. Sol ve sağ epipolar görüntülere karşılık gelen pikselleri bulmak için bu yöntem, sıralı şekilde normalleştirilmiş alt piksel ortalama çapraz korelasyon eşleştirmesi yapar. Kullanılan gerçek eşleştirme yöntemi, eşleşen her piksel için 0 ile 1 arasında korelasyon katsayıları

üretir; bu katsayılardan 0 toplam uyumsuzluğu ve 1 en doğru eşleşmeyi temsil eder. Daha sonra, alt piksel doğruluğuyla eşleşme konumunu bulmak için maksimum korelasyon katsayılarının etrafına ikinci dereceden bir yüzey yerleştirilir. Görüntüler arasındaki konum farkı, arazi kabartmasından kaynaklanan eşitsizliği veya paralaksı verir. Bu işlem sonrasında 3 boyutlu bir uzay-kesişme çözümü kullanılarak WGS84 elipsoidinin üzerindeki mutlak yükseklik değerlerine dönüştürülür (Cheng & Chaapel, 2008).

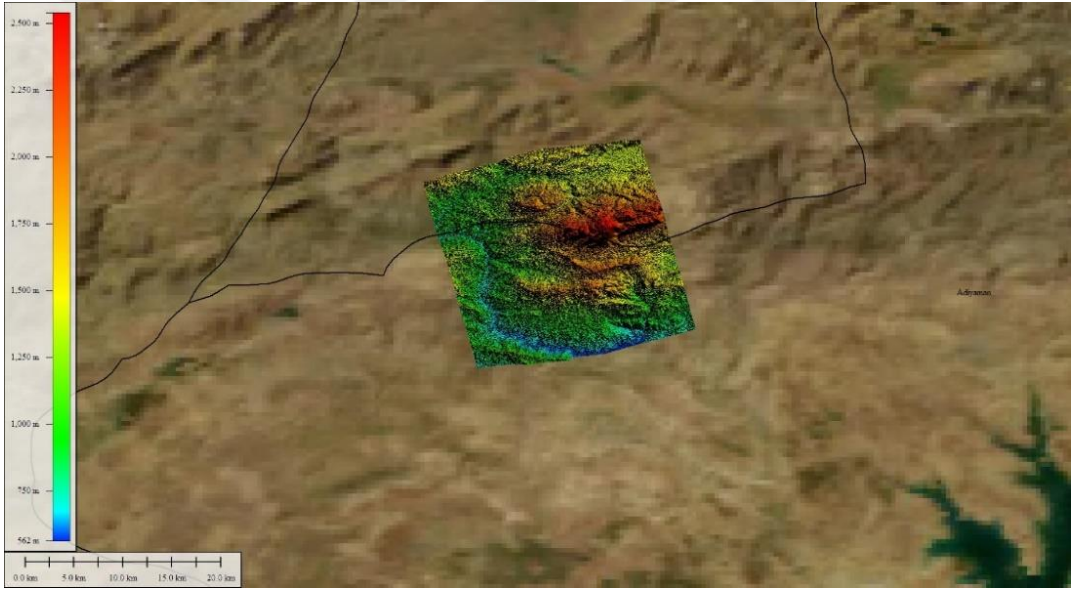
Deprem öncesi döneme ait Göktürk-1 Stereo uydu görüntülerinin SYM üretiminde PCI Geomatica yazılımında otomatik olarak toplatılan bağlanma noktalarına ait ölçüm hatası raporu Ek-1’de, deprem sonrası döneme ait Göktürk-1 Stereo uydu görüntülerinin SYM üretiminde PCI Geomatica yazılımında otomatik olarak toplatılan bağlanma noktalarına ait ölçüm hatası raporu Ek-2’de, PCI Geomatica yazılımı SYM üretim aşamaları Şekil 4.2’de, deprem öncesi döneme ait Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi Şekil 4.3’de, deprem sonrası döneme ait Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi Şekil 4.4’de ve HGM’den temin edilen TREx verisi Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



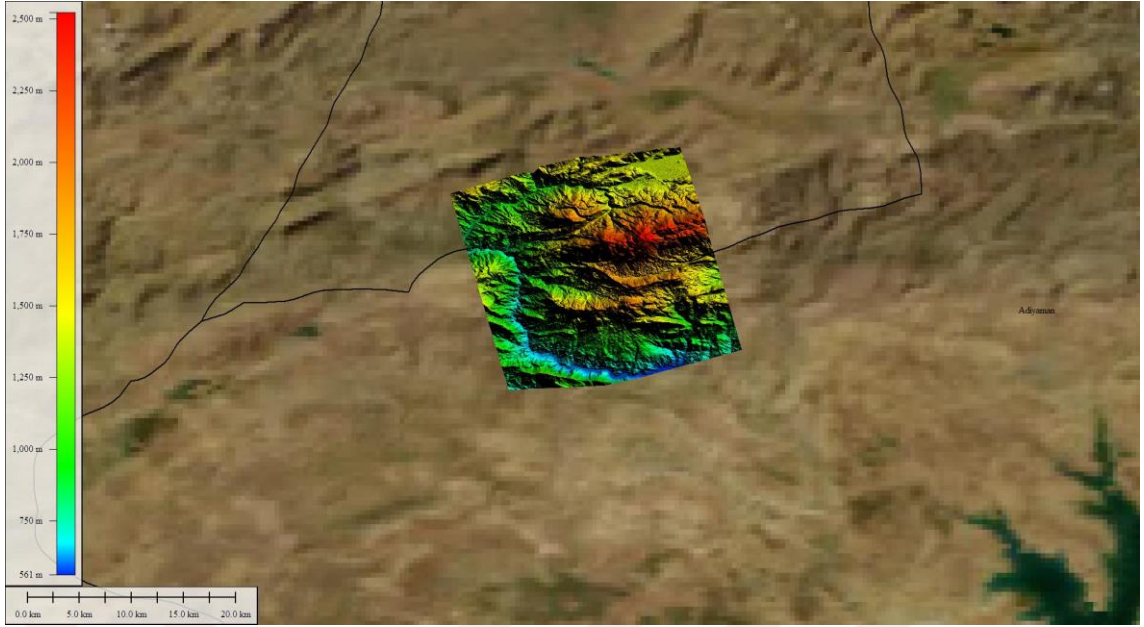
Şekil 4.2. PCI Geomatica yazılımı SYM üretim akışı



Şekil 4.3. Deprem öncesi döneme ait Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM

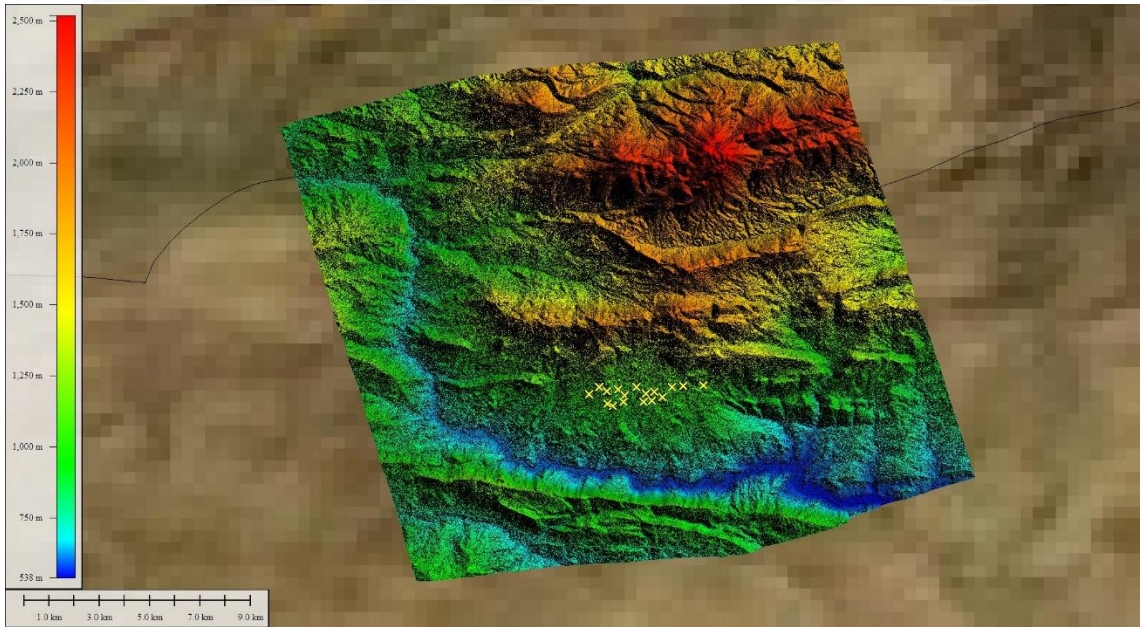


Şekil 4.4. Deprem sonrası döneme ait Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM

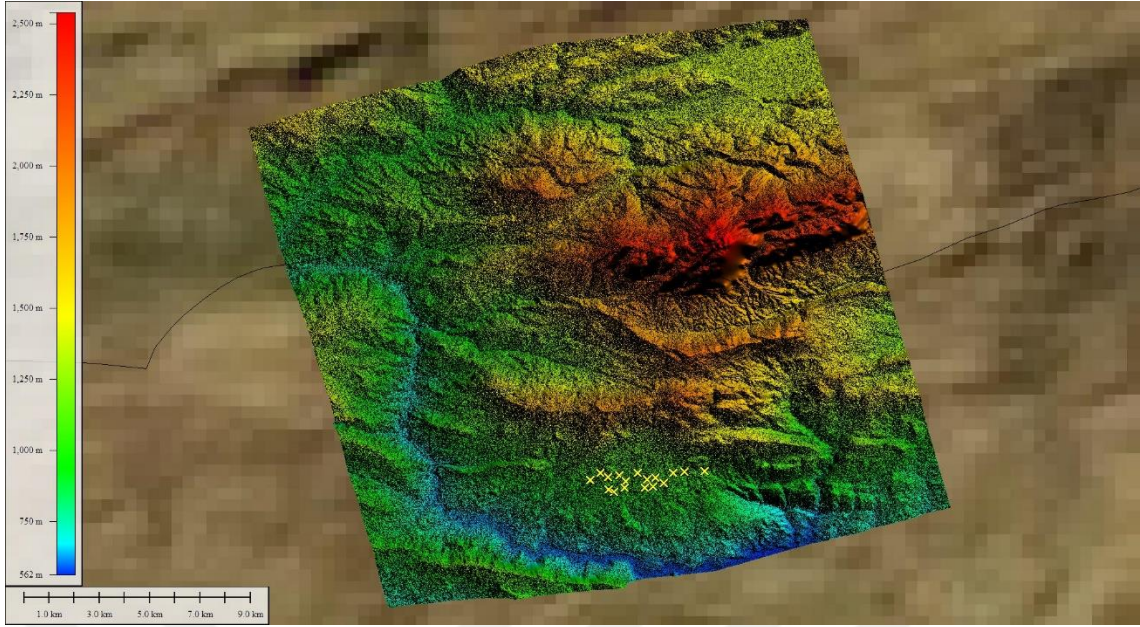


Şekil 4.5. HGM'den temin edilen TREx verisi

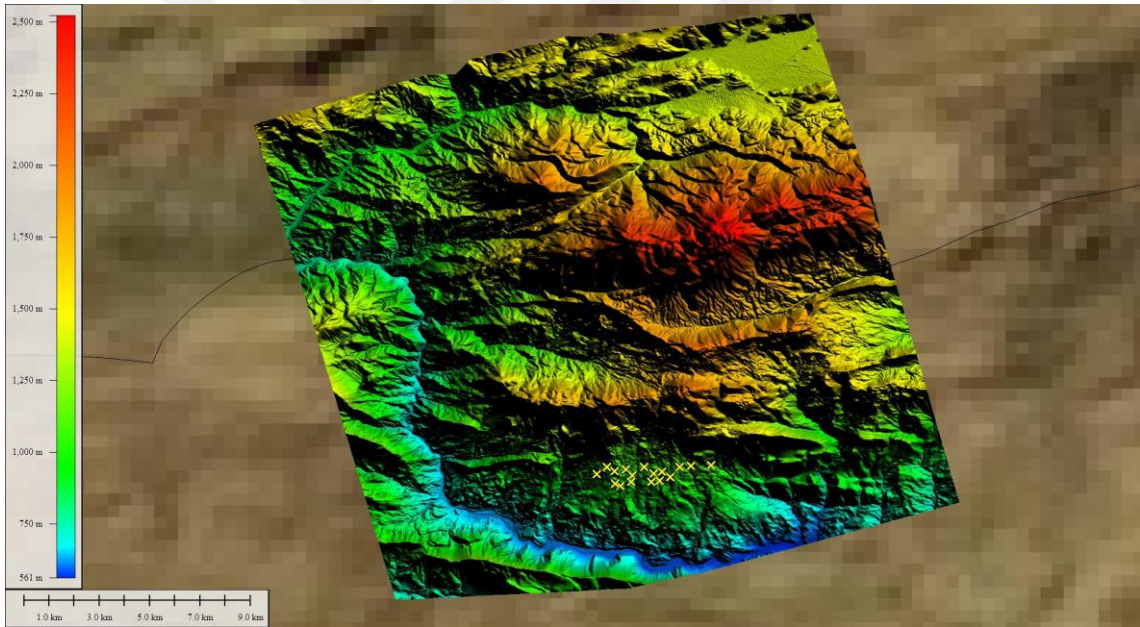
PCI Geomatica yazılımı kullanılarak deprem öncesi ve deprem sonrası döneme ait Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verileri ile HGM'den temin edilen TREx verisi üzerinde 17 adet YKN'nin dağılımı Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Deprem öncesi döneme ait Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi üzerinde 17 adet YKN dağılımı



Şekil 4.7. Deprem sonrası döneme ait Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi üzerinde 17 adet YKN dağılımı



Şekil 4.8. HGM'den temin edilen TREx verisi üzerinde 17 adet YKN'nin dağılımı

4.3. Çalışma Alanına Yönelik Analiz Sınıflarının Belirlenmesi

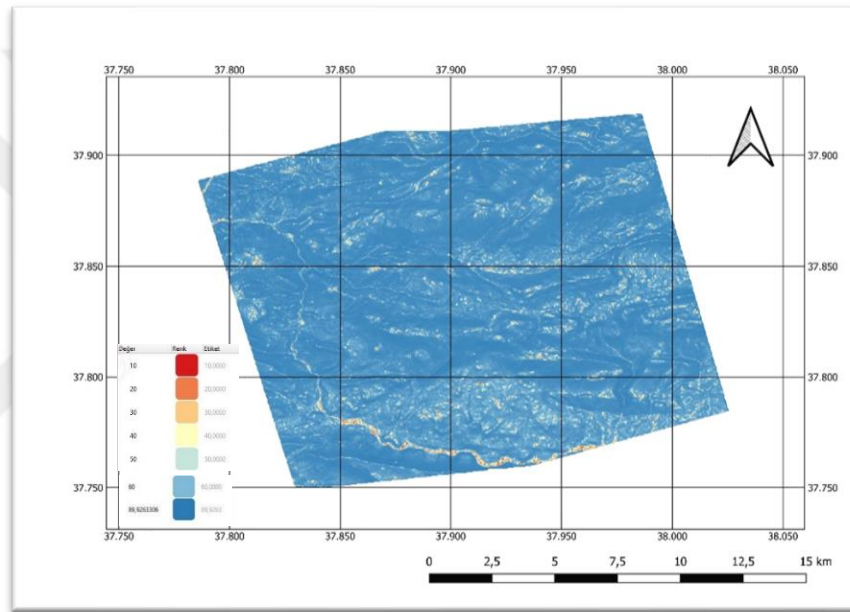
Çalışma alanına yönelik düşey değişim analizlerinde European Space Agency (ESA) tarafından hazırlanarak açık kaynakta erişime sunulan WorldCover verisi ve QGIS yazılımı kullanılarak oluşturulan eğim haritası kullanılmıştır.

ESA tarafından hazırlanan WorldCover verisi kullanılarak meskun ve gayri meskun alanlarda, oluşturulan eğim haritası kullanılarak eğimin %30'dan küçük, %30 -

%60 arasında ve %60' dan büyük olduğu bölgeler olmak üzere çalışma alanı beş sınıfa ayrılarak analizler yapılmıştır.

4.3.1. Çalışma Alanına Yönelik Eğim Haritasının Oluşturulması

Çalışma kapsamında bölgeye yönelik QGIS yazılımında eğim haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan eğim haritası kullanılarak eğimin %30'dan küçük, %30 - %60 arasında ve %60'dan büyük olduğu bölgeler olmak üzere çalışma alanı üç sınıfa ayrılmış ve düşey değişim analizleri yapılmıştır. QGIS yazılımında oluşturulan eğim haritası Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



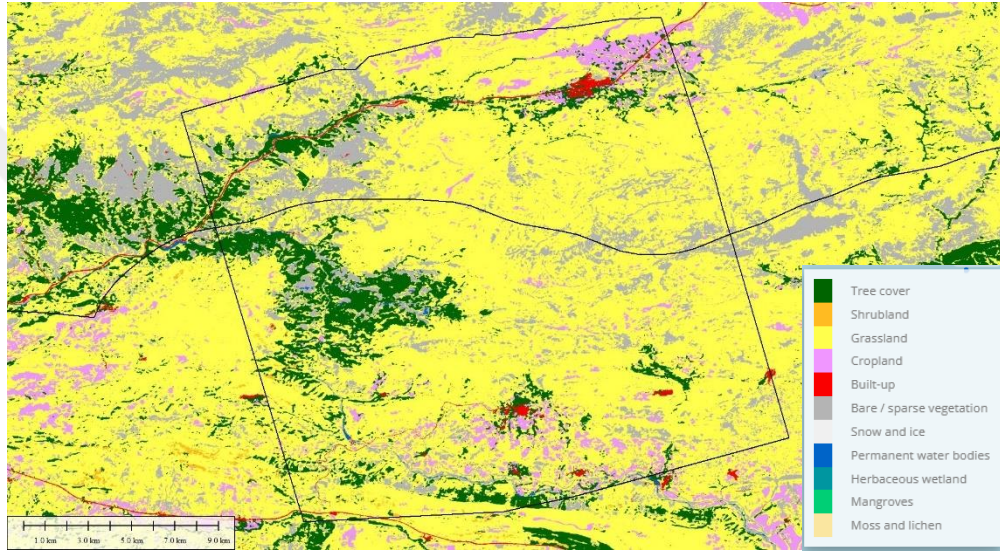
Şekil 4.9. QGIS yazılımı kullanılarak oluşturulan eğim haritası

4.3.2. ESA Tarafından Hazırlanan WorldCover Verisi

Çalışma kapsamında bölgeye yönelik ESA tarafından 2020-2021 yıllarına ait Copernicus, Sentinel-1 ve Sentinel-2 verileri ile oluşturulan 10m çözünürlüklü WorldCover verisi kullanılarak çalışma alanı meskun ve gayri meskun olmak üzere iki sınıfa ayrılmış ve düşey değişim analizleri yapılmıştır. Sınıflandırılmış WorlCover verisinde sınıfların bölgede kapsadığı alanları içeren bilgiler Çizelge 4.2'de, WorlCover verisi Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Çalışmada kullanılan görüntüler

Arazi Sınıfı	Kapladığı Alan (km ²)
Orman	32,21
Çayır	263,19
Yapay Alan	2,80
Kalıcı Su Alanları	7,78
Çıplak Bitki Örtüsü	50,63
Çalılık	1,67
Tarım Arazisi	19,17

**Şekil 4.10.** ESA tarafından hazırlanan WorldCover verisi

4.4. Üretilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında üretilen SYM verilerinin değerlendirilmesinde deprem öncesi dönemde çekimi yapılmış Göktürk-1 stereo görüntülerinden üretilen SYM verisi, deprem sonrası dönemde çekimi yapılmış Göktürk-1 stereo görüntülerinden üretilen SYM verisi, QGIS yazılımı kullanılarak oluşturulan eğim haritası, ESA tarafından hazırlanan WorldCover verisi, bölgede deprem öncesi dönemde yersel jeodezik ölçümlerle koordinatları belirlenmiş olan YKN'ler ve HGM'den temin edilen TREx verisi kullanılmıştır. 06 Şubat depreminin topoğrafyadaki değişime olan etkilerinin değerlendirilmesinde deprem öncesi dönemde ve deprem sonrası dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 stereo görüntülerinden üretilen SYM verileri kendi aralarında karşılaştırılarak analiz yapılmıştır. Göktürk-1 uydusu stereo görüntüleri kullanılarak

üretileen SYM verilerinin performansının değerdendirilmesinde ise üretileen SYM verileri YKN'ler ve TREx verisi ile karşılaştırılarak analiz yapılmıştır.

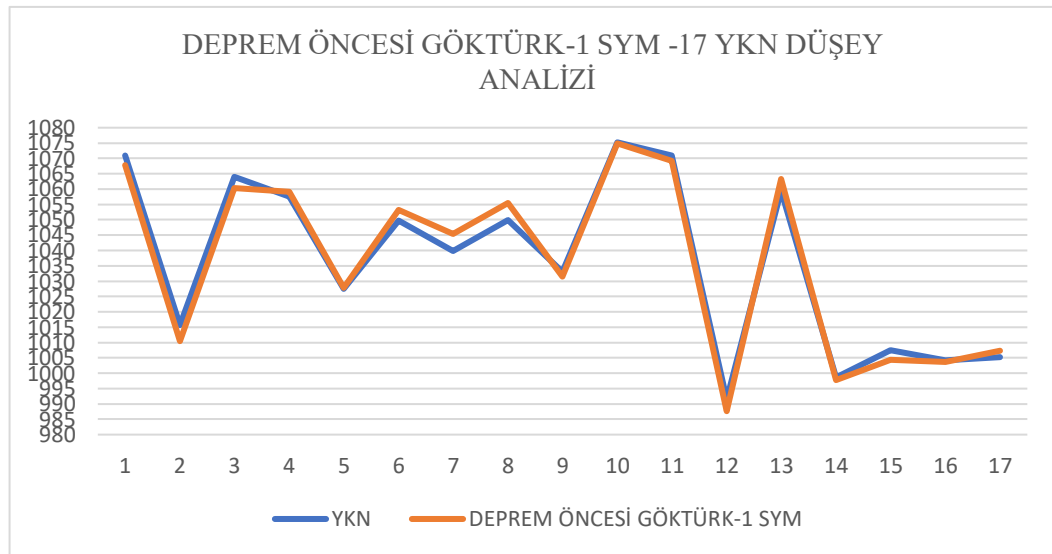
4.4.1. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretileen SYM verisinin 17 YKN ile düşey doğruluk analizi

Adıyaman ili Tut ilçesini kapsayan bölgeye ait deprem öncesi dönemde çekimi yapılan stereo Göktürk-1 uydu görüntülerinden SYM üretilemiş, üretimi yapılan SYM'ler 17 YKN ile karşılaştırılarak Göktürk-1 uydusundan üretileen SYM verisinin performansı analiz edilmiştir.

Üretileen Göktürk-1 SYM verisinin 17 YKN'ye göre düşey doğruluk analizi istatistik bilgileri Çizelge 4.3'de, grafik gösterimi Şekil 4.11' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan stereo Göktürk-1 görüntülerinden üretileen SYM verisinin 17 YKN'ye göre düşey analizi

DEĞERLER	Deprem Öncesi Göktürk-1 SYM ve 17 YKN fark (m)
Ortalama	2.72
KOH	3.20
En Küçük Değer	-5.51
Ortanca Değer	0.53
En Büyük Değer	5.14



Şekil 4.11. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan stereo Göktürk-1 görüntülerinden üretileen SYM verisinin 17 YKN'ye göre düşey analizi grafik gösterimi

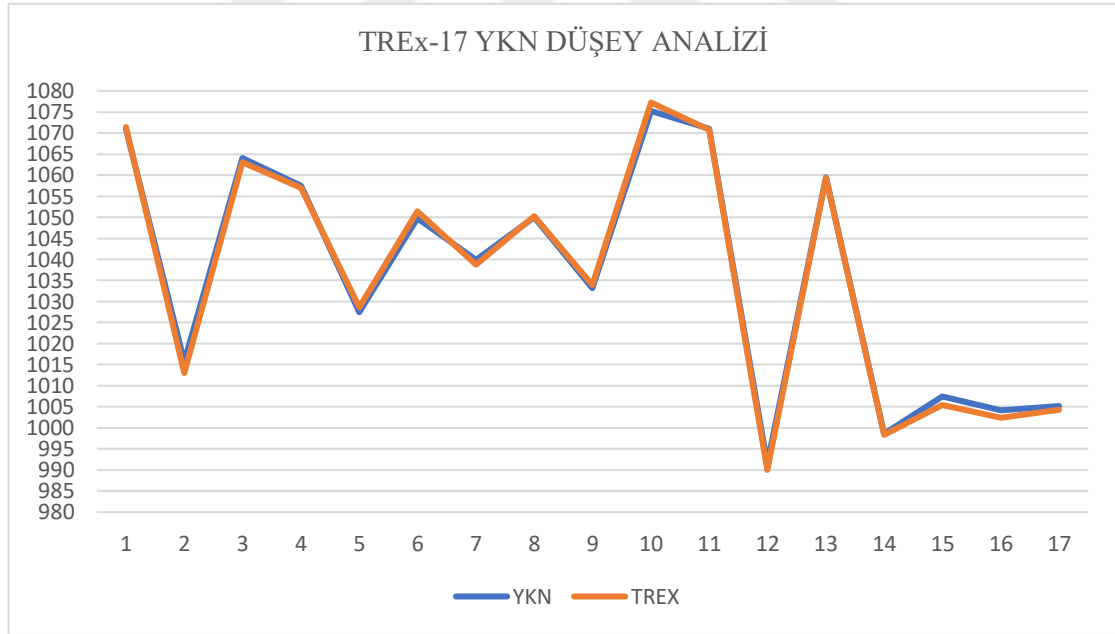
4.4.2. TREx verisinin 17 YKN ile düşey doğruluk analizi

Adıyaman ili Tut ilçesini kapsayan bölgeye ait HGM'den temin edilen TREx verisi 17 YKN ile karşılaştırılarak TREx verisinin performansı analiz edilmiştir.

TREx verisinin 17 YKN'ye göre düşey doğruluk analizi istatistik bilgileri Çizelge 4.4'de, grafik gösterimi Şekil 4.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. TREx verisinin 17 YKN'ye göre düşey analizi

DEĞERLER	TREx ve 17 YKN fark (m)
Ortalama	1.07
KOH	1.28
En Küçük Değer	-2.01
Ortanca Değer	0.34
En Büyük Değer	2.56



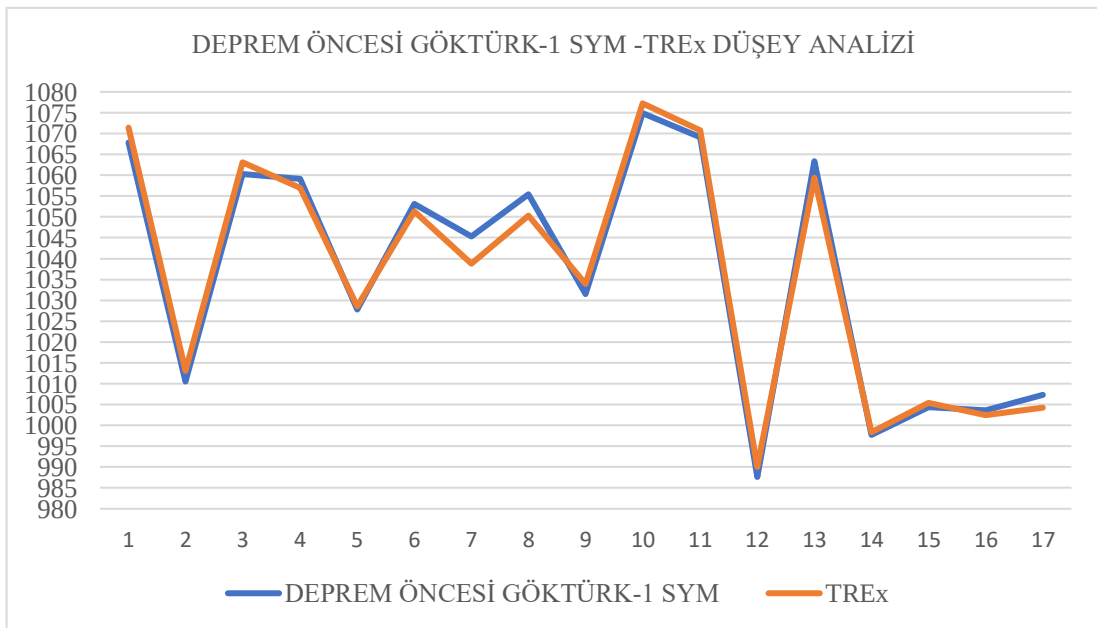
Şekil 4.12. TREx verisinin 17 YKN'ye göre düşey analizi grafik gösterimi

4.4.3. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin TREx ile düşey doğruluk analizi

Adıyaman ili Tut ilçesini kapsayan bölgeye ait deprem öncesi dönemde çekimi yapılan stereo Göktürk-1 uydu görüntülerinden SYM üretilmiş, üretimi yapılan SYM'ler ile HGM'den temin edilen TREx verisi bölgede deprem öncesi dönemde yersel jeodezik ölçümlerle koordinatları belirlenmiş olan 17 YKN'nin bulunduğu noktalar referans alınarak karşılaştırılmıştır. Göktürk-1 uydusundan üretilen SYM verisinin performansı TREx verisine göre analiz edilmiştir. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan stereo Göktürk-1 görüntülerinden üretilen SYM verisi ile TREx versinin 17 YKN'ye göre düşey analizi istatistik bilgileri Çizelge 4.5'de, grafik gösterimi Şekil 4.13'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan stereo Göktürk-1 görüntülerinden üretilen SYM verisi ile TREx versinin 17 YKN'ye göre düşey analizi

DEĞERLER (m)	Deprem Öncesi Göktürk-1 SYM ve TREx fark (m)
Ortalama	4.10
KOH	5.26
En Küçük Değer	-15.54
Ortanca Değer	-0.87
En Büyük Değer	15.66



Şekil 4.13. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan stereo Göktürk-1 görüntülerinden üretilen SYM verisi ile TREx versinin 17 YKN'ye göre düşey analizi grafik gösterimi

4.4.4. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin deprem sonrası dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi ile çoklu noktada düşey analizi

Adıyaman ili Tut ilçesini kapsayan bölgeye ait deprem öncesi ve deprem sonrası dönemde çekimi yapılan stereo Göktürk-1 uydu görüntülerinden SYM üretilmiş üretimi yapılan SYM'ler kendi aralarında gridleme yöntemiyle rastgele belirlenmiş 3998 noktada karşılaştırılarak depreminin topoğrafyadaki değişime olan etkilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Üretilen Göktürk-1 SYM verilerinin kendi aralarında çoklu noktada karşılaştırılması kapsamında düşey değişim analizi istatistik bilgileri Çizelge 4.6'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Göktürk-1 SYM verilerinin YKN'lere göre düşey analizi

DEĞERLER	Deprem Öncesi Göktürk-1 SYM ve Deprem Sonrası Göktürk-1 SYM Fark (m)
Ortalama	4.37
KOH	5.53
En Küçük Değer	-16,48
Ortanca Değer	-2.63
En Büyük Değer	16,23

4.4.5. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin deprem sonrası dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi ile eğimin %30'dan küçük olduğu bölgelerde düşey analizi

Adıyaman ili Tut ilçesini kapsayan bölgeye ait eğim haritası, deprem öncesi ve deprem sonrası dönemde çekimi yapılan stereo Göktürk-1 uydu görüntülerinden SYM verileri üretilmiştir. Üretimi yapılan SYM'ler, üretilen eğim haritasında eğimin %30'dan küçük olduğu bölgelerde kendi aralarında gridleme yöntemiyle rastgele belirlenmiş 100 noktada karşılaştırılarak depreminin topoğrafyadaki değişime olan etkilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Üretilen Göktürk-1 SYM verilerinin eğimin %30'dan küçük olduğu bölgelerde kendi aralarında karşılaştırılması kapsamında düşey değişim analizi istatistik bilgileri Çizelge 4.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Göktürk-1 SYM verilerinin eğimin % 30' dan küçük olduğu bölgelerde birbirlerine göre düşey analizi

DEĞERLER	Deprem Öncesi Göktürk-1 SYM ve Deprem Sonrası Göktürk-1 SYM Fark (m)
Ortalama	0,28
KOH	0,34
En Küçük Değer	-0,64
Ortanca Değer	-0,04
En Büyük Değer	0,64

4.4.6. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin deprem sonrası dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi ile eğimin %30 ile %60 arasında olduğu bölgelerde düşey analizi

Adıyaman ili Tut ilçesini kapsayan bölgeye ait eğim haritası ve deprem öncesi ve deprem sonrası dönemde çekimi yapılan stereo Göktürk-1 uydu görüntülerinden SYM verileri üretilmiştir. Üretimi yapılan SYM'ler, üretilen eğim haritasında eğimin %30 ile %60 arasında olduğu bölgelerde kendi aralarında gridleme yöntemiyle rastgele belirlenmiş 100 noktada karşılaştırılarak depreminin topoğrafyadaki değişime olan etkilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Üretilen Göktürk-1 SYM verilerinin eğimin %30 ile %60 arasında olduğu bölgelerde kendi aralarında karşılaştırılması kapsamında düşey değişim analizi istatistik bilgileri Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Göktürk-1 SYM verilerinin eğimin % 30 ile % 60 arasında olduğu bölgelerde birbirlerine göre düşey analizi

DEĞERLER	Deprem Öncesi Göktürk-1 SYM ve Deprem Sonrası Göktürk-1 SYM Fark (m)
Ortalama	0,04
KOH	0,05
En Küçük Değer	-0,09
Ortanca Değer	0,0001
En Büyük Değer	0,10

4.4.7. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin deprem sonrası dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi ile eğimin %60'dan büyük olduğu bölgelerde düşey analizi

Adıyaman ili Tut ilçesini kapsayan bölgeye ait eğim haritası ve deprem öncesi ve deprem sonrası dönemde çekimi yapılan stereo Göktürk-1 uydu görüntülerinden SYM verileri üretilmiştir. Üretimi yapılan SYM'ler, üretilen eğim haritasında eğimin %60'dan büyük olduğu bölgelerde kendi aralarında gridleme yöntemiyle rastgele belirlenmiş 100 noktada karşılaştırılarak depreminin topoğrafyadaki değişime olan etkilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Üretilen Göktürk-1 SYM verilerinin eğimin %60'dan büyük olduğu bölgelerde kendi aralarında karşılaştırılması kapsamında düşey değişim analizi istatistik bilgileri Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Göktürk-1 SYM verilerinin eğimin % 60'dan büyük olduğu bölgelerde birbirlerine göre düşey analizi

DEĞERLER	Deprem Öncesi Göktürk-1 SYM ve Deprem Sonrası Göktürk-1 SYM Fark (m)
Ortalama	0,02
KOH	0,03
En Küçük Değer	-0,04
Ortanca Değer	0,0001
En Büyük Değer	0,04

4.4.8. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin deprem sonrası dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi ile meskun bölgelerde düşey analizi

Adıyaman ili Tut ilçesini kapsayan bölgeye ait European Space Agency (ESA) tarafından hazırlanan WorlCover verisi açık kaynaktan temin edilmiş, deprem öncesi ve deprem sonrası dönemde çekimi yapılan stereo Göktürk-1 uydu görüntülerinden SYM verileri üretilmiştir. Üretimi yapılan SYM'ler, açık kaynaktan temin edilen WorlCover verisi kullanılarak tespit edilen meskun bölgelerde kendi aralarında gridleme yöntemiyle rastgele belirlenmiş 100 noktada karşılaştırılarak depreminin topoğrafyadaki değişime olan etkilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Üretilen Göktürk-1 SYM verilerinin meskun bölgelerde kendi aralarında karşılaştırılması kapsamında düşey değişim analizi istatistik bilgileri Çizelge 4.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Göktürk-1 SYM verilerinin meskun bölgelerde birbirlerine göre düşey analizi

DEĞERLER	Deprem Öncesi Göktürk-1 SYM ve Deprem Sonrası Göktürk-1 SYM Fark (m)
Ortalama	0,14
KOH	0,20
En Küçük Değer	-0,41
Ortanca Değer	-0,05
En Büyük Değer	0,40

4.4.9. Deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin deprem sonrası dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi ile gayri meskun bölgelerde düşey analizi

Adıyaman ili Tut ilçesini kapsayan bölgeye ait European Space Agency (ESA) tarafından hazırlanan WorlCover verisi açık kaynaktan temin edilmiş, deprem öncesi ve deprem sonrası dönemde çekimi yapılan stereo Göktürk-1 uydu görüntülerinden SYM verileri üretilmiştir. Üretimi yapılan SYM'ler, açık kaynaktan temin edilen WorlCover verisi kullanılarak tespit edilen gayri meskun bölgelerde kendi aralarında gridleme yöntemiyle rastgele belirlenmiş 100 noktada karşılaştırılarak depreminin topoğrafyadaki değişime olan etkilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Üretilen Göktürk-1 SYM verilerinin gayri meskun bölgelerde kendi aralarında karşılaştırılması kapsamında düşey değişim analizi istatistik bilgileri Çizelge 4.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Göktürk-1 SYM verilerinin gayri meskun bölgelerde birbirlerine göre düşey analizi

DEĞERLER	Deprem Öncesi Göktürk-1 SYM ve Deprem Sonrası Göktürk-1 SYM Fark (m)
Ortalama	0,14
KOH	0,20
En Küçük Değer	-0,29
Ortanca Değer	0,0001
En Büyük Değer	0,29

4.4.10. Uyuşumsuz ölçülerin tespiti

Deprem öncesi ve deprem sonrası dönemde çekimi yapılan stereo Göktürk-1 görüntülerinden üretilen SYM verilerinin gridleme yöntemi ile rastgele seçilmiş 4200 noktadan okunan değerler üzerinden analizi yapılmıştır. Elde edilen verilerin analizinin daha tutarlı sonuçlar vermesi için üç sigma testi ile tutarsız ölçü olduğu tespit edilen değerler analizden çıkarılmış ve 3998 noktada karşılaştırılmıştır.

Verilere üç sigma testi uygulanmadan önceki ve uygulandıktan sonraki istatistik bilgileri çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Deprem öncesi ve deprem sonrası dönemde çekimi yapılan stereo Göktürk-1 görüntülerinden üretilen SYM verilerinin üç sigma testi öncesi ve sonrası

DEĞERLER	Deprem Öncesi Göktürk-1 SYM ve Deprem Sonrası Göktürk-1 SYM Fark Üç sigma Testi Öncesi (m)	Deprem Öncesi Göktürk-1 SYM ve Deprem Sonrası Göktürk-1 SYM Fark Üç sigma Testi Sonrası (m)
Ortalama	2.99	4.37
KOH	12.91	5.53
En Küçük Değer	-193.33	-16,48
Ortanca Değer	-2.60	-2.63
En Büyük Değer	300.95	16,23

4.5. Tartışma

Tez çalışmasında Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinden üretilen SYM verilerinin doğruluk analizi, bölgede deprem öncesi dönemde jeodezik ölçümlerle belirlenmiş YKN’ler ve HGM’den temin edilen TREx verileri ile karşılaştırılarak yapılmıştır. Yapılan analizlerin literatürde daha önce yapılan Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinden üretilen SYM verilerinin doğrulukları çalışmalarıyla uyumlu olduğu görülmüştür.

Göktürk-1 uydusu üzerinde tek YKN ile SYM üretimi de literatürdeki çalışmalarda kullanılmıştır (Akdeniz, 2022). Bu tez çalışmasında Göktürk-1 uydu görüntülerinden SYM üretiminde YKN kullanılmamış sadece bağlanma noktaları kullanılmıştır. YKN kullanılarak üretilen SYM’lerin daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.

TREx verilerinin doğruluğu üzerine yapılan araştırmalarda TREx verisinin düşey doğruluk değerinin 1.12 m – 2.19 m arasında olduğu tespit edilmiştir (Erdoğan, Fırat, & Durğut, 2017). Bu tez çalışmasında bulunan TREx düşey doğruluk değerinin söz konusu çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür.

Farklı arazi tiplerinde TREx verisinin düşey doğruluk analizi üzerine yapılan araştırmalarda eğim sınıflarına göre arazi tiplerinin belirlendiği ve eğimin % 0-15 arasında olduğu bölgelerde düşey doğruluğun 1.47 m olduğu tespit edilmiştir (Fırat & Erdoğan, 2015). Bu tez çalışmasında TREx verisinin düşey doğruluğuna yönelik çalışma, bölgede deprem öncesi dönemde jeodezik yöntemlerle belirlenmiş 17 YKN ile yapılmış olup söz konusu YKN'lerin eğimin %30'dan küçük olduğu bölgelere denk geldiği ve TREx verisinin düşey doğruluğunun 1.28 m olduğu, elde edilen sonuçların literatürdeki araştırmalara göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Çalışmada kullanılan WorlCover verisi 2020 yılına ait olup Göktürk-1 stereo görüntüleri 2020 ve 2024 yıllarında çekilmiştir. Kullanılan verilerin yıllarındaki bu farklılıklardan dolayı analiz sonuçlarının da olumsuz etkilenebileceği değerlendirilmektedir.

Stereo uydu görüntüleri kullanılarak birçok analiz yapılabilmektedir ve bu analizler yersel ölçümlerle yapılan analizlere nazaran zaman ve maliyet olarak daha verimlidir. Depremlerin etkilediği bölgelerdeki deformasyonun belirlenmesi bölgenin daha iyi analiz edilmesine önemli katkı sağlayacağı ön görülerek 6 Şubat 2023 depremleri sonrası bölgedeki arazi değişimlerinin uzaktan algılama yöntemi ile alınmış uydu görüntüleri üzerinden analiz edilmesinin bölgedeki yeni yapılaşma ve bölge planlamasına önemli katkı sağlayacağı düşünülerek tez çalışmasında deprem öncesi ve sonrası Göktürk-1 stereo uydu görüntüleri karşılaştırılmış ve depremin bölgedeki topoğrafya değişimine etkisi analiz edilmiştir. Tez çalışmasında elde edilen bulgulara bakıldığında; depremin topoğrafyada büyük değişimlere yol açtığı görülmüş ve yapılan analizlerin bölgedeki yeni yapılaşmaların planlamasında kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında Adıyaman ili Tut ilçesi bölgesinde HGM'den temin edilen deprem öncesi ve sonrası döneme ait stereo Göktürk-1 uydu görüntülerinden SYM üretilmiş ve üretilen SYM'ler kendi aralarından karşılaştırılarak 06 Şubat depreminin topoğrafyadaki yükseklik değişimlerine etkisi analiz edilmiştir. Ayrıca deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi HGM tarafından üretilen ve HGM'den temin edilen TREx verisi ve bölgede deprem öncesi dönemde jeodezik yöntemlerle belirlenmiş YKN'ler ile analiz edilerek farklı referans verilerle doğruluk araştırması yapılmıştır.

SYM verisi üretilirken, PCI Geomatica yazılımı kullanılmış ve yazılımın SYM üretiminde bizlerin kullanımına sunduğu Fast Fourier Transform Phase Matching (FFTP) ile Normalized Cross Correlation (NCC) görüntü eşleme algoritmaları kullanılmıştır.

Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verilerinin doğruluk araştırmasında deprem öncesi dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinden üretilen SYM verisi, HGM'den temin edilen TREx verisi ve deprem öncesi dönemde jeodezik yöntemlerle belirlenmiş olan 17 YKN ile karşılaştırılmıştır. Bir yandan da HGM'den temin edilen TREx verileri deprem öncesi dönemde jeodezik yöntemlerle belirlenmiş olan 17 YKN ile karşılaştırılarak analiz tamamlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda; deprem öncesi döneme ait görüntülerden üretilen SYM'nin 17 YKN ile karşılaştırılmasında KOH değeri 3.21 m ve TREx ile karşılaştırılmasında KOH değeri 5.27 m olarak tespit edilmiştir. Temin edilen TREx verisinin 17 YKN ile karşılaştırılmasında KOH değeri 1.28 m olarak tespit edilmiştir.

Deprem öncesi ve sonrası döneme ait Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinden üretilen SYM verileri ile 06 Şubat 2023 depreminin topoğrafyadaki değişime etkisinin araştırılmasına yönelik yapılan analizde; deprem öncesi ve sonrası dönemde çekimi yapılan Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verileri kendi aralarında gridleme yöntemi ile rast gele seçilen 3998 noktada karşılaştırıldıklarında KOH değeri 5.54 m, kendi aralarında eğimin %30'dan küçük olduğu bölgelerde gridleme yöntemi ile rast gele seçilen 100 noktada karşılaştırıldıklarında KOH değeri 0.34 m, kendi aralarında eğimin %30 ile %60 arasında olduğu bölgelerde gridleme yöntemi ile rast gele seçilen 100 noktada karşılaştırıldıklarında KOH değeri 0.06 m, kendi aralarında eğimin %60'dan büyük olduğu bölgelerde gridleme yöntemi ile rast gele seçilen 100 noktada

karşılaştırıldıklarında KOH değeri 0.03 m, kendi aralarında meskun bölgede gridleme yöntemi ile rast gele seçilen 100 noktada karşılaştırıldıklarında KOH değeri 0.26 m, kendi aralarında gayri meskun bölgede gridleme yöntemi ile rast gele seçilen 100 noktada karşılaştırıldıklarında KOH değeri 0.21 m olarak tespit edilmiştir. Yapılan analizler neticesinde 06 Şubat depreminin topoğrafyada önemli yükselti değişimlerine yol açtığı, eğimin %60'dan büyük olduğu bölgelerde eğimin %60'dan küçük olduğu bölgelere nazaran topoğrafyada daha az yükselti değişimlerine yol açtığı ve meskun bölgelerde gayri meskun bölgelere nazaran topoğrafyada daha fazla yükselti değişimlerine yol açtığı tespit edilmiştir.

Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinden üretilen SYM verilerinin doğruluk analizi ile ilgili literatürde farklı çalışmaların olduğu görülmüş olup, bu tez çalışmasında Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinden üretilen SYM verileri üzerinden 6 Şubat depreminin topoğrafyaya olan etkileri analiz edilmiştir.

5.2. Öneriler

Tez çalışmasında sonucunda; Göktürk-1 uydu görüntülerinden üretilen SYM verileri ile 6 Şubat depreminin topoğrafyaya olan etkileri gözlemlenmiş ve elde edilen sonuçların depremlerin analizinde kullanılabileceği görülmüştür. Depremin etkilerinin analizinin uydu görüntüleri ile yapılmasıyla yersel yöntemlerle analizin yapılması kıyaslandığında zaman ve maliyet açısından daha avantajlı olan stereo uydu görüntülerinden analizin yapılabileceği değerlendirilmiştir.

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.
- Akdeniz, M. (2022). *Göktürk-1 Uydu Görüntülerinden Üretilen Sayısal Yükseklik Modelinin Doğruluğunun Araştırılması*. Konya: Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- 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.
- 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.
- Boccardo, P., Sandu, C., Andrea, A., & Perez, F. (2019). Digital Surface Models extraction by Göktürk-1 satellite stereo pairs. *2019 9th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST)*, (s. 827-832). İstanbul.
- Castle, R. O., Alt, J. N., Savage, J. C., & Balazs, E. I. (1974). Elevation changes preceding the San Fernando earthquake of February 9, 1971. *Geology*, 2(2), 61-66.
- Cheng, P., & Chaapel, C. (2008). Using WorldView-1 Stereo Data with or without Ground Control Points - Automatic DEM Generation. *GEOInformatics*, 34-39.
- Erdoğan, M., Fırat, O., & Durğut, T. (2017). TerraSAR-X ve TanDEM-X'DEN Üretilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Tek ve Çift Geçişe Göre Doğruluk Analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 72-78.
- Eroğlu, M. M., & Narin, Ö. G. (2021). İnsansız hava aracı ile üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile Google Earth ve HGM Küre verilerinin karşılaştırılması. *Journal of Polytechnic*, 545-551.
- Erten, E., Çelik, M. F., & Şahin, Z. M. (2018). TANDEM-X Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması. *Harita Dergisi*, 47-54.
- Fırat, O., & Erdoğan, M. (2015). TerraSAR-X ve TanDEM-X UYDULARINDAN ELDE EDİLEN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ YÜKSEKLİK VERİSİNİN FARKLI ARAZİ TİPLERİNDE DOĞRULUK ANALİZİ. *TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu*, (s. 95-99). Konya.
- Gültekin, F. G., Atak, V. O., Ayaz, M. E., & Arı, M. (2019). Geometric Accuracy in Satellite Imagery: Test Methods & Göktürk-1 Performance Evaluation. *2019 9th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST)*, (s. 813-819). İstanbul.

- Gümüş, K., & Şen, A. (2017). Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluğunu Etkileyen Faktörlerin Varyans Analizi ile İstatistiksel Olarak İncelenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 46-58.
- Gürçay, E. (2019). Göktürk-1 Uydu Radyometrik ve Geometrik Kalibrasyon Faaliyetleri. *Hava Kuvvetleri Dergisi*.
- Huang , Y., Yu, M., Xu, Q., Sawada, K., Moriguchi, S., Yashima, A., & Xue, L. (2015). InSAR-derived digital elevation models for terrain change analysis of earthquake-triggered flow-like landslides based on ALOS/PALSAR imagery. *Environmental Earth Sciences*, 73, 7661-7668.
- Makineci, H. B., & Karabörk, H. (2016). Evaluation digital elevation model generated by synthetic aperture radar data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41, 57-62.
- Mazzanti , P., Scancella, S., Virelli , M., Frittelli, S., Nocente, V., & Lombardo, F. (2022). Assessing the Performance of Multi-Resolution Satellite SAR Images for Post-Earthquake Damage Detection and Mapping Aimed at Emergency Response Management. *Remote Sensing*.
- Merchant, J. W. (2007). Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. *Cartography and Geographic Information Science*.
- Şıpka, T. (2014). *Worldview-1 Stereo Uydu Verilerinden Üretilen Sayısal Yükseklik Modelinde Doğruluk Analizi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi .
- (2024, 05 10). URL-1: <https://www.hvkk.tsk.tr/Custom/Hvkk/238> adresinden alındı.
- (2024, 05 10). URL-2: <https://www.tusas.com/urunler/uzay/yer-gozlem-ve-kesif-uydulari/gokturk-1> adresinden alındı.
- (2024, 05 10). URL-3: <https://www.harita.gov.tr/uploads/files/internationalprojects/tandem-x-yuksekcözümlü-arazi-modeli-degisim-programi-trex-12.pdf> adresinden alındı.

EKLER

EK-1 - Deprem öncesi döneme ait Göktürk-1 Stereo uydu görüntülerinin SYM üretiminde PCI Geomatica 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: 28 X RMS: 0.11 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
AT0032	0.35	-0.35	-0.01	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	15830.0	14856.0	1838.22	15829.6	14856.0
AT0032	0.32	0.32	0.01	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	15790.0	15458.0	1838.22	15790.3	15458.0
AT0018	0.30	0.30	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	18434.9	16213.0	1492.01	18435.2	16213.0
AT0018	0.28	-0.28	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	18322.0	16686.0	1492.01	18321.7	16686.0
AT0019	0.17	0.17	0.01	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	8011.0	2309.0	937.28	8011.2	2309.0
AT0019	0.16	-0.16	-0.01	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	8275.0	256.0	937.28	8274.8	256.0
AT0001	0.14	0.14	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	7967.0	2009.1	982.87	7967.1	2009.1
AT0014	0.14	-0.14	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	18490.8	119.1	701.06	18490.7	119.0
AT0001	0.13	-0.13	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	8231.0	43.0	982.87	8230.9	43.0
AT0014	0.13	0.13	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	18418.0	13.0	701.06	18418.1	13.0
AT0006	0.13	0.13	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	5498.2	13865.7	1241.16	5498.3	13865.7
AT0006	0.12	-0.12	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	5832.0	11230.0	1241.16	5831.9	11230.0
AT0008	0.10	-0.10	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	11449.0	16943.3	1940.32	11448.9	16943.3
AT0008	0.09	0.09	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	11556.0	16680.0	1940.32	11556.1	16680.0
AT0029	0.09	0.09	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	23578.3	22331.9	1198.60	23578.4	22331.9
AT0029	0.08	-0.08	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	23305.0	23059.0	1198.60	23304.9	23059.0
AT0033	0.08	0.08	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	23574.2	14449.8	1125.02	23574.2	14449.8
AT0033	0.07	-0.07	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	23301.0	15458.0	1125.02	23300.9	15458.0
AT0027	0.07	-0.07	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	264.8	25724.0	2204.10	264.7	25724.0
AT0025	0.06	-0.06	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	23578.6	14449.1	1124.90	23578.5	14449.1
AT0023	0.06	-0.06	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	15792.1	8634.1	890.78	15792.0	8634.1
AT0020	0.06	-0.06	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	15777.2	841.0	779.91	15777.2	841.0

AT0015	0.06	-0.06	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	21348.9	4776.9	1026.61	21348.9	4776.9
AT0027	0.06	0.06	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	760.0	23059.0	2204.10	760.1	23059.0
AT0034	0.05	-0.05	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	273.0	25725.0	2202.54	272.9	25725.0
AT0002	0.05	-0.05	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	18490.6	119.0	701.07	18490.6	119.0
AT0020	0.05	0.05	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	15790.0	256.0	779.91	15790.1	256.0
AT0024	0.05	0.05	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	15829.2	14856.9	1837.75	15829.2	14856.9
AT0024	0.05	-0.05	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	15790.0	15458.0	1837.75	15789.9	15458.0
AT0004	0.05	-0.05	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	21348.9	4777.2	1026.45	21348.8	4777.2
AT0023	0.05	0.05	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	15790.0	7857.0	890.78	15790.1	7857.0
AT0025	0.05	0.05	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	23305.0	15458.0	1124.90	23305.1	15458.0
AT0015	0.05	0.05	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	21159.0	5628.0	1026.61	21159.1	5628.0
AT0034	0.05	0.05	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	768.0	23059.0	2202.54	768.1	23059.0
AT0031	0.04	0.04	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	15777.0	843.0	778.86	15777.1	843.0
AT0013	0.04	-0.04	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	10388.9	29767.2	1481.86	10388.8	29767.2
AT0013	0.04	0.04	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	10565.0	27776.0	1481.86	10565.0	27776.0
AT0012	0.04	0.04	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	8007.2	22669.1	2404.27	8007.2	22669.1
AT0002	0.04	0.04	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	18418.0	13.0	701.07	18418.0	13.0
AT0004	0.04	0.04	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	21159.0	5628.0	1026.45	21159.0	5628.0
AT0031	0.04	-0.04	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	15790.0	256.0	778.86	15790.0	256.0
AT0010	0.03	0.03	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	22521.8	15502.9	1360.97	22521.8	15502.9
AT0010	0.03	-0.03	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	22275.0	16652.0	1360.97	22275.0	16652.0
AT0021	0.03	-0.03	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	238.8	11997.9	984.05	238.8	11997.9
AT0012	0.03	-0.03	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	8222.0	22194.0	2404.27	8222.0	22194.0
AT0021	0.03	0.03	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	760.0	7857.0	984.05	760.0	7857.0
AT0011	0.02	0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	6269.3	23472.9	2196.16	6269.3	23473.0
AT0022	0.02	0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	8275.0	7857.0	944.62	8275.0	7857.0
AT0022	0.02	-0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	8017.3	10296.9	944.62	8017.2	10296.9
AT0007	0.02	0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	4118.9	19261.9	1583.33	4118.9	19261.9
AT0007	0.02	-0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	4493.0	16662.0	1583.33	4493.0	16662.0
AT0003	0.02	-0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	15017.7	6848.9	708.16	15017.6	6848.9
AT0003	0.02	0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	15050.0	5670.0	708.16	15050.0	5670.0
AT0011	0.02	-0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	6553.0	22210.0	2196.16	6553.0	22210.0
AT0028	0.02	-0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A	8275.0	23059.0	2479.37	8275.0	23059.0
AT0028	0.02	0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A	8063.8	23428.3	2479.37	8063.9	23428.3

RMS (x, y, z) for worst 5% of points in list: 0.34, 0.01

Residual Summary for PM_GKT_GGS_20201110073849_20201110073853_20201110082802_L2A

Active GCPs: 0 X RMS: Y RMS:

Check points 0 X RMS: Y RMS:

Active TPs: 28 X RMS: 0.10 Y RMS: 0.00

Inactive GCPs: 0 X RMS: Y RMS:

Inactive TPs: 0 X RMS: Y RMS:
 Residual Summary for PM_GKT_GGS_20201110074039_20201110074042_20201110081325_L2A
 Active GCPs: 0 X RMS: Y RMS:
 Check points 0 X RMS: Y RMS:
 Active TPs: 28 X RMS: 0.11 Y RMS: 0.00
 Inactive GCPs: 0 X RMS: Y RMS:
 Inactive TPs: 0 X RMS: Y RMS:

EK-2 - Deprem sonrası döneme ait Göktürk-1 Stereo uydu görüntülerinin SYM üretiminde PCI Geomatica 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:
 ctive TPs: 39 X RMS: 0.20 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
AT0030	0.66	-0.66	0.01	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	1008.0	13949.0	1625.99	1007.4	13949.0
AT0017	0.66	-0.66	0.01	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	1008.0	13949.0	1625.99	1007.4	13949.0
AT0017	0.65	0.65	-0.01	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	1146.0	16410.0	1625.99	1146.6	16410.0
AT0030	0.65	0.65	-0.01	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	1146.0	16410.0	1625.99	1146.6	16410.0
AT0044	0.31	0.31	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	250.0	6575.1	1109.85	250.3	6575.1
AT0044	0.31	-0.31	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	376.0	8217.0	1109.85	375.7	8217.0
AT0045	0.28	-0.28	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	31376.0	19464.9	1347.81	31375.7	19464.9
AT0045	0.28	0.28	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	31280.0	16178.0	1347.81	31280.3	16178.0
AT0041	0.23	-0.23	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	370.0	32098.0	1564.15	369.8	32098.0
AT0041	0.23	0.23	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	212.3	29681.9	1564.15	212.6	29681.9
AT0001	0.23	-0.23	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	10433.1	1060.2	617.62	10432.8	1060.2
AT0018	0.23	0.23	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	6671.7	9850.8	1401.61	6671.9	9850.8
AT0018	0.23	-0.23	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	6764.0	10939.0	1401.61	6763.8	10939.0
AT0001	0.22	0.22	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	10478.0	61.0	617.62	10478.2	61.0
AT0026	0.21	0.21	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	6443.9	26321.9	1386.96	6444.1	26321.9
AT0026	0.21	-0.21	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	6544.0	27368.0	1386.96	6543.8	27368.0

AT0011	0.18	0.18	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	16821.8	6959.9	982.87	16822.0	6959.9
AT0011	0.18	-0.18	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	16835.0	5533.0	982.87	16834.8	5533.0
AT0035	0.18	0.18	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	6444.0	26322.0	1386.89	6444.2	26322.0
AT0006	0.18	-0.18	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	16835.0	5533.0	982.87	16834.8	5533.0
AT0006	0.18	0.18	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	16821.8	6959.9	982.87	16822.0	6959.9
AT0035	0.18	-0.18	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	6544.0	27368.0	1386.89	6543.8	27368.0
AT0015	0.16	0.16	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	12271.0	6104.9	1002.06	12271.2	6104.9
AT0028	0.16	0.16	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	12271.0	6104.9	1002.06	12271.2	6104.9
AT0047	0.15	0.15	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	8003.1	22362.0	1909.91	8003.2	22362.0
AT0047	0.15	-0.15	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	8102.0	24139.0	1909.91	8101.9	24139.0
AT0029	0.15	0.15	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	16821.9	6960.0	982.80	16822.0	6960.0
AT0015	0.15	-0.15	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	12315.0	5497.0	1002.06	12314.8	5497.0
AT0029	0.15	-0.15	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072643_20240225084538_L2A	16835.0	5533.0	982.80	16834.8	5533.0
AT0016	0.15	-0.15	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	16835.0	5533.0	982.80	16834.9	5533.0
AT0016	0.15	0.15	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	16821.9	6960.0	982.80	16822.0	6960.0
AT0028	0.15	-0.15	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	12315.0	5497.0	1002.06	12314.8	5497.0
AT0005	0.14	0.14	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	12271.0	6104.9	1002.06	12271.2	6104.9
AT0010	0.14	0.14	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	12271.0	6104.9	1002.07	12271.2	6104.9
AT0010	0.13	-0.13	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	12315.0	5497.0	1002.07	12314.9	5497.0
AT0005	0.13	-0.13	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	12315.0	5497.0	1002.06	12314.9	5497.0
AT0022	0.13	-0.13	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	12390.0	15475.0	1852.51	12389.9	15475.0
AT0025	0.13	-0.13	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	8004.6	14677.0	1749.65	8004.5	14677.0
AT0022	0.13	0.13	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	12453.0	16418.0	1852.51	12453.1	16418.0
AT0025	0.12	0.12	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	8097.0	16178.0	1749.65	8097.1	16178.0
AT0023	0.10	-0.10	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	15648.0	16159.9	1775.66	15647.9	16159.9
AT0023	0.10	0.10	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	15685.0	16399.0	1775.66	15685.1	16399.0
AT0027	0.09	-0.09	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	22471.8	2447.1	1003.02	22471.7	2447.1
AT0027	0.09	0.09	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	22450.0	98.0	1003.02	22450.1	98.0
AT0039	0.09	0.09	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	8006.2	14677.0	1749.82	8006.3	14677.0
AT0014	0.09	0.09	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	22450.0	98.0	1003.01	22450.1	98.0
AT0014	0.09	-0.09	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	22471.8	2447.1	1003.01	22471.7	2447.1
AT0043	0.09	-0.09	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	23583.1	2788.8	1007.92	23583.1	2788.8
AT0033	0.08	0.08	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	7433.0	21904.0	2206.01	7433.1	21904.0
AT0033	0.08	-0.08	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	7323.0	19446.0	2206.01	7322.9	19446.0
AT0036	0.08	0.08	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	23557.0	256.0	1008.08	23557.1	256.0
AT0036	0.08	-0.08	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	23586.1	2789.0	1008.08	23586.1	2789.0
AT0019	0.08	-0.08	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	7323.0	19446.0	2206.01	7322.9	19446.0
AT0019	0.08	0.08	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	7433.0	21904.0	2206.01	7433.1	21904.0
AT0039	0.08	-0.08	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	8099.0	16178.0	1749.82	8098.9	16178.0
AT0043	0.08	0.08	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	23554.0	256.0	1007.92	23554.1	256.0
AT0004	0.07	-0.07	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	22038.0	10.0	991.77	22037.9	10.0

AT0004	0.07	0.07	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	22057.0	2308.3	991.77	22057.1	2308.3
AT0002	0.06	-0.06	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	22038.0	10.0	991.85	22037.9	10.0
AT0002	0.06	0.06	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	22057.0	2308.1	991.85	22057.1	2308.1
AT0031	0.06	-0.06	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	12389.9	15474.9	1852.55	12389.8	15474.9
AT0031	0.05	0.05	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	12453.0	16418.0	1852.55	12453.1	16418.0
AT0024	0.05	0.04	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	7322.8	19448.0	2204.95	7322.8	19448.0
AT0003	0.04	0.04	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	22450.0	98.0	1003.08	22450.0	98.0
AT0003	0.04	-0.04	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	22471.7	2447.0	1003.08	22471.7	2447.0
AT0007	0.04	-0.04	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	22471.7	2447.0	1003.07	22471.7	2447.0
AT0007	0.04	0.04	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	22450.0	98.0	1003.07	22450.0	98.0
AT0024	0.04	-0.04	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	7433.0	21904.0	2204.95	7433.0	21904.0
AT0020	0.02	0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	7769.0	10941.0	1436.04	7769.0	10941.0
AT0020	0.02	-0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	7683.2	9961.0	1436.04	7683.2	9961.0
AT0009	0.02	-0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	7683.2	9960.9	1436.05	7683.2	9960.9
AT0009	0.02	0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	7769.0	10941.0	1436.05	7769.0	10941.0
AT0012	0.02	-0.02	0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	7433.0	21904.0	2204.99	7433.0	21904.0
AT0012	0.02	0.02	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	7322.8	19447.9	2204.99	7322.8	19447.9
AT0032	0.00	0.00	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	219.8	21265.9	1787.63	219.8	21265.9
AT0032	0.00	-0.00	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	375.0	24139.0	1787.63	375.0	24139.0
AT0046	0.00	0.00	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A	376.0	24139.0	1787.71	376.0	24139.0
AT0046	0.00	-0.00	-0.00	TP	PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A	220.8	21265.9	1787.71	220.8	21265.9

RMS (x, y, z) for worst 5% of points in list: 0.66, 0.01

Residual Summary for PM_GKT_GGS_20240225072640_20240225072643_20240225084538_L2A

Active GCPs: 0 X RMS: Y RMS:

Check points 0 X RMS: Y RMS:

Active TPs: 39 X RMS: 0.20 Y RMS: 0.00

Inactive GCPs: 0 X RMS: Y RMS:

Inactive TPs: 0 X RMS: Y RMS:

Residual Summary for PM_GKT_GGS_20240225072834_20240225072837_20240225084857_L2A

Active GCPs: 0 X RMS: Y RMS:

Check points 0 X RMS: Y RMS:

Active TPs: 39 X RMS: 0.20 Y RMS: 0.00

Inactive GCPs: 0 X RMS: Y RMS:

Inactive TPs: 0 X RMS: Y RMS: