




**T.C.**

**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# GÖKTÜRK-2 UYDU GÖRÜNTÜSÜNÜN GEOMETRİK DOĞRULUĞUNUN ARAŞTIRILMASI

**Merva GÜVEN**

**YÜKSEK LİSANS**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalını**

**Aralık-2016**

**KONYA**

**Her Hakkı Saklıdır**

# ÖZET

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

## GÖKTÜRK-2 UYDU GÖRÜNTÜSÜNÜN GEOMETRİK DOĞRULUĞUNUN ARAŞTIRILMASI

**Merva GÜVEN**

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**
**Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Ömer MUTLUOĞLU**

**2016, 42 Sayfa**

**Jüri**
**Danışmanın Unvanı Adı SOYADI**
**Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI**
**Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI**

Soğuk savaş döneminin başlamasıyla birlikte uzay ve uydu çalışmaları yoğunluk kazanmıştır.1970'lerde başlayan ilk uzaktan algılama çalışmalarında yersel çözünürlük 80 m iken, uzay ve uydu çalışmalarındaki gelişmelere paralel olarak günümüzde 30 cm'ye kadar düşmüştür. Bu uydulardan alınan görüntüler haritacılık, çevrenin izlenmesi, istihbarat, askeri, değişiklik takibi vb. çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır.

Türk mühendislerince tasarlanan ve 2012 yılında uzaya gönderilen Göktürk-2 uydusu Türkiye'nin ürettiği yüksek çözünürlüklü ilk yer gözlem uydusudur. Uydu görüntülerinin konumsal amaçlı uygulamalarda kullanılabilmesi için mutlaka geometrik olarak düzeltilmesi gerekir.

Bu çalışmada stereo Göktürk-2 uydu görüntüsünün geometrik doğruluğu araştırılmıştır. Geometrik düzeltme için fiziksel kamera modeli oluşturulmuş, yer kontrol noktası ve sayısal yükseklik modeli üretilmiştir. Yer kontrol nokta sayısının dengeleme sonuçlarına etkisi incelenmiştir. Ayrıca üretilen sayısal yükseklik modelinin doğruluğu mevcut verilerle karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Göktürk-2, Blok Dengeleme, Ortorektifikasyon, Yer Kontrol Noktası, Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüsü

## ABSTRACT

## MS THESIS

## INVESTIGATION OF GEOMETRIC ACCURACY OF GÖKTÜRK-2 SATELLITE IMAGERY

**Merva GÜVEN**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY**
**THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN GEOMATIC ENGINEERING**

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ömer MUTLUOĞLU**

**Year, 42 Pages**

**Jury**
**Advisor Danışmanın Unvanı Adı SOYADI**
**Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI**
**Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI**

Along with the beginning of the cold war period, space and satellite works became intense. While In the first remote sensing studies that started in the 1970s the spatial resolution was 80 m, it decreased to 30 cm in parallel with the developments in space and satellite studies nowadays. Images taken from these satellites are used for mapping, monitoring of the environment intelligence, military, change tracking and various purposes such as. Gokturk-2 satellite which is designed by Turkish engineers and sent to space in 2012, is the first high-resolution observation satellite produced by Turkey. Satellite imagery must be orthorectified for using spatial purpose applications.

In this study, the geometrical accuracy of the stereo Göktürk-2 satellite image was investigated. Physical camera model was created for orthorectified, ground control point and digital elevation model were produced. The effect of the number of ground control points on the balancing results is examined.

In addition, the accuracy of the produced digital elevation model is compared to the current data.



**Keywords:** Göktürk-2, High Resolution Satellite Images, Ground Control Points, Block Adjustment, orthorectification

# ÖNSÖZ

Uzaktan algılamada uydu görüntüleri önemli bir yere sahiptir. Geniş alanlar kapsayan büyük projeler için özellikle maliyetin düşmesi çekim zamanı dışında dış koşullardan bağımsız olması ve artan yersel çözünürlük bu alana olan ilgiyi arttırmaktadır. İlk yerli yapım ve tasarım olan Göktürk-2 uydusu Türkiye'nin uzaktan algılama için ürettiği ilk yüksek çözünürlüklü yer gözlem uydusudur.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve katkılarını esirgemeyen başta danışmanım Doç. Dr. Ömer Mutluoğlu'na, lisans dönemimden itibaren mesleki yönelim ve bakış açımı genişleten Prof. Dr. Murat Yakar'a, uydu görüntüleri işleme safhasındaki çalışmalarda desteği için Harita Genel Komutanlığı'ndan Müh. Alb. Mustafa Erdoğan ve Kd. Bçv. Murat Özçalık'a, TÜBİTAK UZAY'dan Ramazan Küpçü'ye, maddi manevi her anlamada desteğini esirgemeyen değerli aileme ve eşime teşekkürlerimi sunarım.

Merva GÜVEN
KONYA-2016

# İÇİNDEKİLER

**ÖZET** ..... **iv**

**ABSTRACT** ..... **v**

**ÖNSÖZ** ..... **vi**

**İÇİNDEKİLER** ..... **vii**

**SİMGELER VE KISALTMALAR** ..... **ix**

**1. GİRİŞ** ..... **1**

**2. KAYNAK ARAŞTIRMASI** ..... **3**

**3. UYDU GÖRÜNTÜSÜ TEMEL KURAMLARI** ..... **6**

3.1. Uzaktan Algılama Temel Mantığı ve Özellikleri ..... 6
3.2. Elektromanyetik Spektrum ..... 6
3.3. Bant Kavramı Ve Görüntü Sınıfları ..... 7
3.4. Çözünürlük Kavramı ..... 8
3.4.1. Mekânsal / Geometrik Çözünürlük (SpatialResolution) ..... 8
3.4.2. Spektral Çözünürlük (Spectral Resolution) ..... 9
3.4.3. Radyometrik Çözünürlük (Radiometric Resolution) ..... 10
3.4.4. Zamansal Çözünürlük (Temporal Resolution) ..... 11

**4. GÖKTÜRK-2 UYDUSU** ..... **12**

4.1. Göktürk2 Uydusunun Teknik Özellikleri ..... 13
4.2. Ürün Seviyeleri ..... 14

**5. UYGULAMA** ..... **17**

5.1. Çalışma Bölgesi Tanıtımı ..... 17
5.2. Yer Kontrol Noktalarının Belirlenmesi ..... 18
5.3. Görüntünün Değerlendirilmesi ..... 19
5.3.1. Blok Oluşturma ..... 19
5.3.2. Kontrol Noktası Toplama ..... 23
5.3.3. Dengeleme ..... 25
5.3.4. Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi ..... 27

**5.3.5. Ortofoto Üretimi** ..... **29**

5.4. Farklı Sayıda Yer Kontrol Noktası İle Doğruluk Analizi ..... 30
5.5. Stereo Göktürk 2 Uydu Görüntüsünden Sayısal Yükseklik Modeli Doğruluk Analizi ..... 38

**6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE ÖNERİLER ..... 39**

**KAYNAKLAR ..... 41**

**ÖZGEÇMİŞ ..... 42**

## SİMGELER VE KISALTMALAR

**Kısaltmalar**

**TÜBİTAK** : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
**YKN** : Yer Kontrol Noktası
**BDN** : Denetleme Noktası
**RGB** : Red Green Blue
**PAN** : Pankromatik(siyah-beyaz)
**TAI** :Turkish Aerospace Industries
**TSK** : Türk Silahlı Kuvvetleri
**CCD** : Charge- Coupled Device
**SWIR** : Short Wave Infrared(Kısa Dalga Kızılötesi)
**EMS** : Elektro Manyetik Spektrum
**SYM** : Sayısal Yükseklik Modeli
**RPC** : Rational Polynomial Coefficient
**KM** : Kilometre
**M** : Metre
**CM** : Santimetre

# 1. GİRİŞ

Göktürk-2 uydusu 18 Aralık 2012 tarihinde Çin'in Jiuguan üssünden uzaya fırlatılmıştır. Göktürk-2 uydusu süpürgeç (pushbroom) kameraya sahip olup; 700 km yükseklikte, 2.5 m çözünürlüklü pankromatik (siyah beyaz) ve 5 m çözünürlüklü multispektral (kırmızı, mavi, yeşil, yakın kızıl ötesi) bantlarda görüntü sağlayabilmektedir. Türk mühendislerince tasarlanan Göktürk 2 güneş eş zamanlı hareket eden 700km yükseklikteki yörüngesinde global gözlem alanı tüm Dünya'yı kapsayan ve aynı bölgeyi dik açıyla yaklaşık 2.5 gün arayla görebilen bir uydudur.

Türkiye'nin ilk yüksek çözünürlüklü yer gözlem uydusu GÖKTÜRK-2 projesine ait Proje Destekleme Sözleşmesi; TÜBİTAK Kamu Kurumları Araştırma Geliştirme Projeleri Destekleme Programı (SAVTAG-1007) kapsamında; Türkiye Cumhuriyeti Milli Savunma Bakanlığı, TÜBİTAK Başkanlığı ve Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş. (TUSAŞ) - TÜBİTAK UZAY İş Ortaklığı arasında 13 Nisan 2007 tarihinde imzalanarak 1 Mayıs 2007 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Uzay ve uydu sistemlerine yönelik teknoloji, uzman insan gücü ve alt yapı geliştirilmesi, kamu kurum ve kuruluşlarının gözlem ve araştırma ihtiyaçlarının milli imkân ve kabiliyetlerle karşılanması hedeflenmiştir.

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri haritacılık, istihbarat, keşif, çevrenin izlenmesi, tarım, değişiklik takibi, CBS vb. birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Uydu görüntüleri yer istasyonuna indirildiklerinde doğrudan kullanılamazlar. Bilhassa konuma bağlı çalışmalarda belli bir referans koordinat sisteminde geometrik düzeltmesi yapılmış görüntüler kullanıcıya büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Uydu görüntülerinin geometrik olarak düzeltilebilmeleri için modele, yer kontrol noktalarına (YKN), sayısal yükseklik modeline (SYM) ihtiyaç vardır. Bazı uydu görüntüsü sağlayıcılar model parametrelerini (Rasyonel Polinomal Katsayılar RPC) uydu görüntüsüyle beraber vermektedir. Model parametreleri verilmemiş ise uydu sensör bilgilerinden yararlanılarak fiziksel kamera modeli oluşturulur. Uydu görüntülerinin geometrik olarak düzeltilmesinde YKN'ler büyük öneme sahiptir. YKN'leri hem arazide hem de görüntü üzerinde seçilebilen ortak noktalardır. SYM mono görüntülerin geometrik düzeltilmesinde farklı kaynaklardan (hazır SYM, eş yükseklik eğrili haritaların sayısallaştırılması ile) elde edilir. Stereo görüntülerde otomatik olarak elde edilir.

Bu çalışmada Konya bölgesine ait 20x60 km'lik stereo Göktürk-2 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Çalışmada 91 tane YKN kullanılmıştır. Bunlardan 61 tanesi Google Earth 30 tanesi 30cm çözünürlüklü hava fotoğraflarından elde edilmiştir. Farklı sayıda YKN ve bağımsız denetleme noktası (BDN) alınarak blok dengeleme yapılmış ve bulunan karesel ortalama hatalar (RMSE) incelenmiştir. Ayrıca düşey yöndeki (yükseklik) doğruluğun araştırılması için üretilen SYM ile mevcut ana nivelman noktalarının yükseklikleri karşılaştırılmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

(Küpçü, 2015) yapmış olduğu çalışmada Rasat ve Göktürk 2 uydu görüntülerinin farklı çalışma bölgelerinde farklı yazılımlarla ve farklı sayıda YKN kullanarak geometrik doğruluğunu araştırmıştır. Referans görüntü için Google Earth ve Landsat 8, mono görüntü kullandığı için yükseklik karşılaştırmalarını SRTM, ASTER ve DTED sayısal yükseklik modellerinden yapmıştır. Yatay konum doğruluğunu YKN sayısı ve dağılımının, düşey konum doğruluğunu YKN sayısı ve yükselti farkının fazla olmasının etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Göktürk 2 için BDN konum doğruluğunun beklenenin aksine YKN konum doğruluğundan yüksek olduğu sonucu ile karşılaşılmıştır.

Erdoğan ve ark.(2013) Rasat uydu görüntülerini ortorektifiye ederek konum doğruluğunu araştırmışlardır. Rasat görüntülerini çalışma bölgesi paylarına ayırmış ve düzeltmede kullanılan polinom derecelerini değiştirerek kullanılması gereken YKN sayısını belirlemek üzere bir çalışma yapmışlardır. Elde edilen konum doğruluğunu arttırmak amacı ile YKN sayısının arttırılmasının konum doğruluğunun artması için büyük etkisinin olmadığı görülmüştür

Mutluoğlu ve ark. (2011) 0.5m çözünürlüklü Geoeye-1 uydu görüntüsü kullanılarak Konya Eğribayat mevkiinde 8kmx13km lik bir alanda çalışma yapılmıştır. Uygun dağılımda GPS ile ölçülmüş keskin detaylardan alınan 8 adet YKN ile sayısal yükseklik modeli için SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) kullanılmıştır. Duvarlar için ±71 cm binalar için ±90cm ve parsel köşeleri için ±113 cm ortalama hata değerleri elde etmişlerdir. Parseller için ortalama konumsal hata değerlerinin büyük olması parsellerin büyük parçalar halinde olması ve parsel sınırları ayrımlarının net olmaması olduğu düşünülmüştür.

Yastıklı ve Esirtgen (2011) 10kmx10km lik İstanbul'da açık alan ormanlık çalılık yerleşik ve bozuk yüzey olmak üzere 5 farklı arazi sınıfında çalışma yapmıştır. Her bir sınıf için ayrı değerlendirme yapılmış ve açık alanlarda elde edilen doğruluğun açık farkla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmalarında 1/1000 ve 1/5000 ölçekli sayısal fotogrametrik haritalardan, SPOT, ASTER ve SRTM uydusundan InSAR ile elde edilmiş 90m çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli kullanılmış elde edilen doğruluğa seçilen kaynağın doğrudan etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

KOÇ ve TÜRKER(2005) IKONOS pankromatik stereo görüntü kullanarak Ankara Batıkent, kırsal alan ve çevreyolu bölgesini kapsayan 50 km² bir alanda çalışma

yapmışlardır. Diferansiyel Global Konumlama Sistemi (DGPS) ve 1/1000 ölçekli sayısal ortofoto ve haritalardan topladıkları YKN leri kullanarak; ilkte yalnız DGPS ile toplanmış 48 adet YKN ile ikincide sayısal haritalardan toplanan YKN lerle ve üçüncüde tüm noktaları kullanarak 3 farklı SYM üretmişlerdir. IKONOS uydusundan karesel ortalama hatası ±0.5m ile ±0.7m aralığında olan SYM'ler üretilebileceği sonucuna ulaşılmıştır

Teke ve ark.(2016) Göktürk 2 uydusunun radyometrik kalibrasyonu üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bağıl kalibrasyon için değişimin neredeyse sıfır olduğu Sahra Çölü, çapraz radyometrik kalibrasyon içinse Tuz Gölü bölgelerini test alanı olarak belirlemişlerdir. Bağıl kalibrasyonla Sahra çölündeki piksel değerlerini eşitleyerek bantlanma ve şeritlenmeyi gidermeyi amaçlamışlardır. Çapraz radyometrik kalibrasyon için 2014 yılında Tuz Gölü bölgesini kapsayan aynı gün alınmış Landsat 8 ve Göktürk 2 uydu görüntüleri çakıştırılarak kazanç ve ofset değerleri farklı görüntülerde test edilmiştir

Mutluoğlu (2013) 50 cm çözünürlüklü pansharp stereo Worldview-2 uydu görüntüsü ile yapmış olduğu çalışmada 16kmx14km lik bir çalışma bölgesi seçmiştir. Bölgedeki ortalama yükseklik farkları 1000m ile 1700m arasında değişiklik göstermektedir. YKNleri uygun dağılımda seçtikten sonra uydu görüntülerinden net seçilecek şekilde arazide betonla tesis etmiş GPS ve klasik yöntemler ile ölçümlerini yapmış ardından görüntüleri Digital Globe'dan elde etmiştir. Görüntüleri ortorektifiye ettikten sonra elde ettiği doğrulukları karşılaştırmak amacı ile uygun dağılımda olacak şekilde YKN sayısını değiştirmiştir. YKN sayısı azaldıkça elde edilen konumsal doğruluğun azaldığı sonucuna ulaşmıştır. Nokta sayısı kadar dağılımın etkisini görmek amacıyla yaklaşık tek hizada yatay-düşey- sağ-sol-orta-köşegen olacak şekilde nokta geometrisi ile dengeleme işlemlerinin sonuçlarını karşılaştırmış ve normal dağılımdaki değerlerin çok altında olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Atak ve ark. (2015) Göktürk 2 ile görüntü testleri kapsamında yapmış oldukları çalışmalar sonucunda; yaklaşık kamera modeli ile doğruluğu yüksek YKN ve SYM kullanılarak iyi bir konumsal doğruluk (< 10m) sağlanabileceği tespit edilmiştir. Testler sonucunda ortaya çıkan aksaklıklara önerileri; görüntülerdeki çizgisellik hatalarının ve veri kayıplarının giderilerek farklı bant kombinasyonlarına sahip görüntülerin iyileştirilmesi, L2 PAN ile L2 NIR bantları görüntüleri arasında var olan kayıklıkların tamamen giderilmesi, ileri seviye haritacılık ve görüntü işleme çalışmalarında

kullanılmak üzere fiziksel kamera modelinin tüm kamera özelliklerini ve bilgilerini içerecek şekilde iyileştirilmesinin yararlı olacağı değerlendirilmiştir.

# 3. UYDU GÖRÜNTÜSÜ TEMEL KURAMLARI

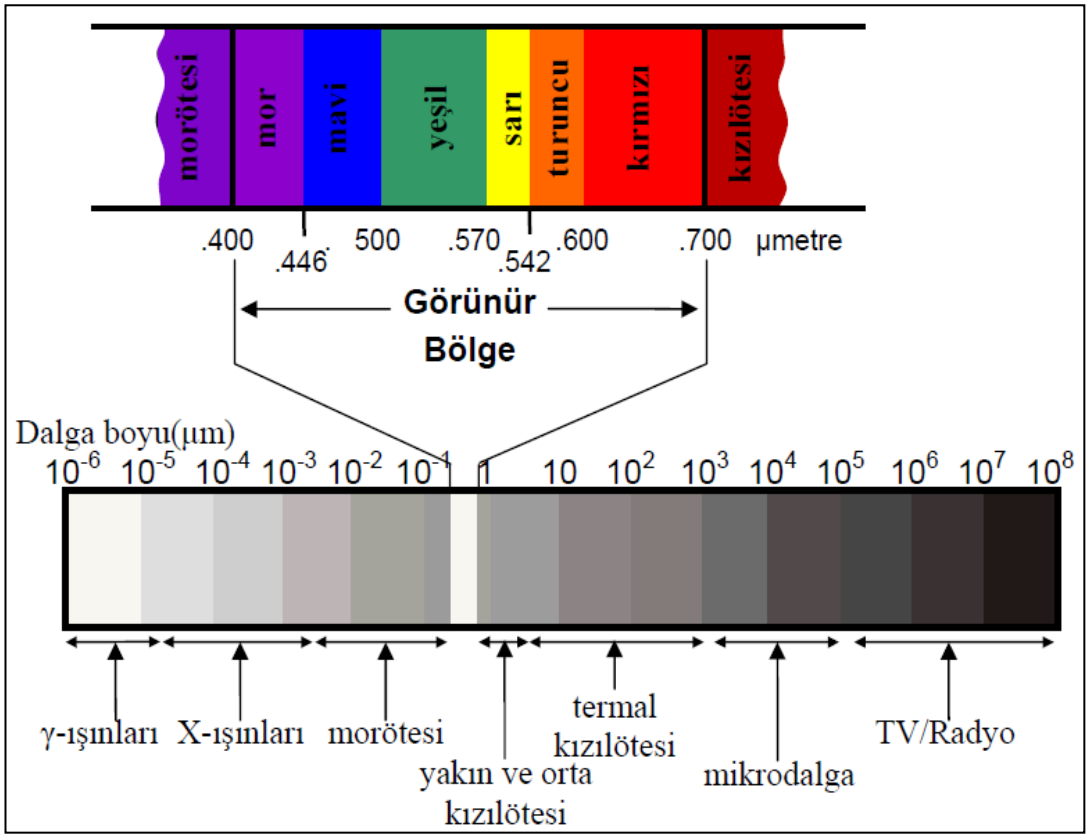
Uzaktan algılama ve uydu görüntüleri ile ilgili ayrıntıya girilmeden temel bilgiler verilmiştir.

## 3.1. Uzaktan Algılama Temel Mantığı ve Özellikleri

Temel olarak uzaktan algılama, cisimlerle fiziksel bir temas kurmadan onları analiz etme ve haklarında bilgi toplama yöntemidir. İnsansız hava araçları, yer gözlem uyduları gibi hava platformlarına yerleştirilen ölçüm cihazları aracılığı ile yeryüzündeki cisimlerin enerjiyi farklı oranda emme ve yansıtma özelliğinden faydalanarak aktif veya pasif sistem ile bilgi toplanmaktadır. Aktif sitemlerde sistem tarafından gönderilen enerjinin cisimden yansıyan değeri ölçülür. Pasif sistemlerde ise cismin yaydığı kendi enerjisi ölçülerek değerlendirilir.

## 3.2. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik tayf veya elektromanyetik spektrum (EMS), evrenin herhangi bir yerinde fizik kurallarınca mümkün kılınan tüm elektromanyetik radyasyonu ve farklı ışınım türevlerinin dalga boyları veya frekanslarına göre bu tayftaki rölatif yerlerini ifade eden kavramdır. Herhangi bir cismin elektromanyetik tayfı veya spektrumu, o cisim tarafından çevresine yayılan karakteristik net elektromanyetik radyasyonu tabir eder (Şekil 3.1.) [URL 1].




**Şekil 3.1.** Elektromanyetik spektrumda dalga boyu aralığı

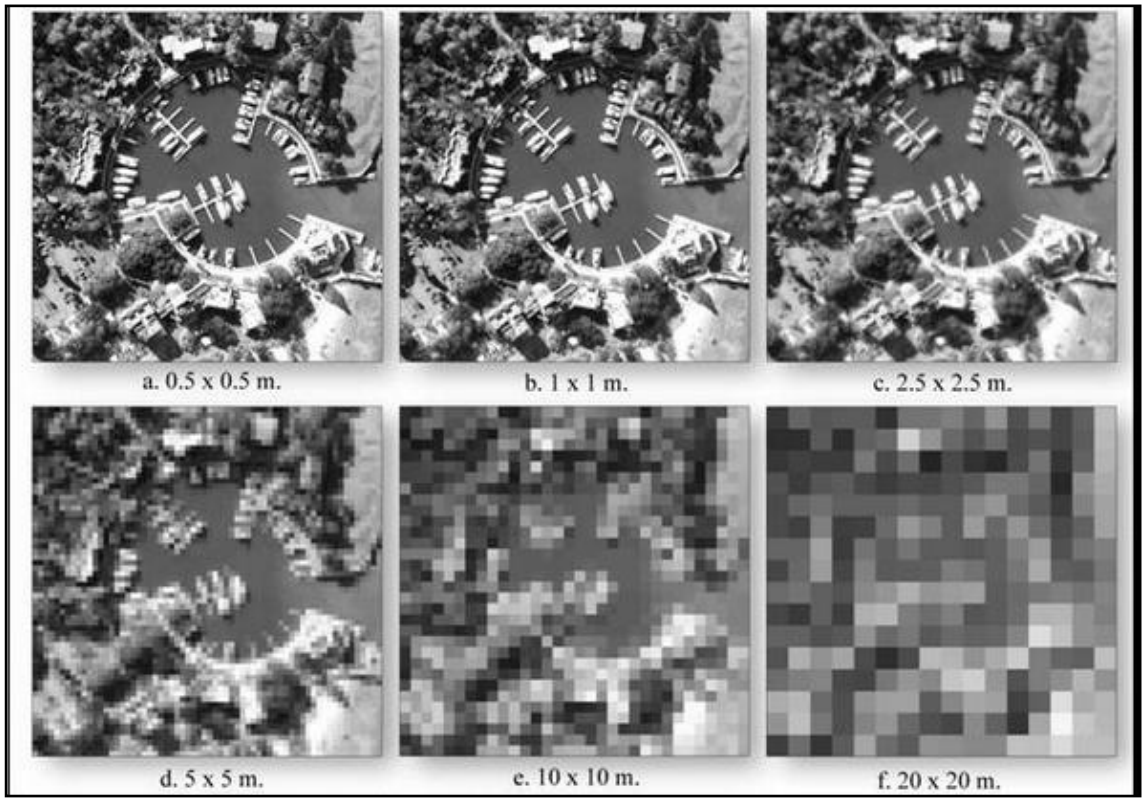
### 3.3. Bant Kavramı Ve Görüntü Sınıfları

Bir uzaktan algılama sisteminde algılayıcı enerjiyi (ışığı) algılar, ölçer ve miktarını bilgisayarın okuyabileceği bir sayıya çevirir. Yörüngedeki uzay aracı bu kodları, sinyaller ile yeryüzündeki uydu yer istasyonuna gönderir. Bu bilgi akışı sırasında verinin sayısal değeri bant veya kanal adı verilen frekans aralıklarında sınıflandırılarak gönderilir. Dijital görüntüyü oluşturan resim elemanlarına piksel adı verilir. Her piksele ait olan ve temsil edilen alandan gelen ortalama ışınımı veren değer dijital numara ile gösterilir ve genellikle 0-255 arasındadır.

## 3.4. Çözünürlük Kavramı

### 3.4.1. Mekânsal / Geometrik Çözünürlük (SpatialResolution)

Uydular üzerinde bulunan algılayıcının yer örnekleme aralığı olarak ifade edilebilir. Yer örnekleme aralığı genellikle bir pikselin yerde kapsadığı alan olarak tanımlanmaktadır. Mesela mekânsal çözünürlüğü 1 metre olan bir uydu görüntüsünde 1 piksel, yerde 1x1 m$^2$ lik bir alana karşılık gelmektedir ve bu alan o pikselde tek renk tonu olarak temsil edilmektedir. Eğer bir cisim, tek bir piksel boyutunda ise orada bir cismin varlığının tespit edilebilmesi için cismin bulunduğu zeminden ayırt edilebilecek kadar zıt bir renkte olması gerekir. Böylece, cismi temsil eden piksel kendisine komşu olan piksellerden farklı bir renk alacaktır ve birbiriyle aynı renkte olan ve cismin bulunduğu zemini temsil eden diğer pikseller arasında cismin renginde olan bir nokta olarak yer alacaktır. Dolayısıyla bir cismin ne olduğunun anlaşılabilmesi için bir pikselden fazla piksellerle temsil edilmesi gerektiği, yani boyutlarının 1 m den daha fazla olması gerektiği anlaşılmaktadır.

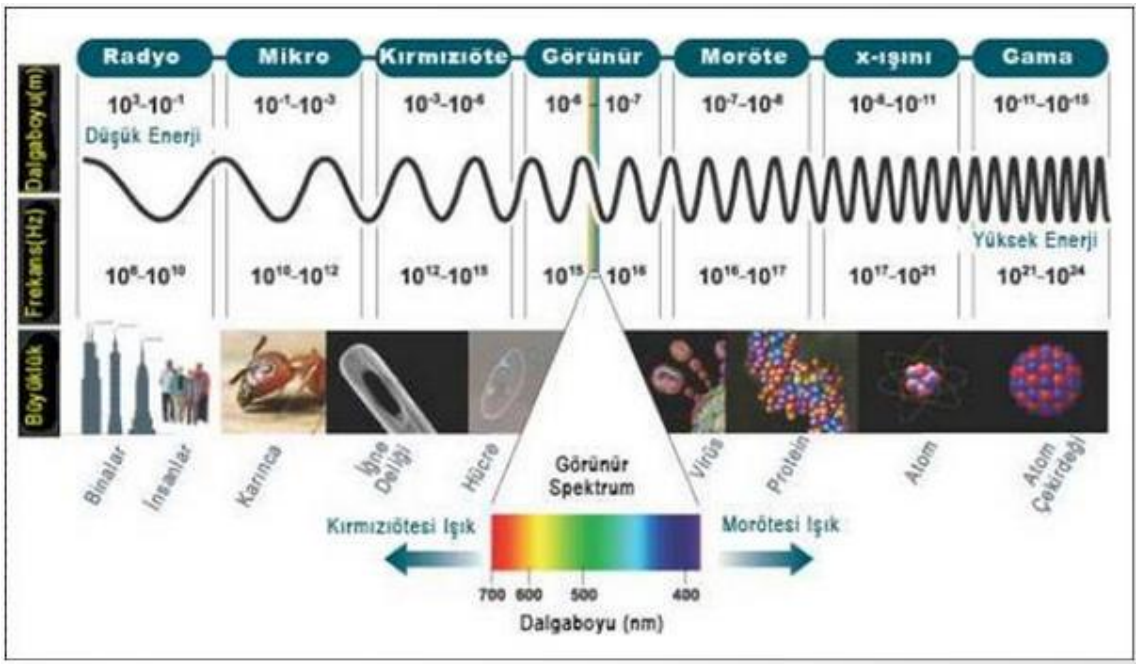



**Şekil 3.2.** Geometrik çözünürlük

Yukardaki fotoğrafta farklı mekânsal çözünürlük değerlerinde aynı yere ait görüntüler verilmiştir. Görüldüğü gibi mekânsal çözünürlük değeri azaldıkça cisimlerin temsil edildiği piksel sayısı azalmakta ve dolayısıyla da cisimlerin tespiti zorlaşmaktadır (Şekil 3.2.).

### 3.4.2. Spektral Çözünürlük (Spectral Resolution)

Elektromanyetik tayf veya elektromanyetik spektrum (EMS), tüm elektromanyetik radyasyonun ve farklı ışınım türevlerinin, dalga boyları veya frekanslarına göre bu tayftaki rölatif yerlerini ifade eden kavramdır. Herhangi bir cismin elektromanyetik tayfı veya spektrumu, o cisim tarafından çevresine yayılan karakteristik net elektromanyetik radyasyonu tabir eder. Aşağıdaki şekilde Elektromanyetik Spektrumda dalga boylarına ve frekanslarına göre bantların adlandırılması ve fikir vermesi açısından dalga boylarının cisimlerle karşılaştırılması verilmiştir (Şekil 3.3.).




**Şekil 3.3.** Spektral çözünürlük

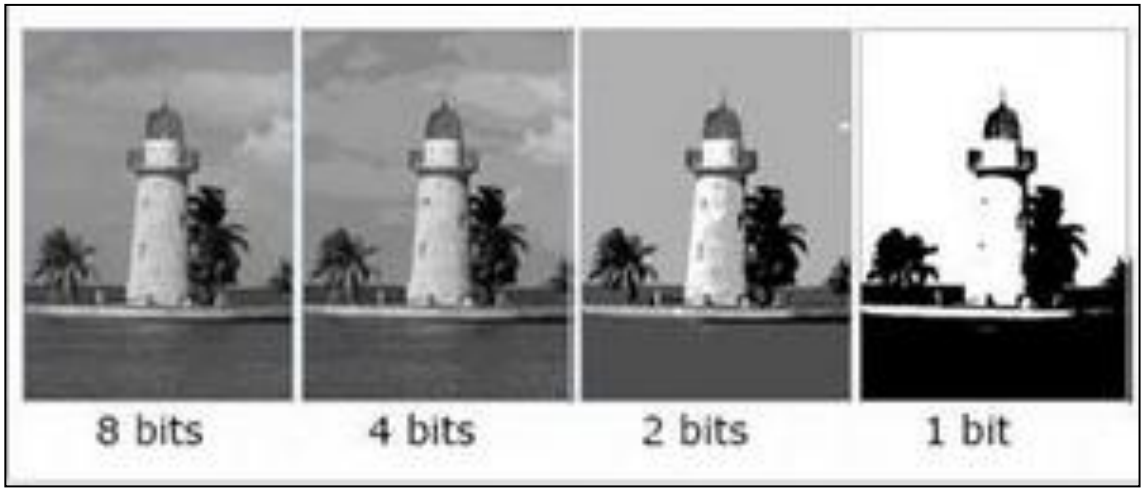
Spektral çözünürlük ise bir algılayıcının elektromanyetik spektrumda kaydedebildiği belirli dalga boyu aralığıdır. Aralık daraldıkça spektral çözünürlük artar ve aralık genişledikçe kaba spektral çözünürlükten bahsedilir.

High SpectralResolution:220bands
MediumSpectralResolution:3-15 bands
LowSpectralResolution:3bands

Daha iyi bir spektral çözünürlük, özel bir kanal veya bant için daha dar dalga boyu aralığı demektir. Yani, bir bant veya kanalın spektral çözünürlüğüne kadar yüksekse, o bant veya kanalın duyarlı olduğu bir başka deyişle, alım yapılan dalga boyu aralığı o kadar dar demektir.

### 3.4.3. Radyometrik Çözünürlük (Radiometric Resolution)

Bir algılayıcının elektromanyetik enerjinin büyüklüğüne karşı duyarlılığını ifade eder. Görüntüleme sisteminin radyometrik çözünürlüğü enerjideki küçük farklılıkları ayırma yeteneği ile tanımlanır. Diğer bir anlatımla bu, kaydedilen enerjinin bölündüğü "bit" sayısıdır. Örneğin, 8 bit veride her pikselin veri dosya değeri 0'dan 255'e kadar uzanırken 7-bit veride her pikselin veri dosya değeri sadece 0'dan 127'ye kadardır. Yani 8-bit veride kaydedilen enerji 256 (28) parlaklık değerine, 7-bit veride ise 128 (27) parlaklık değerine ayrılır. Aşağıdaki fotoğrafta farklı radyometrik çözünürlükte aynı yere ait görüntünün nasıl olduğu verilmiştir (Şekil 3.4.).

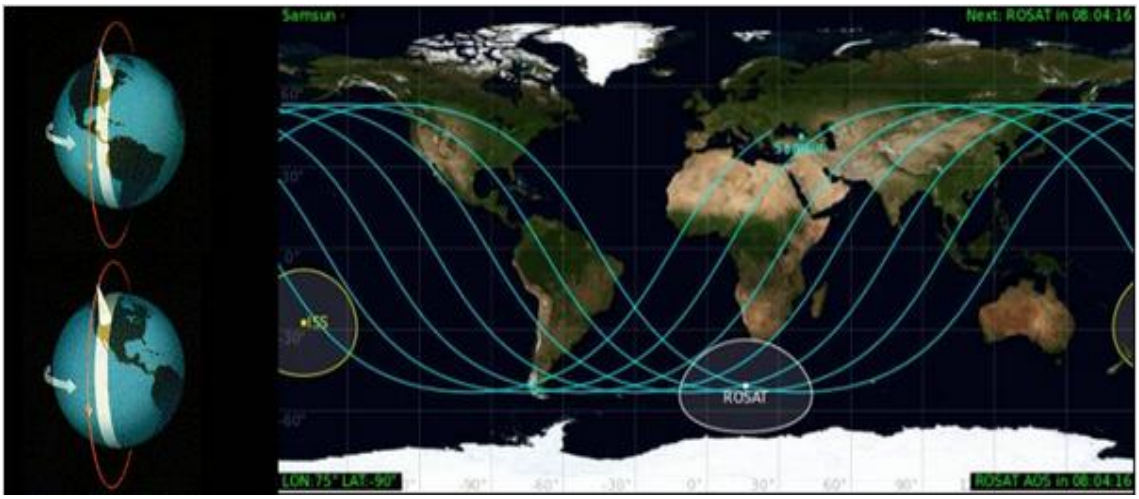



**Şekil 3.4.** Radyometrik çözünürlük

### 3.4.4. Zamansal Çözünürlük (Temporal Resolution)

Uydular dünya çevresinde belirli bir yörüngede dönerler. Uydunun bir yere ait görüntüyü almasından itibaren, aynı yere ait görüntüyü tekrar alması arasında geçen süre zamansal çözünürlük olarak ifade edilmektedir. Fakat aynı yerden tekrar görüntü alma süresinden bahsedilirken görüntünün hangi açıyla alındığı önem arz etmektedir.

Uydular istenilen zamanda istenilen bölgeye yörüngesi değiştirilerek yönlendirilip görüntü alma yeteneğine sahip değildirler. Fakat yönelim değiştirilerek (uyduya yalpa ya da yunuslama açısı verilerek) uydunun farklı bölgeleri çekebilmesi sağlanabilmektedir. Örneğin bir uydunun, nadirden görüntüsünü aldığı bir yeri tekrar nadirden görüntüleyebilmesi için gerekli süre 30 gün olabilirken, ± 30 derece yalpalama açısıyla aynı yeri görüntüleyebilmesi için gerekli süre 2-3 gün olabilmektedir (Şekil 3.5.).




**Şekil 3.5.** Zamansal çözünürlük

Fakat literatürde, uyduların yönelim kabiliyeti göz önüne alınarak genellikle farklı açıyla da olsa aynı yerin görüntüsünün alınabilmesi için gerekli olan süre zamansal çözünürlük olarak kullanılmaktadır. Yani yukarıdaki örnek uydu için zamansal çözünürlük değeri 2-3 gün olarak verilmektedir [URL 2].

## 4. GÖKTÜRK-2 UYDUSU

Göktürk-2, TÜBİTAK UZAY, TAI işbirliği ile geliştirilen keşif uydusudur. 18 Aralık 2012 tarihinde Çin'deki Jiuquan Fırlatma Üssü'nden uzaya fırlatılmıştır. 409 kg ağırlığındaki uydu 2,5 metre siyah-beyaz ve 5 metre renkli çözünürlüğe sahiptir. Uydunun görev bilgisayarı ve görev yazılımı tamamen Türkiye'de Türk mühendislerce üretilmiştir. Türkiye Cumhuriyeti tarihi boyunca yüksek çözünürlüklü görüntü alınması için üretilen ilk uydudur.

Yapımına 2007 yılında başlanan uydu, 18 Aralık 2012'de Çin'den Çin'in kendi ürettiği Uzun Yürüyüş-2D taşıyıcı roket vasıtası ile uzaya gönderilmiştir. Göktürk-2'nin Donanımları'nın % 80'i, yazılımlarının % 100'ü Türk Mühendisler tarafından yapılmıştır. Göktürk-2, fırlatıldıktan 12 dakika sonra saat 18.25'de 686 kilometre yüksekteki yörüngesine oturmuştur.

Göktürk-2, Türkiye ve civarından aldığı görüntüleri anında Türkiye'ye indirebilmektedir. Yerden 700 kilometre yükseklikte güneşe eş zamanlı yörüngeye giren uydu, dünyanın herhangi bir noktasından görüntü de alabilmektedir. Uyduyla haberleşme, Türkiye'nin bulunduğu bölgeden uydunun geçtiği sabah ve akşam saatlerinde kurulmaktadır. Uydu 93 dakikada bir dünyanın çevresinde bir tur atmaktadır. Her turda kuzey ve güney kutbundan bir kez geçmektedir [URL 3].

İlk yerli ve milli yer gözlem uydumuz olan GÖKTÜRK-2 tüm dünya üzerinden görüntü alıp yer istasyonuna indirme kabiliyetine sahiptir. Başta TSK olmak üzere tüm kamu kuruluşlarının istihbarat, zirai değişiklik, çevrenin izlenmesi, coğrafi bilgi sistemi altlığı vb. ihtiyaçlarına cevap vermektedir.

Birinci yılın sonunda uydu, dünya etrafındaki kutupsal yörüngede toplam 5.344 tur atmıştır. Bu süre içinde Ankara'da bulunan yer istasyonundan 2.850 defa iletişim kurulmuş ve dünyanın dört bir tarafından 2.400 adet görüntü çekilerek üç milyon kilometrekarelik bir alan kapsanmıştır.

### 4.1. Göktürk2 Uydusunun Teknik Özellikleri

Göktürk-2'nin teknik özellikleri aşağıdaki çizelge 4.1.'de görülmektedir [URL 4].

| | |
|---|---|
| Yörünge | Güneş Eş Zamanlı ve 98,2° Eğimli Yörünge, |
| Yörünge Yüksekliği | ~ 685 km |
| Periyodu | ~ 98 dakika 20 saniye |
| Dünya Etrafındaki Günlük Tur Sayısı | 14 - 15 Adet |
| Yükseliş Yerel Zamanı | 10.30 (Yerel Zaman) |
| Günlük Yer İst Temas Süresi | ~ 60 dakika (gündüz+gece) |
| Uydu Kütlesi | < 409 kg. |
| Depolama Kapasitesi | 8 GB |
| Mekansal Çözünürlük | Siyah – Beyaz : 2.5 m<br>Renkli (RGB) : 5 m<br>NIR : 5 m |
| Radyometrik Çözünürlük | 11 Bit |
| Zamansal Çözünürlük | +/- 50 çekim açısı 11 gün,<br>+/- 30 çekim açısı 2-3 gün, |
| Spektral Çözünürlük | Pan :0,42-0,75 µm<br>Red :0,596-0,75 µm<br>Green :0,5-0,584 µm<br>Blue :0,422-0,512 µm<br>NIR :0,762-0,894 µm<br>SWIR :0,8-1,7 µm |
| Tasarlanan Görev Ömrü | 5 yıl |
| Şerit Uzunluğu | 640 km |
| 1 kare Görüntü Alanı | 20 km x 20 km |
| Görüntü Depolama Kapasitesi | 45 kare (Kayıpsız sıkıştırma ile) |
| Stereo Görüntüleme | 100 km x 20 km |

**Çizelge 4.1.** Göktürk-2 uydusunun teknik özellikleri

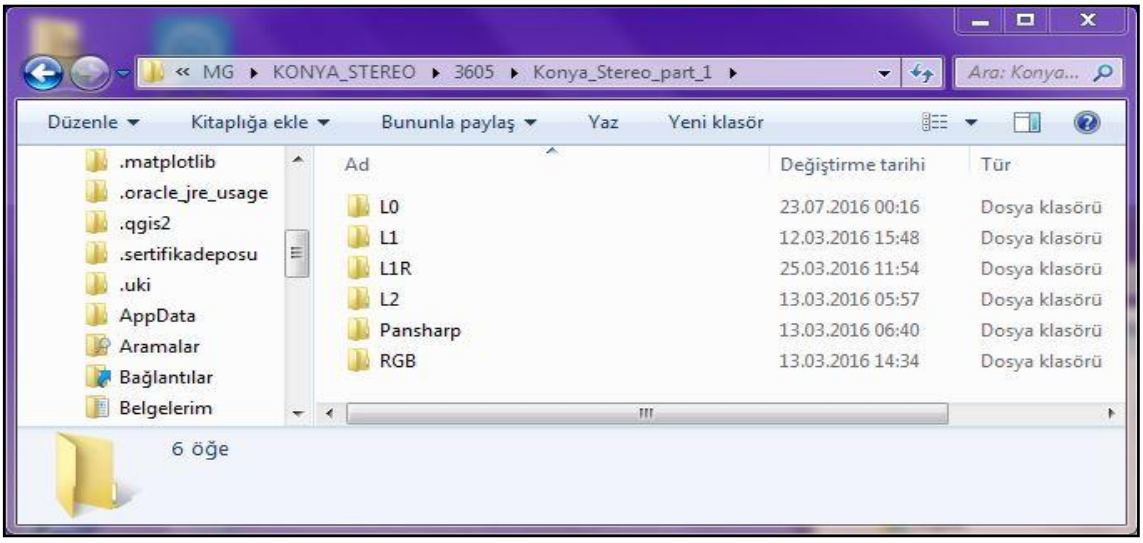
GÖKTÜRK-2 uydu sisteminde her biri 2 GB kapasiteli üç adet veri depolama birimi mevcuttur. Bunlardan Bilge OBC ana uçuş bilgisayarı olarak, Bilge Router-0 ve Router-1 ise yedek uçuş bilgisayarı olarak kullanılmaktadır.

Bununla birlikte, GÖKTÜRK-2 uydusunda toplam iki set doğrusal CCD (charge-coupled device) algılayıcı kullanılmakta olup, görüntü (şerit) genişliği 20.4 km'dir. Tek bir parça görüntü 5 x 20 km boyutunda çekilmekte olup 20 x 20 km'lik (4 parça) ham bir kare görüntünün boyutu yaklaşık olarak 192 MB'tır. Kamera üzerinde PAN bandının R/G/B bantlarının her biri ile yaklaşık 0.1 mm'lik, NIR bandı ile de yaklaşık 15 mm'lik bir mesafe olması nedeniyle, bantlar konumsal bir fark ile görüntüleme yapmaktadırlar.

GÖKTÜRK-2 uydu sisteminde yer alan deneysel kamera (Kuzgun) ise 20 m mekânsal çözünürlüğe sahip olup, kısa dalga kızılötesi (SWIR) bantta çekim yapmaktadır. Kuzgun, yerel hafızasında Türkiye'nin en güneyinden en kuzeyine kadar devam eden uzunlukta 15 km genişliğe sahip bir şerit görüntüyü depolayabilmektedir (Atak ve ark., 2015)

## 4.2. Ürün Seviyeleri

Hava Radar Komutanlığından alınan stereo görüntüler belirli görüntü seviyelerine göre sınıflandırılarak kaydedilmiştir. Bu çerçevede her bir görüntü klasöründe 6 adet klasör onun içinde dört adet alt klasör içinde de 5er adet görüntü yer almaktadır (Şekil 4.1.).




**Şekil 4.1.** Hava Radar Komutanlığı'ndan alınan görüntü seviyeleri

Burada L0 pankromatik görüntü, L1 radyometrik düzeltme getirilmiş, L1R bant çakıştırması yapılmış, L2 geometrik düzeltme yapılmış, Pansharp siyah beyaz görüntü ile çakıştırılan renkli görüntü ile daha keskin detaylı renkli görüntüyü, RGB kırmızı yeşil mavi bantlarda kayıt yapılmış renkli görüntüyü ifade etmektedir(Çizelge 4.2).

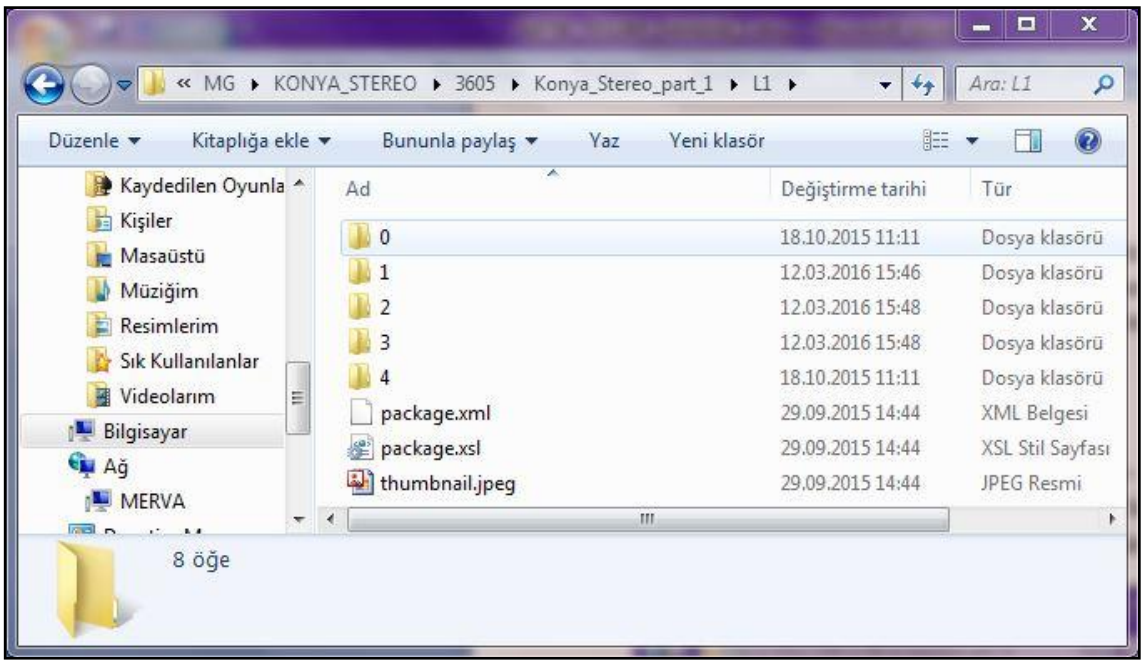
| Seviye | Açıklama |
|---|---|
| L0 | Ham Görüntü |
| L1 | Radyometrik Düzeltme Yapılmış Görüntü |
| L1R | Bant Çakıştırması yapılmış Görüntü |
| L2 | Geometrik Düzeltme Yapılmış Görüntü |
| L3 | Ortorektifiye Edilmiş Görüntü |
| RGB | Kırmızı Mavi Yeşil Renkli Görüntü |
| PanSharp | Siyah Beyaz Görüntü ile Keskinleştirilmiş Renkli Görüntü |

**Çizelge 4.2.** Görüntü seviyeleri

Pansharp ve RGB klasörleri içerisinde birer adet görüntü yer alırken diğer klasörlerde 0 ham hali, 1 kırmızı, 2 yeşil, 3 mavi, 4 infrared değerleri değiştirilerek kaydedilmiş görüntüler ile farklı amaçlı çalışmalar için uygun formatta veri desteği sağlanmıştır (Çizelge 4.3- Şekil 4.2).

| **KLASÖR ADI** | **İÇERİK** |
|---|---|
| 0 | Ham görüntü |
| 1 | Kırmızı değeri değiştirilmiş görüntü |
| 2 | Yeşil değeri değiştirilmiş görüntü |
| 3 | Mavi değeri değiştirilmiş görüntü |
| 4 | Infrared değeri değiştirilmiş görüntü |

**Çizelge 4.3.** Görüntü klasörleri

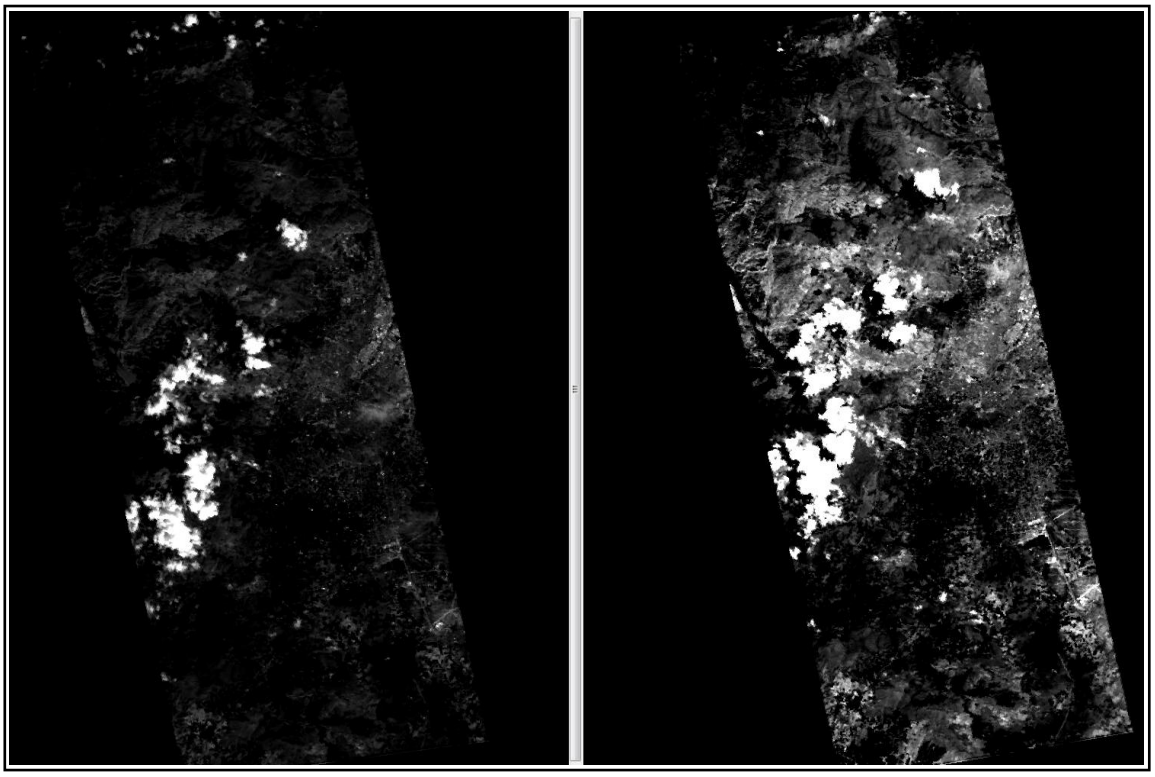



**Şekil 4.2.** Alt klasörlerdeki görüntü seviyeleri

# 5. UYGULAMA

## 5.1. Çalışma Bölgesi Tanıtımı

Konya ilinin Selçuklu, Meram, Karatay merkez ilçelerinin bir kısmı ile birlikte kuzeyde Sızma, batıda Tatköy ve Sulutaş; güneyde Sillesubaşı, Gödene ve Karadiğinderesi köyleri çalışma alanı içerisinde yer almaktadır. Çalışma bölgesi içerisinde dağlık alanlar, baraj, tarım arazileri, düzlükler ve yerleşim alanları yer almaktadır. Yaklaşık 20 x60 km boyutlarındaki görüntüde Google Earth verilerine göre yükseklik 1000 m ile 1920 m arasında değişmektedir (Şekil 5.1).



a b

**Şekil 5.1.** Çalışma sahası sol (a) ve sağ görüntü (b)

Göktürk 2 uydusu tarafından 13 Mayıs 2015 tarihinde 08:04:13.4160 da sol görüntü ve aynı tarih saat 08:06:08.4436 da sağ görüntü çekilmiştir. L0 seviyede ham veriler kullanılmıştır. Temin edilen görüntünün coğrafi koordinatları çizelge 5.1' de gösterilmiştir.

| | ENLEM | BOYLAM |
|---|---|---|
| SOL ÜST KÖŞE | 38º 07’45.97’’ | 32º 12’08.68’’ |
| SAĞ ALT KÖŞE | 37º 37’23.93’’ | 32º 36’47.55’’ |

**Çizelge 5.1.** Çalışma bölgesinin köşe koordinatları

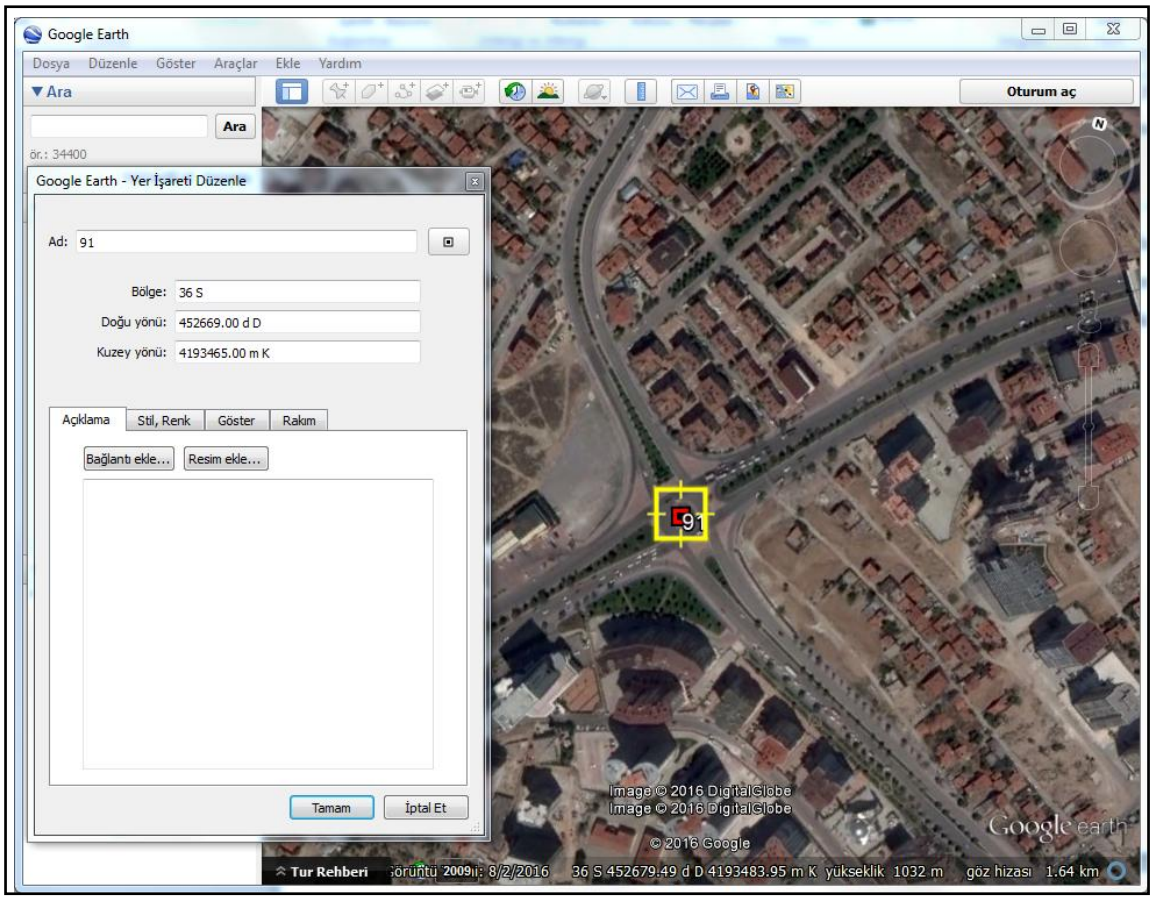
Görüntülerle beraber RPC (Rational Polynomial Coefficients) dosyası verilmediği için kamera modelini yazılıma tanıtma işlemi manuel olarak var olan bilgilerle yapılmıştır.

## 5.2. Yer Kontrol Noktalarının Belirlenmesi

Uydu görüntülerinin geometrik olarak düzeltilmesinde YKN’ler büyük öneme sahiptir. YKN’lerin seçimi, dağılımı, sayısı, doğruluğu geometrik düzeltmenin doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. YKN’leri uydu görüntüsü üzerinde ve yeryüzünde aynı noktalardır. Uydu görüntüsünün yersel çözünürlüğüne bağlı olarak bu noktalar ya önceden tesis edilirler ya da görüntü üzerinden (yol kesişimi, parsel sınırı, keskin detaylar vb.) belirlenerek arazide karşılaştırma yapılır ve belirlenen noktalar ölçülür.

Çalışmada öncelikli olarak görüntü üzerinde seçilebilen keskin detaylardan YKN’leri belirlenmiştir. Çalışma sırasında sol ve sağ görüntüdeki konrast farklılığından dolayı sol görüntüde belirlenen bir YKN sağ görüntüde ayırt edilemeyebilmektedir. Bu sebeple her iki görüntüde de ayırt edilebilen YKN’ler belirlenmiştir. Bu şekilde 91 tane YKN belirlenmiştir.

Yerleşik alanlarda YKN belirlemek kolay iken özellikle dağlık bölgelerde yeteri sıklıkta YKN tespit edilememiştir. Belirlenmiş olan 91 tane YKN’nin 61 tanesinin koordinatları (XYH) Google Earth üzerinden okunmuştur (Şekil 5.2.). Okunan noktaların konum doğruluğunu belirlemek için daha önceden tesis edilmiş olan noktaların koordinatları Google Earth üzerinde tekrar okunmuş ve bilinen noktalarla karşılaştırılmıştır. Google Earth’den nokta okuma hassasiyeti 40 cm ile 2 m arasında değişiklik göstermektedir.




**Şekil 5.2.** Google Earth'den koordinat okunması

YKN'lerin hassasiyetini arttırmak için 30 tane YKN 30 cm çözünürlüklü hava fotoğraflarından okunmuştur.

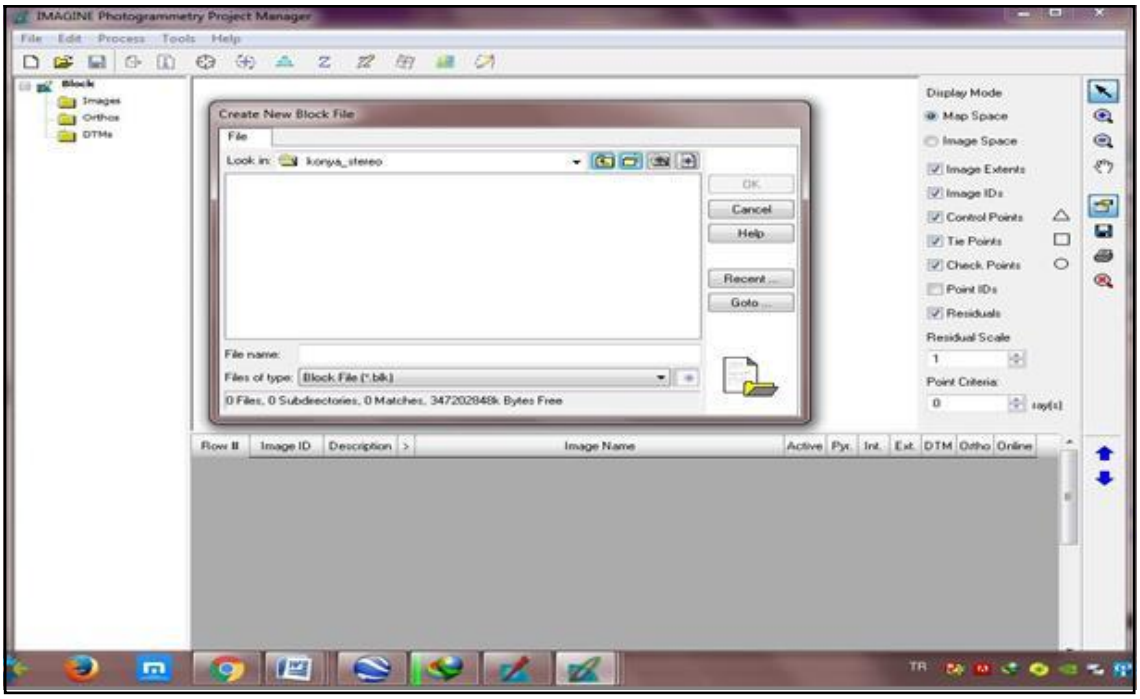
20x60 km'lik tüm görüntü içerisinde yaklaşık olarak %5lik kısma karşılık gelen 61 km²'lik alan bulutlarla kaplı olduğu için bu bölgelerden YKN toplanamamıştır.

## 5.3. Görüntünün Değerlendirilmesi

Görüntünün değerlendirilmesinde Erdas LPS (Leica Photomodeller Suit) modülü kullanılmıştır. Değerlendirmede aşağıdaki işlem sırası kullanılmıştır.

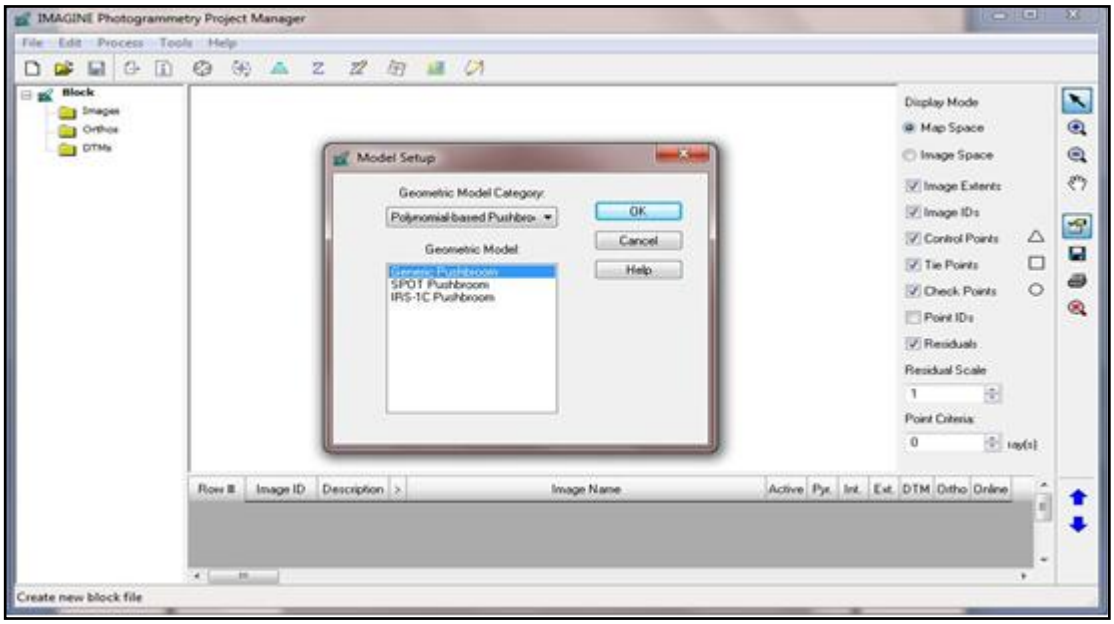
### 5.3.1. Blok Oluşturma

Erdas Imagıne yazılımında LPS modülü üzerine çift tıklanarak açılır. Oluşturulacak olan blok ismi ve dosya konumu tanımlanır (Şekil 5.3).

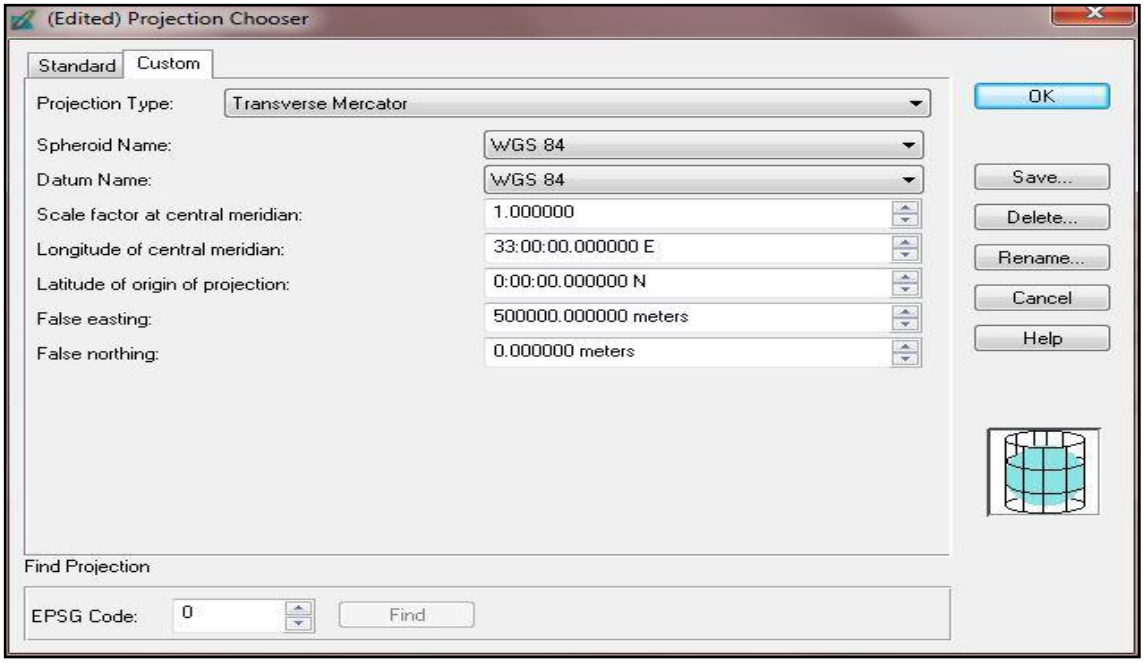



**Şekil 5.3.** Blok oluşturma ve isimlendirme

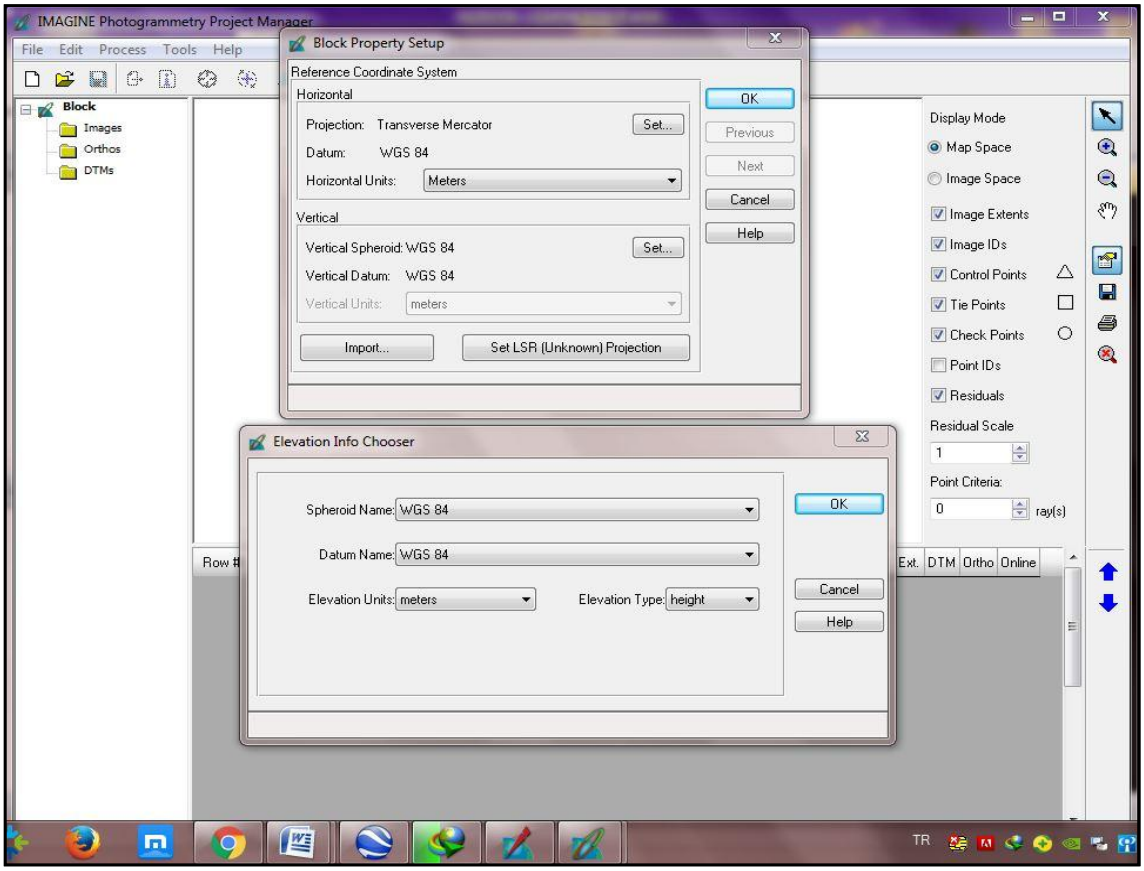
Blok tanımlama işleminin ardından Göktürk2 uydusu için parametreler yazılımda tanımlı olmadığı için parametre verileri yazılıma tanıtılır. Bu işlem onaylandıktan sonra parametreleri tanımlama işlemine projeksiyon bilgileri tanıtılarak devam edilir (Şekil 5.4- Şekil 5.5- Şekil 5.6).




**Şekil 5.4.** Model tanımlama işlemi

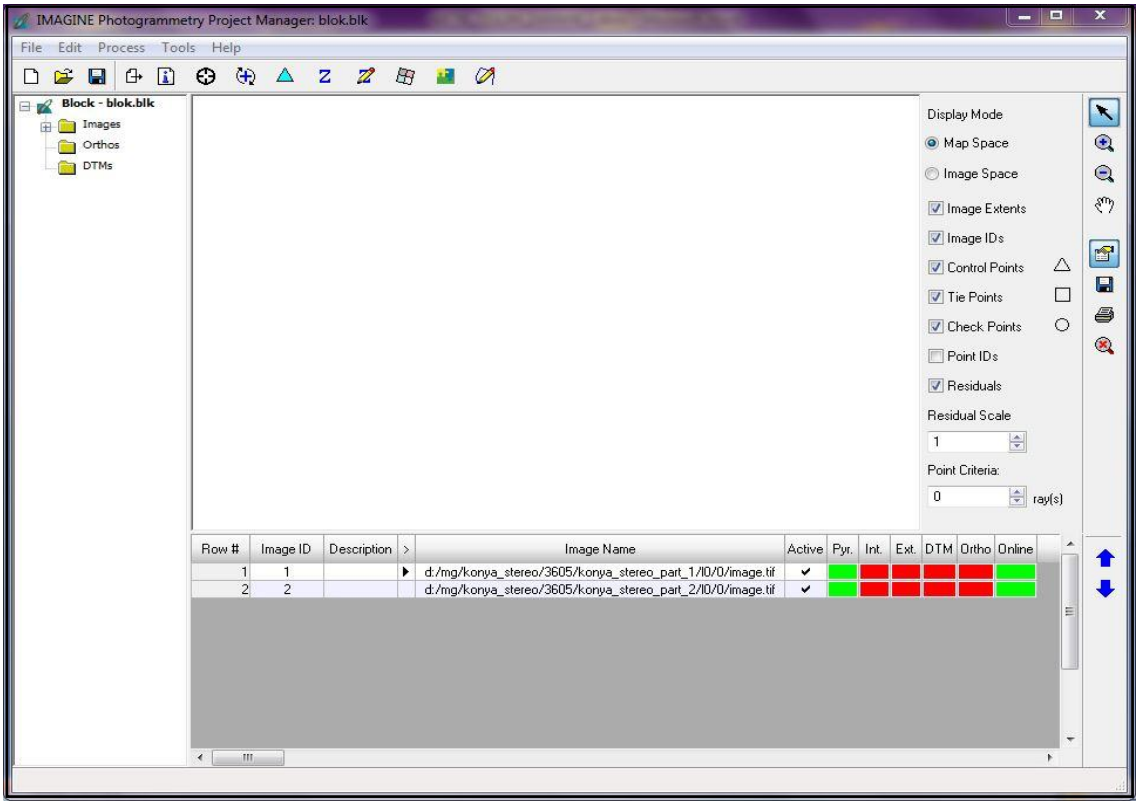



**Şekil 5.5.** Projeksiyon tanımlama



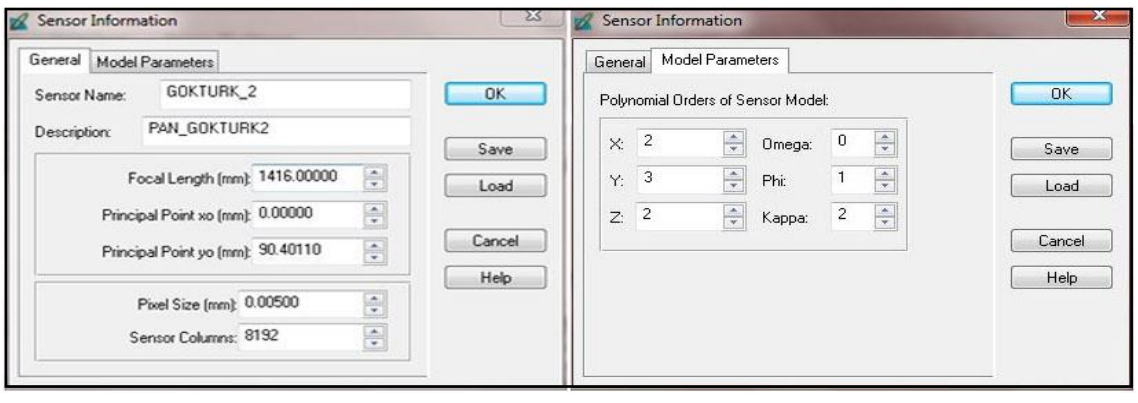

**Şekil 5.6.** Yatay ve düşey yönde projeksiyon tanımı yapılır

Image klasör görünümüne sağ tık yapılarak “Add” seçilir ve görüntü grubu blok dosya içerisine eklenmiş olur. Aynı işlem ikinci görüntü için de tekrar edilir. Eklenen ve sistemin kabul ettiği görüntüler yeşile dönüşür (Şekil 5.7.).




**Şekil 5.7.** Sol ve sağ görüntünün blok içerisine eklenmesi

Int ifadeli kırmızı bölgeye sol tık yaptığımız zaman çıkan pencere sensör bilgileri ve model parametrelerinin tanımlanması için boşluklardan oluşacaktır ve bu boşluk sensör bilgileriyle doldurulur (Şekil 5.8).

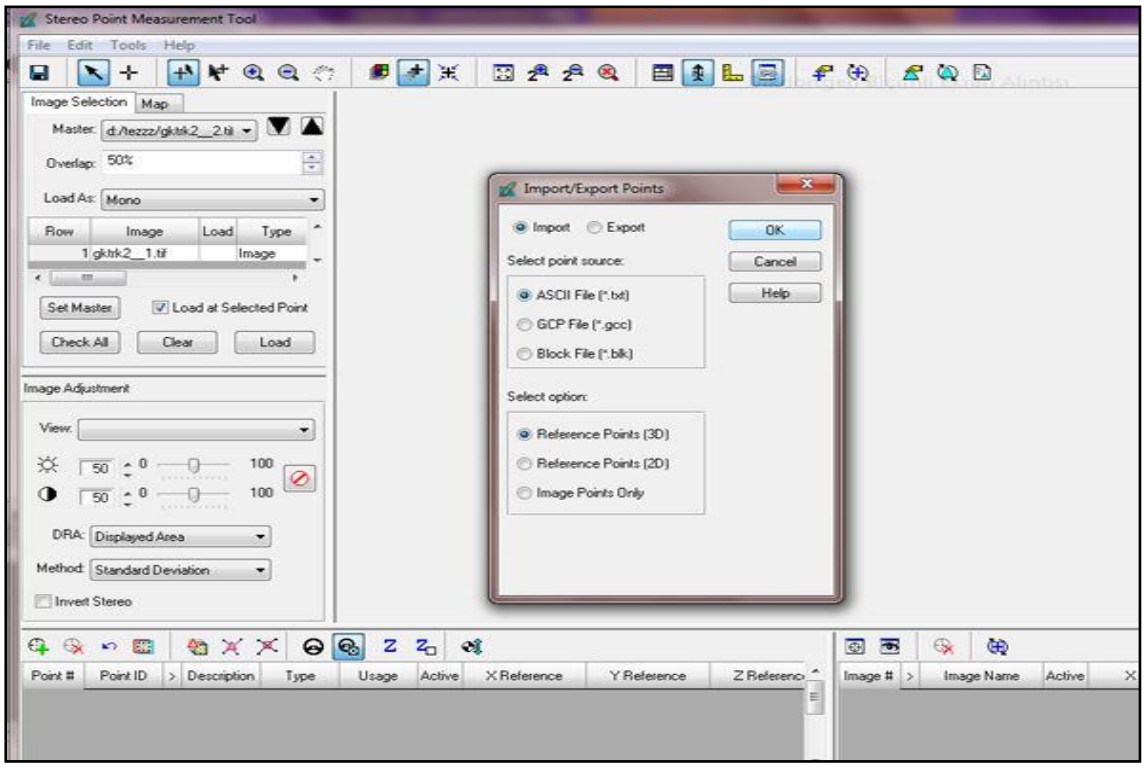



**Şekil 5.8.** Göktürk-2 sensör parametreleri

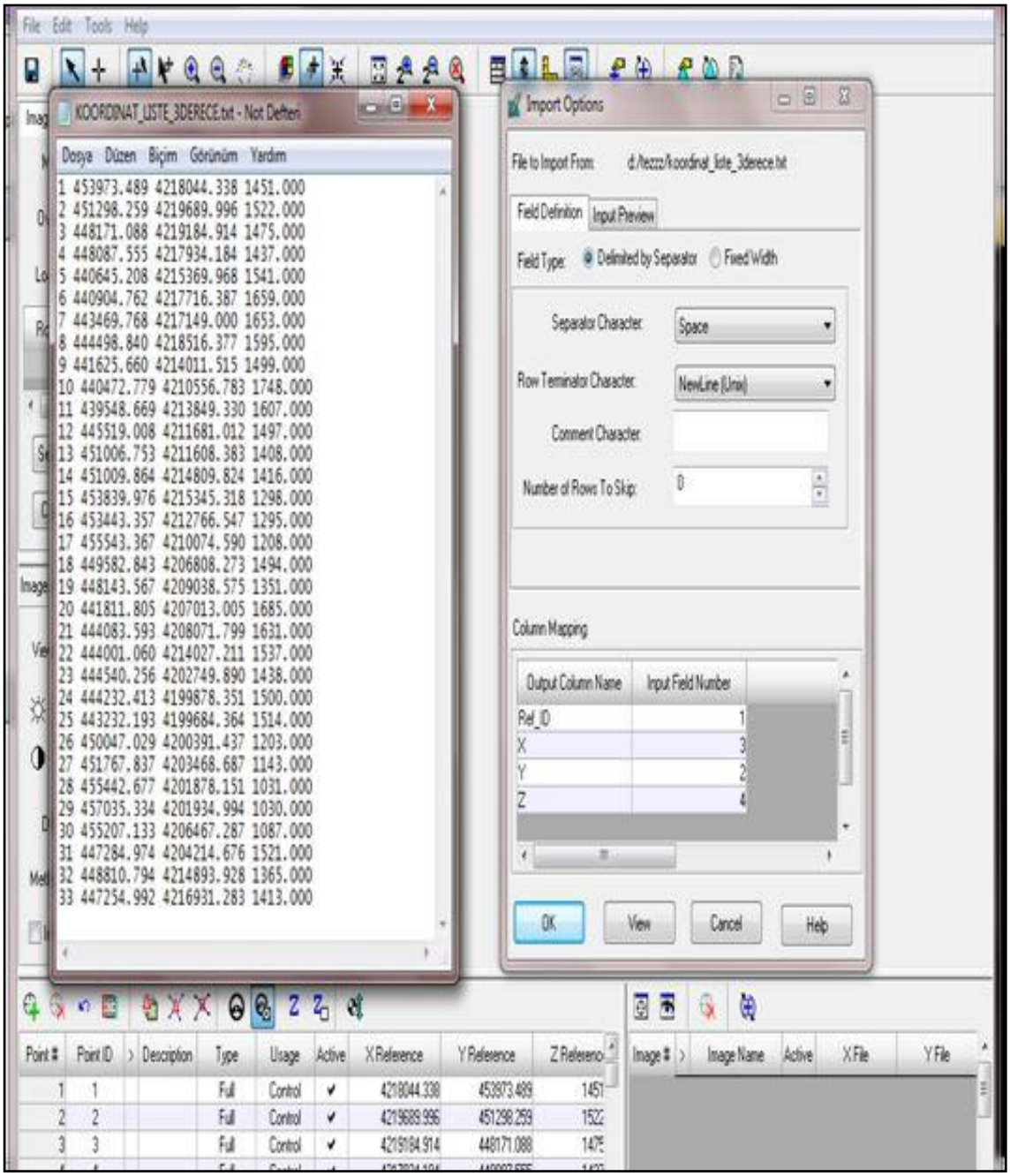
Sensör parametreleri tanıtılıp OK'a basılınca Int ifadesi yeşil olur.

### 5.3.2. Kontrol Noktası Toplama

Google Earth ve hava fotoğraflarından okunan nokta koordinatları ve yükseklik verileri YXH şeklinde ".txt" formatında kaydedildikten sonra "Point Measurent Tool" menüsünden blok içerisine alınır (Şekil 5.9. - Şekil 5.10.).




**Şekil 5.9.** Nokta aktarımında nokta formatının tanımlanması




**Şekil 5.10.** ASCII formatında YKN lerin YXH şeklinde import edilmesi

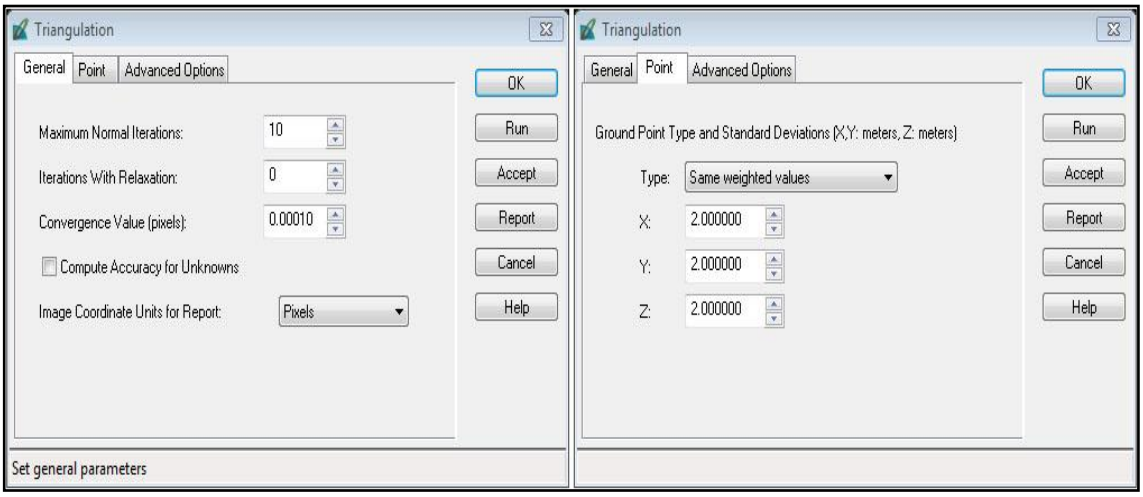
Google Earth ve 30cm hassasiyetindeki hava fotoğraflarından okunan üç boyutlu noktalar sol ve sağ görüntü üzerinde eşlenik olarak hassasiyetle işaretlenir (Şekil 5.11.).



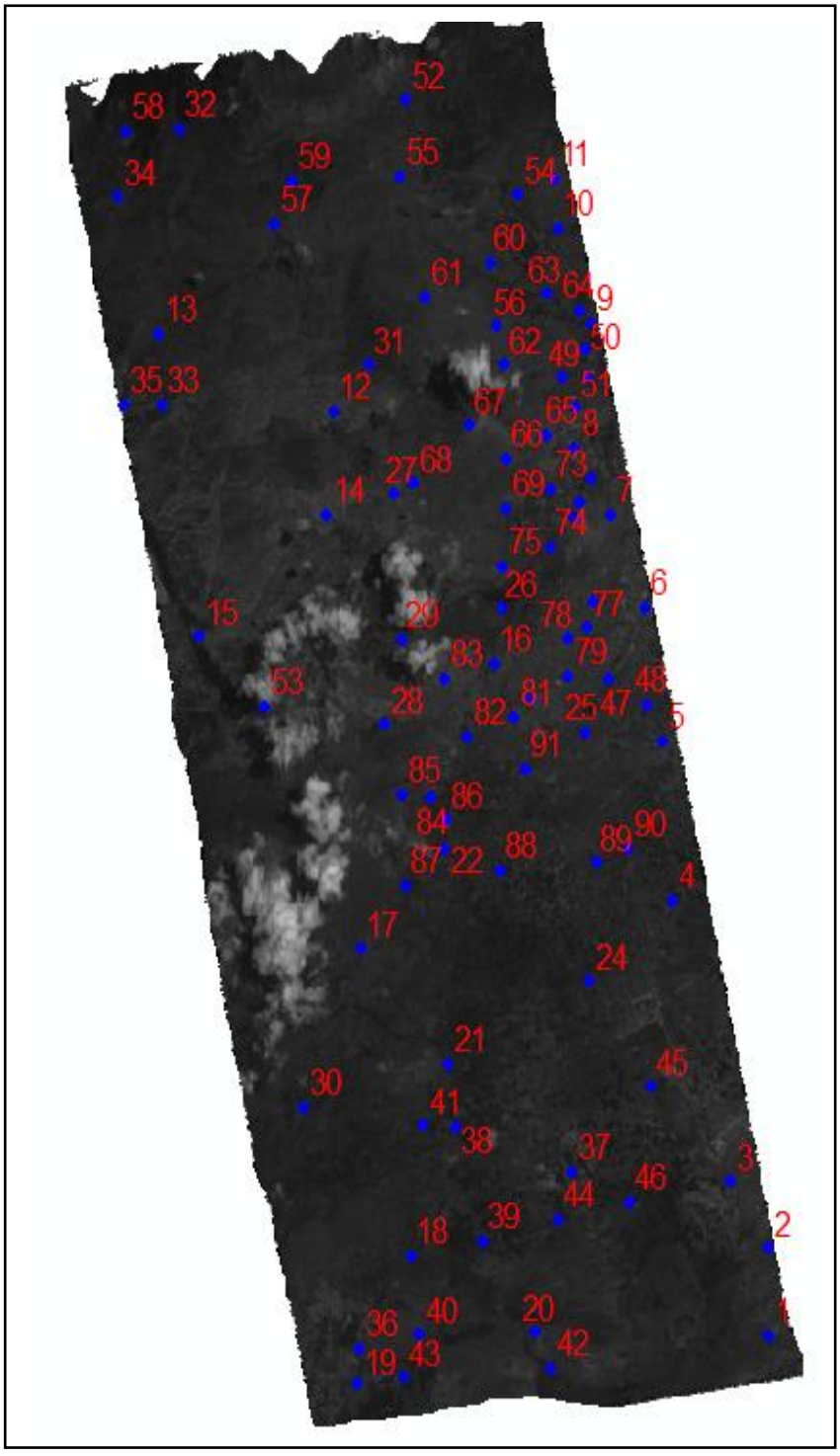
**Şekil 5.11.** Yer kontrol noktalarının eşlenik olarak işaretlenmesi

### 5.3.3. Dengeleme

Noktaların konumları her bir görüntü üzerinde eşlenik olarak işaretlendikten sonra dengeleme işlemi yapılacaktır. Dengeleme parametreleri tanıtılınca EXT yeşil olur. Dengeleme sonuçlarının doğru çıkması için parametrelerin uygun tanımlanması ve dağılımın uygun olması gereklidir(Şekil 5.12- Şekil 5.13).

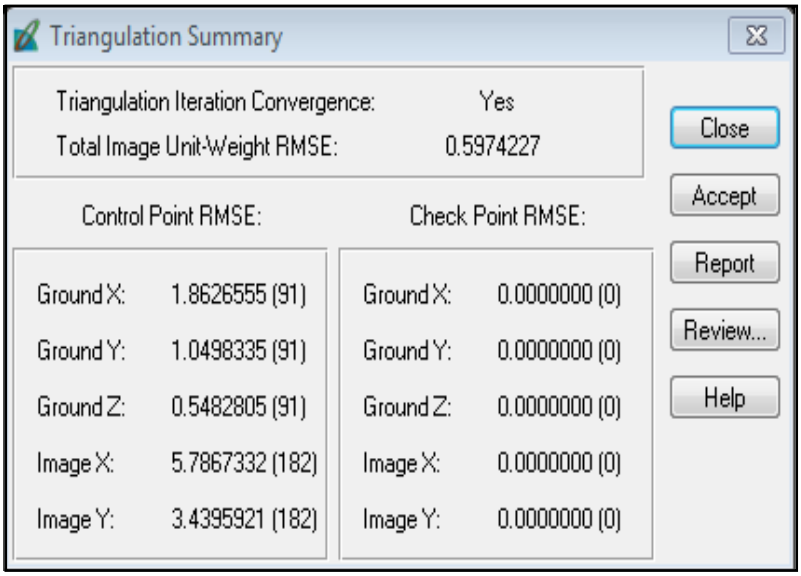



**Şekil 5.12.** Dengeleme parametrelerinin tanımlanması




**Şekil 5.13.** 91 Tane noktanın görüntü üzerinde konumları, sayı ve dağılımları.

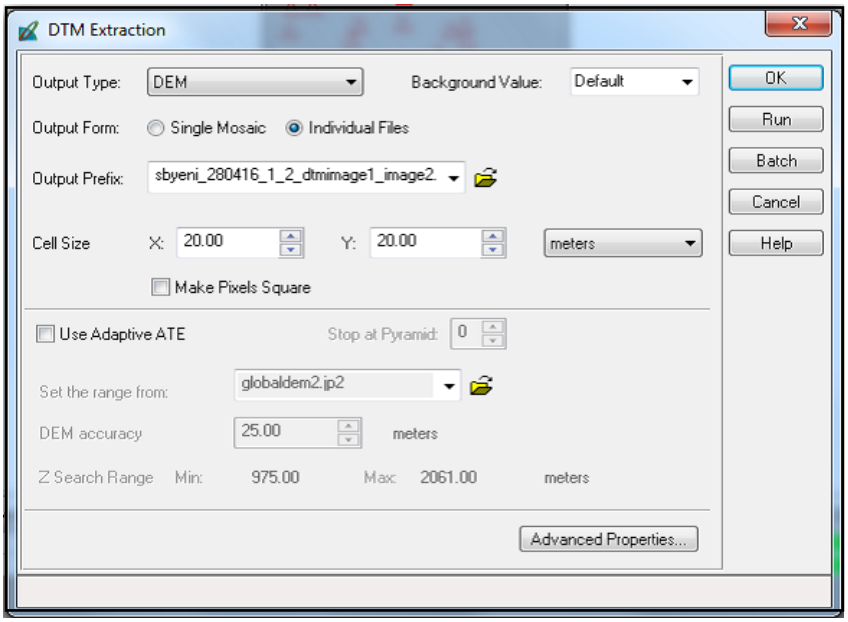
Dengeleme işlemi bitirildikten sonra kabul butonuna basılarak SYM ve ortofoto üretimine geçilir. Dengeme tüm noktaların kontrol noktası olması durumunda aşağıdaki gibi sonuçlanmıştır (Şekil 5.14).



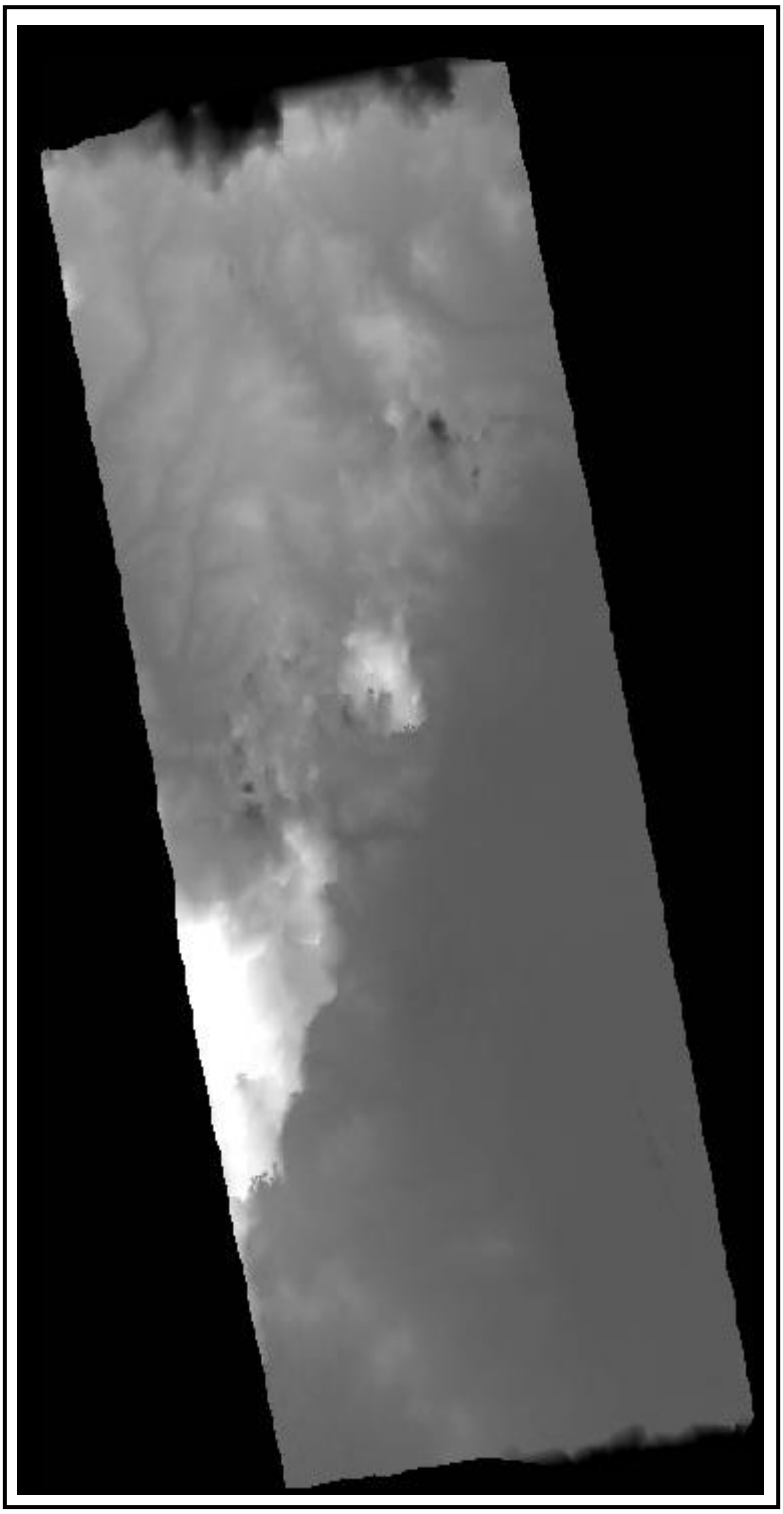

**Şekil 5.14.** Dengeleme özeti

### 5.3.4. Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi

Temin edilen görüntü stereo olduğu için SYM'yi otomatik olarak üretme imkanı vardır (Şekil 5.15- Şekil 5.16).



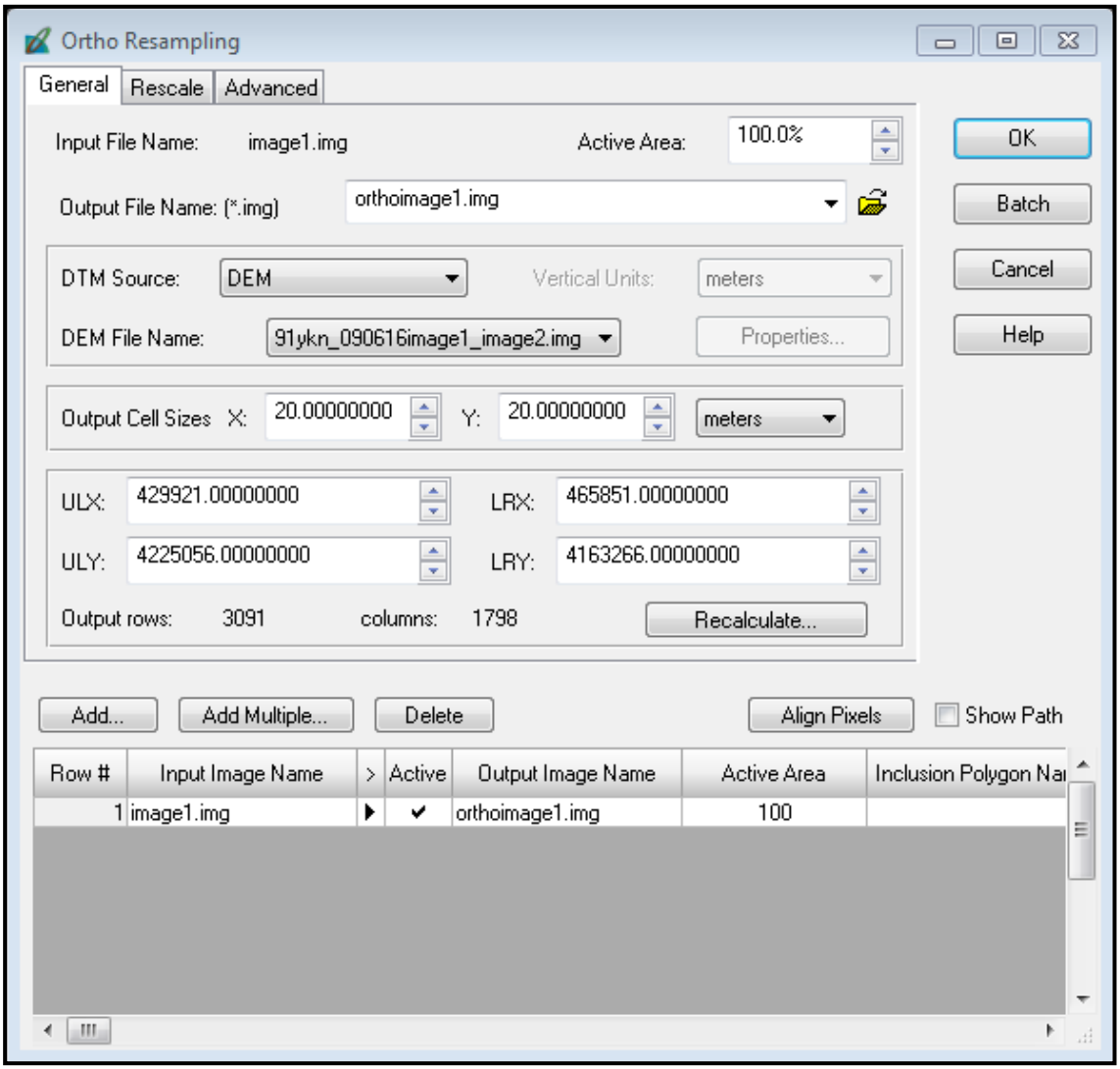

**Şekil 5.15.** Sayısal yükseklik modeli üretimi



**Şekil 5.16.** Sayısal yükseklik modeli

### 5.3.5. Ortofoto Üretimi

SYM oluşturduktan sonra, referans DEM olarak kullanılır ve ortofoto üretilir (Şekil 5.17).




**Şekil 5.17.** Elde edilen SYM ile Ortofoto üretimi

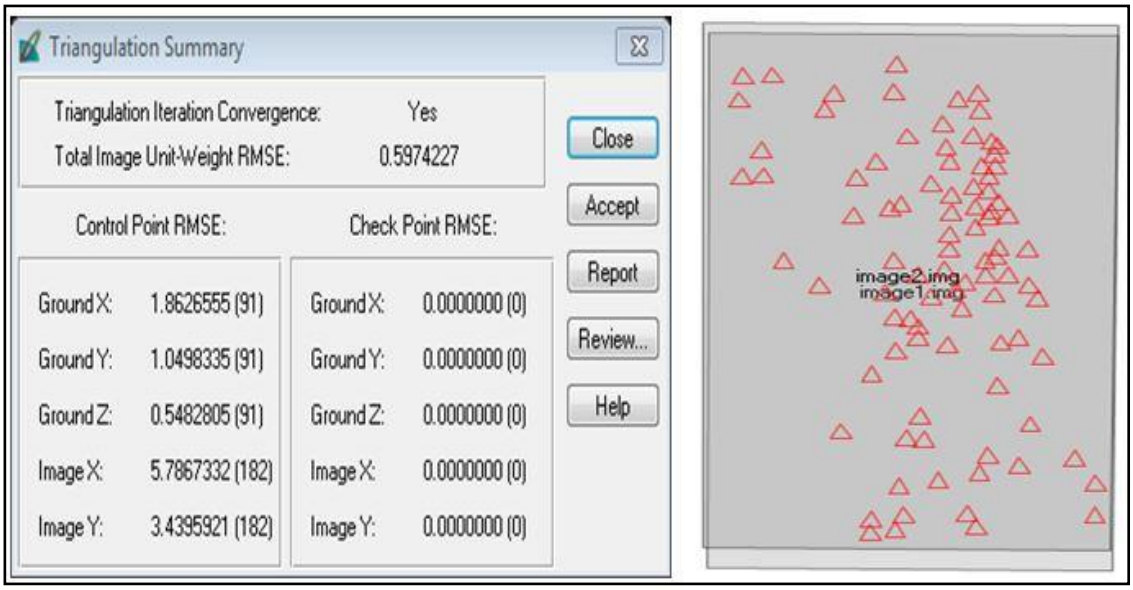
Ortofoto elde edilmiş bir sonuç üründür. Bir görüntünün haritaya dönüşmüş hali olan bu sonuç üründe görüntü üzerindeki her bir noktanın (XY) koordinatı vardır (Şekil 5.18)



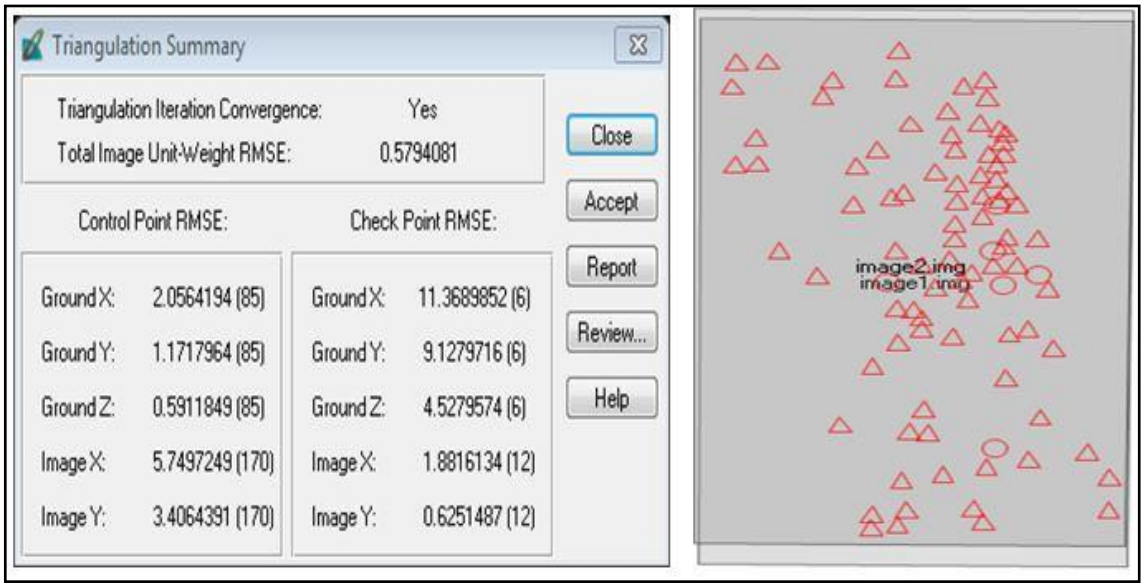
**Şekil 5.18.** Üretilen Ortofoto

## 5.4. Farklı Sayıda Yer Kontrol Noktası İle Doğruluk Analizi

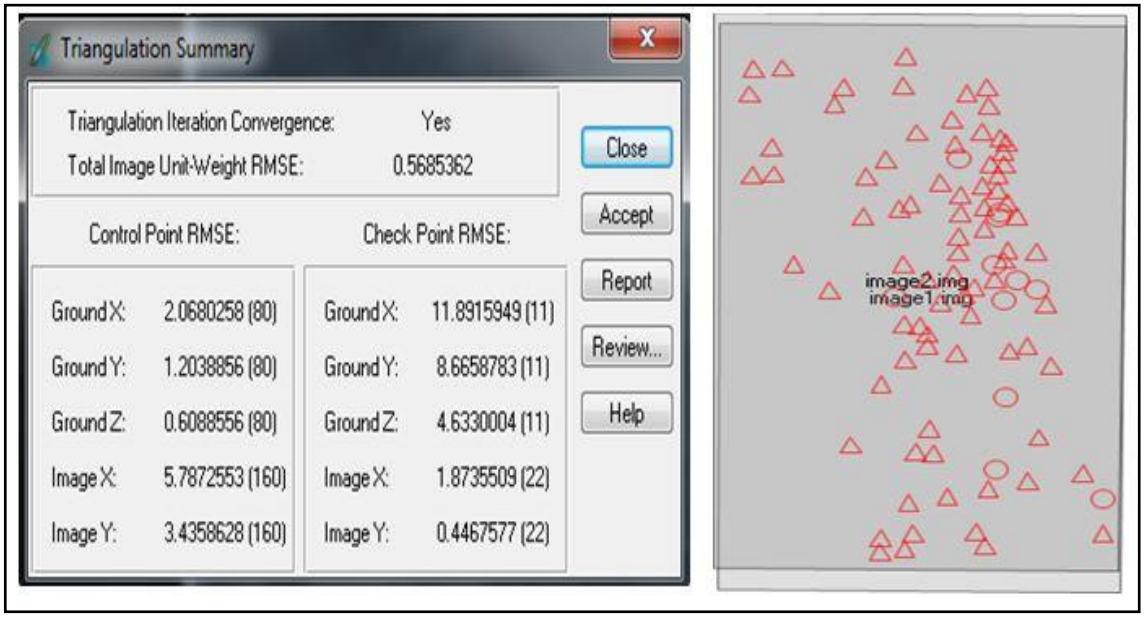
Öncelikle 91 adet nokta kontrol noktası alınarak dengeleme yapılmıştır. Daha sonra 85, 80, 70, 60, 50, 40, 35, 30 ve 25 adet kontrol noktası; diğerleri denetleme noktası alınarak dengeleme yapılmıştır (Şekil 5.19 Şekil 5.20 Şekil 5.21 Şekil 5.22 Şekil 5.23 Şekil 5.24 Şekil 5.25 Şekil 5.26 Şekil 5.27 Şekil 5.28).



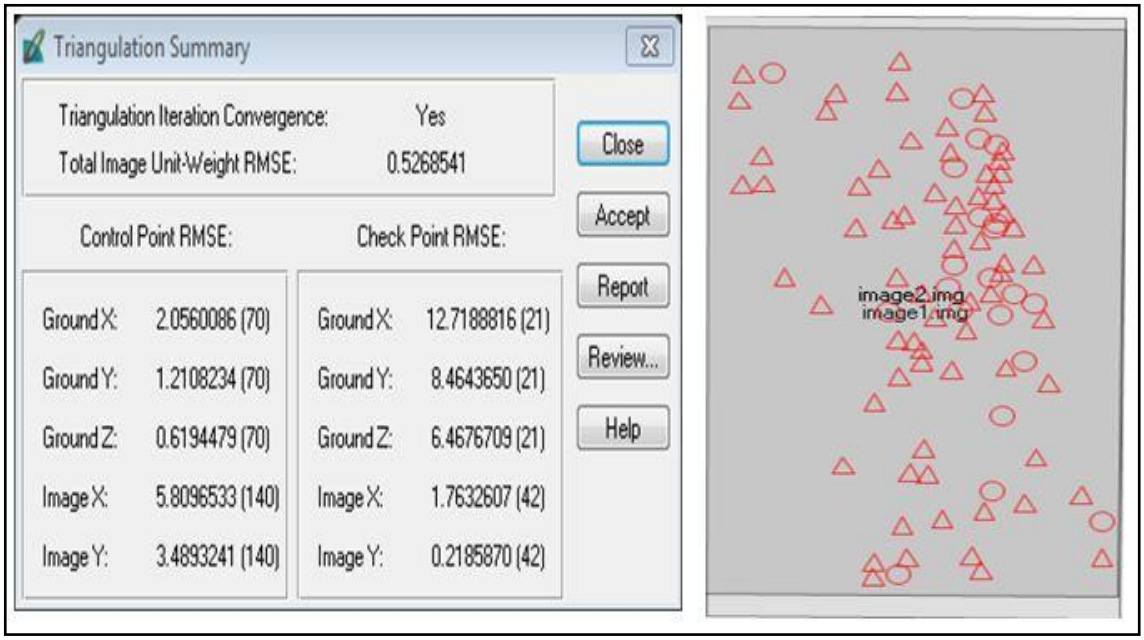

**Şekil 5.19.** 91 adet yer kontrol nokta dağılımları



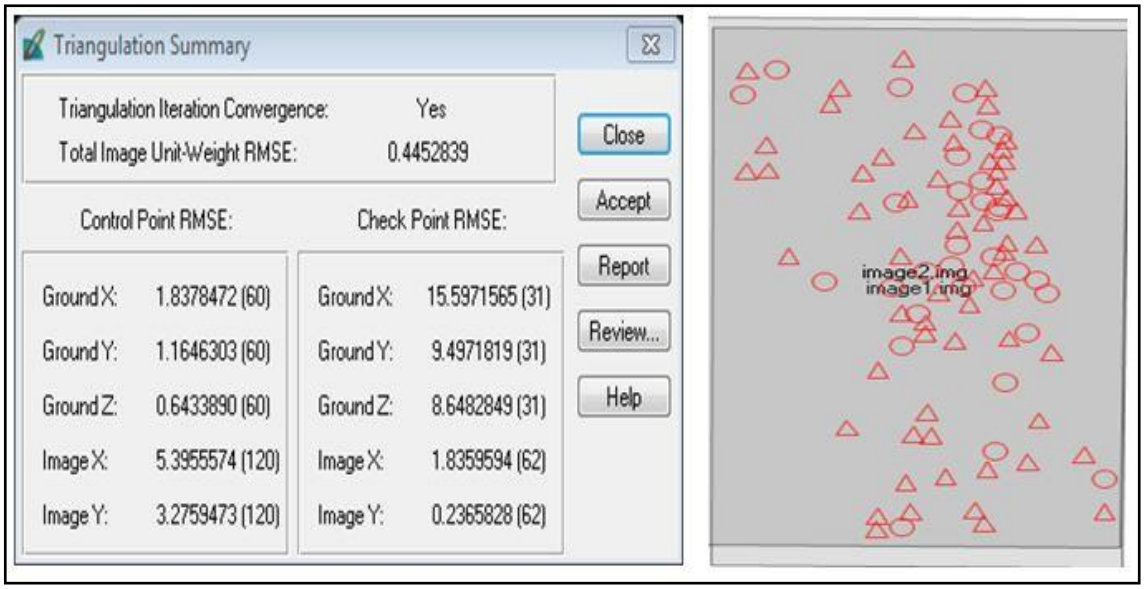

**Şekil 5.20.** 85 adet KN 6 DN ve nokta dağılımları



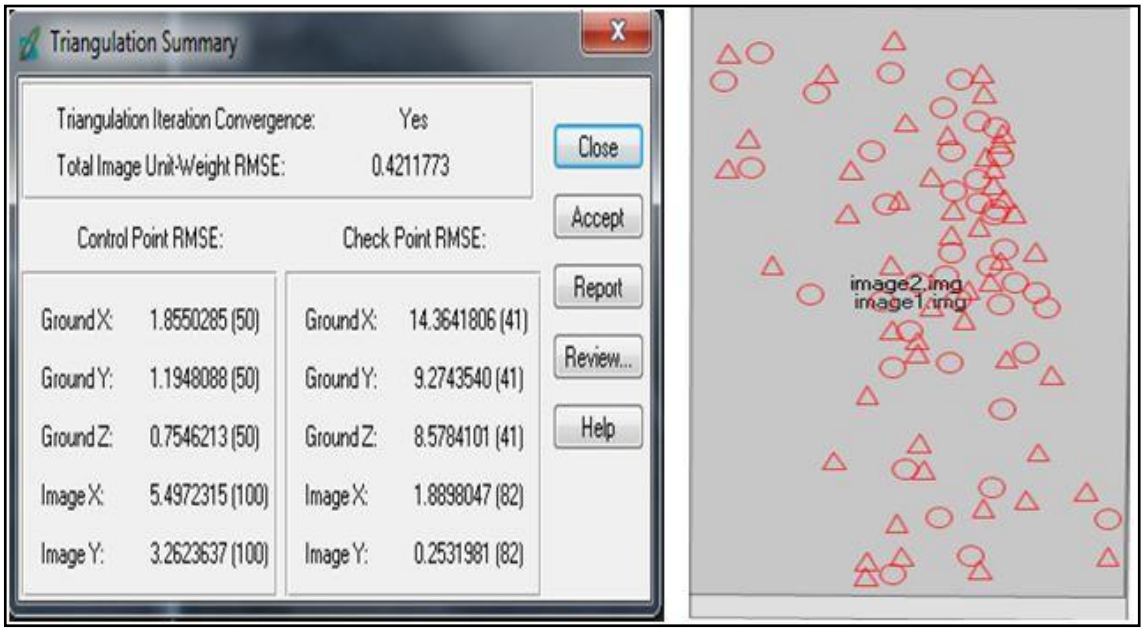

**Şekil 5.21.** 80 adet KN 11 DN ve nokta dağılımları



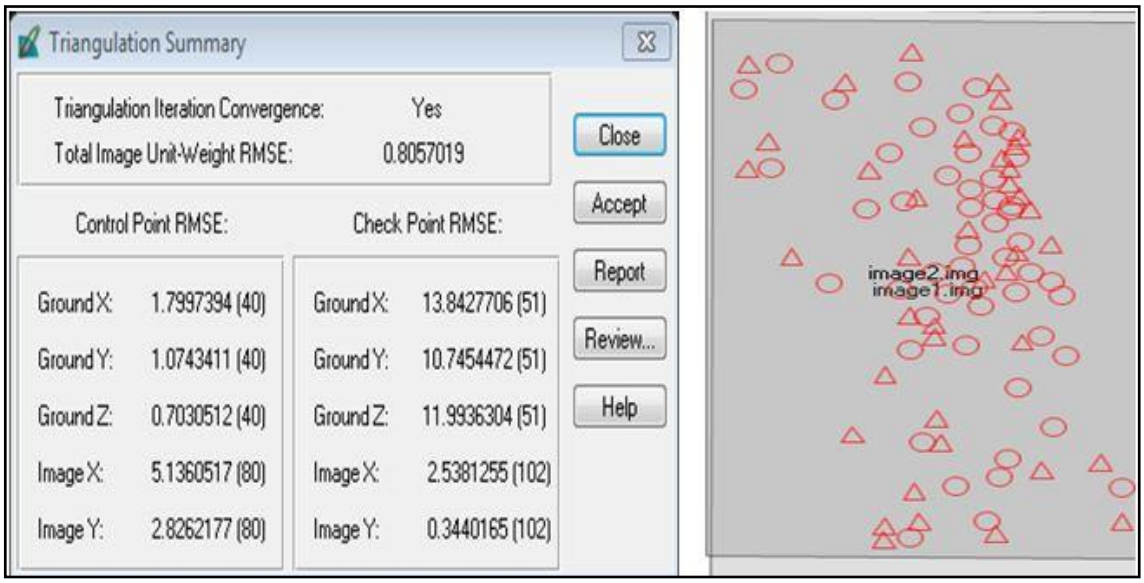

**Şekil 5.22.** 70 adet KN 21 DN ve nokta dağılımları



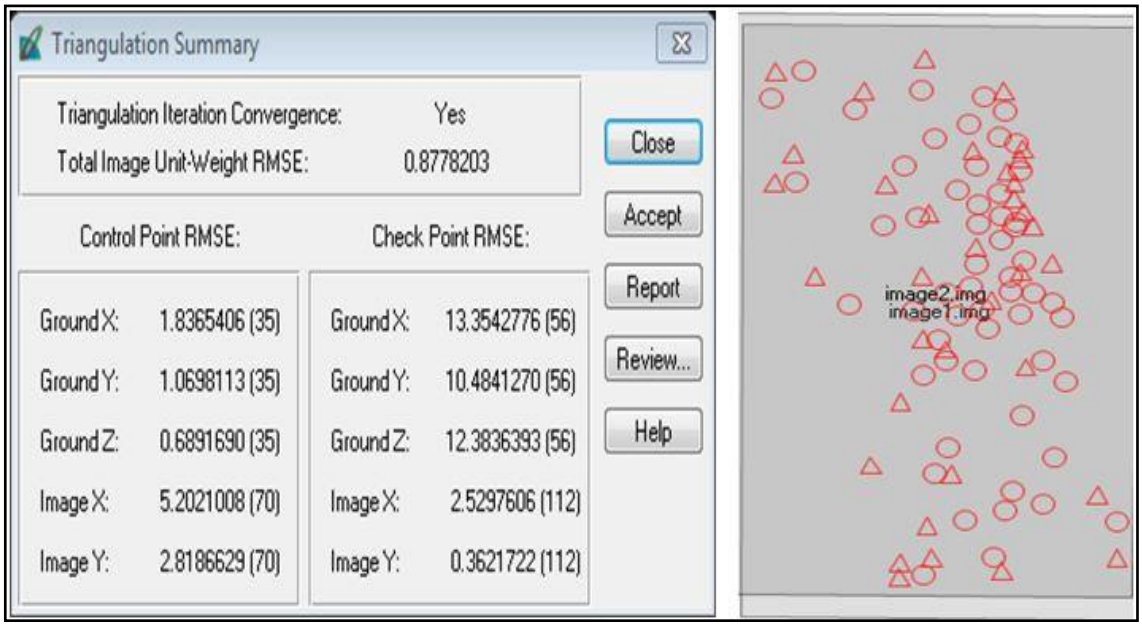

**Şekil 5.23.** 60 adet KN 31 DN ve nokta dağılımları



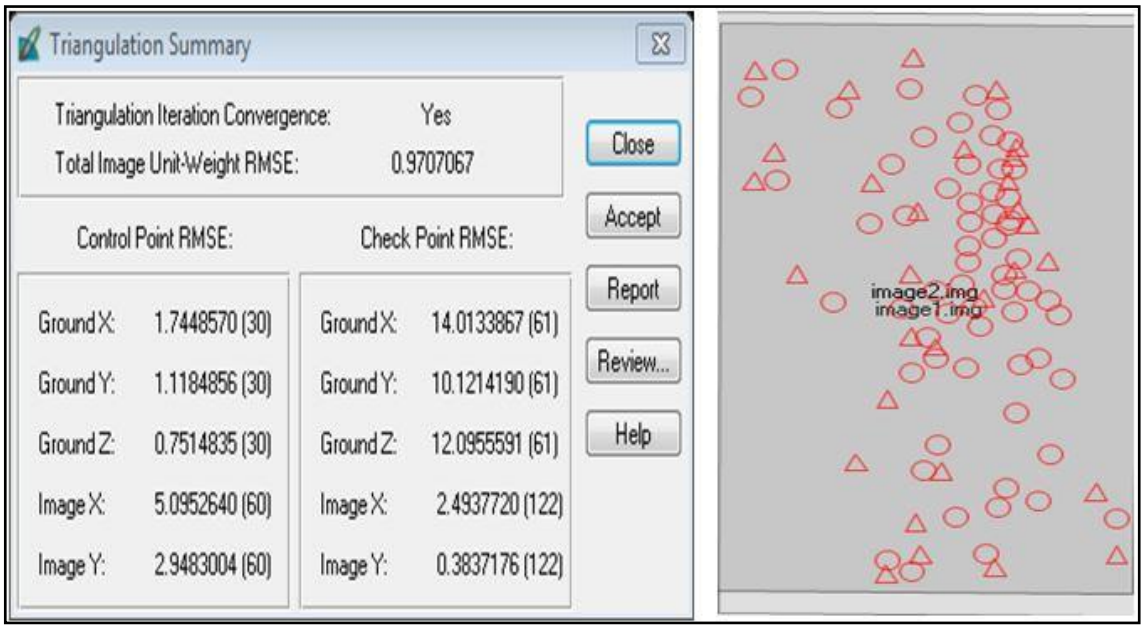

**Şekil 5.24.** 50 adet KN 41 DN ve nokta dağılımları



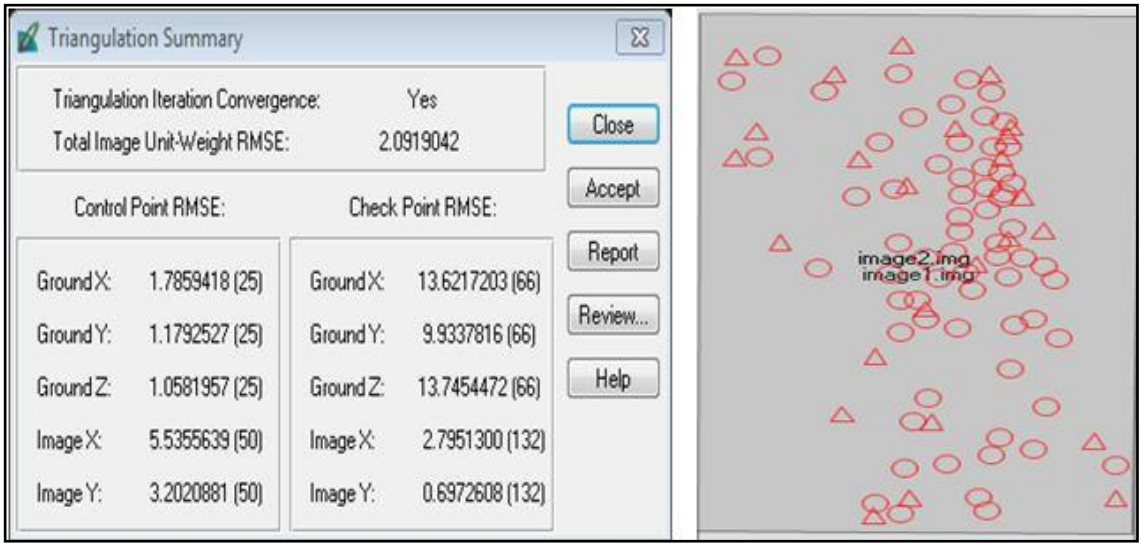

**Şekil 5.25.** 40 adet KN 51 DN ve nokta dağılımları




**Şekil 5.26.** 35 adet KN 56 DN ve nokta dağılımları




**Şekil 5.27.** 30 adet KN 61 DN ve nokta dağılımları




**Şekil 5.28.** 25 adet KN 66 DN ve nokta dağılımları

Elde edilen doğruluk sonuçlarında KN ve DN sayısının farklı olmasının etkileri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (Çizelge 5.2.).

| Nokta Sayısı | | Dengeleme Sonucu piksel | Kontrol Noktası Karesel Ortalama Hatalar (m) | | | Denetleme Noktası Karesel Ortalama Hatalar (m) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kontrol Noktası | Denetleme Noktası | | $m_x$ | $m_y$ | $m_z$ | $m_x$ | $m_y$ | $m_z$ |
| 91 | 0 | 0.597 | 1.86 | 1.05 | 0.55 | 0 | 0 | 0 |
| 85 | 6 | 0.579 | 2.06 | 1.17 | 0.59 | 11.37 | 9.13 | 4.53 |
| 80 | 11 | 0.569 | 2.07 | 1.20 | 0.61 | 11.89 | 8.67 | 4.63 |
| 70 | 21 | 0.527 | 2.06 | 1.21 | 0.62 | 12.72 | 8.46 | 6.47 |
| 60 | 31 | 0.445 | 1.84 | 1.16 | 0.64 | 15.60 | 9.50 | 8.65 |
| 50 | 41 | 0.421 | 1.86 | 1.19 | 0.75 | 14.36 | 9.27 | 8.58 |
| 40 | 51 | 0.806 | 1.80 | 1.07 | 0.70 | 13.84 | 10.75 | 11.99 |
| 35 | 56 | 0.878 | 1.84 | 1.07 | 0.69 | 13.35 | 10.48 | 12.38 |
| 30 | 61 | 0.971 | 1.74 | 1.12 | 0.75 | 14.01 | 10.12 | 12.09 |
| 25 | 66 | 2.09 | 1.79 | 1.18 | 1.06 | 13.62 | 9.93 | 13.75 |

**Çizelge 5.2.** Kontrol ve denetleme nokta sayısındaki değişime bağlı yatay ve düşey yöndeki karesel ortalama hatalar

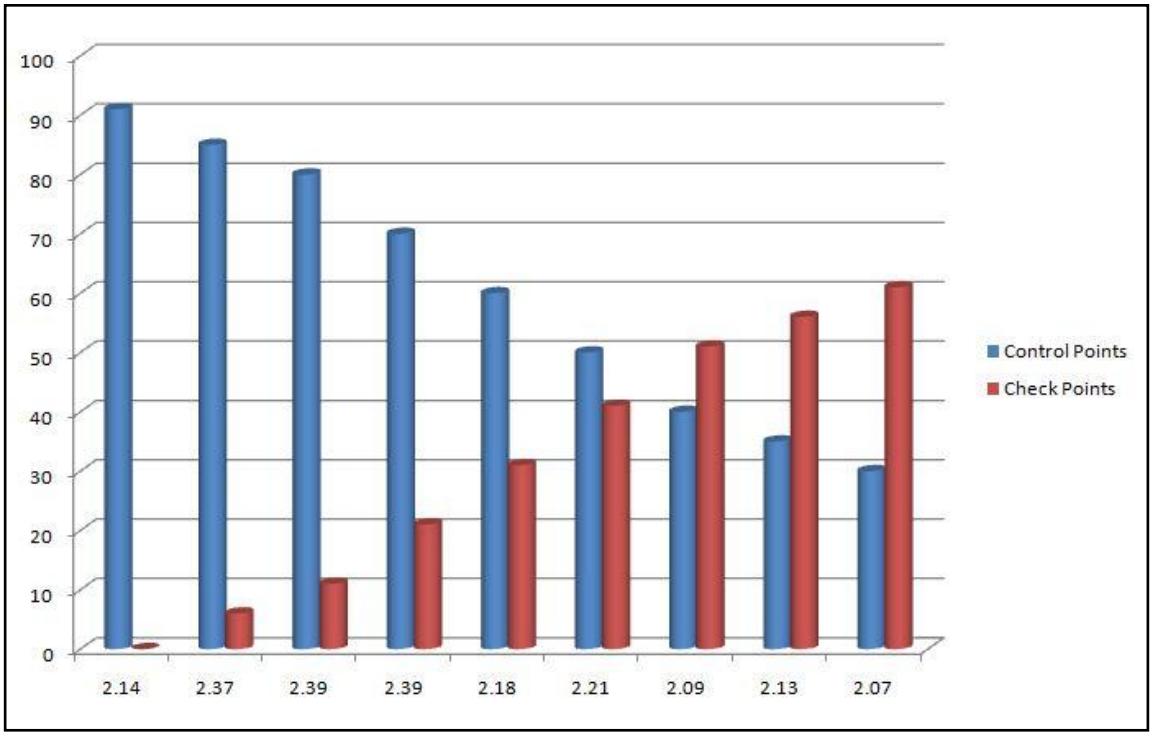
91 adet noktanın tamamının YKN olması durumunda 0.59 piksel, x yönünde 1.86m y yönünde 1.05m z yönünde 55cm ortalama hata değerleri elde edilmiştir. Sonraki adımlarda 85, 80, 70, 60, 50, 40, 35, 30 ve 25 er adet kontrol noktası ile işaretli 91 adet noktadan arta kalan noktalara denetleme noktası olarak dengeleme işlemi

uygulanmıştır. En fazla 2.09 piksel en az 0.42 piksel karesel ortalama hata çıkmıştır. Metrik olarak ifade edilecek olunursa kontrol noktalarındaki ortalama hatalar x yönünde en az 1.74 m en çok 2.07 m y yönünde en az 1.05 m en fazla 1.21m ve z yönünde en az 55cm en fazla 1.06mdir. Denetleme noktaları için ortalama hataların metrik olarak ifadeleri x yönünde en fazla 15.60 m en az 11.37; y yönünde en fazla 10.75 m en az 8.46 m; z yönünde en fazla 13.75 m en az 4.53m şeklindedir. 30'dan az KN kullanıldığında karesel ortalama hatanın ani bir hızla 2 pikselin üstüne çıktığı gözlemlenmiştir.

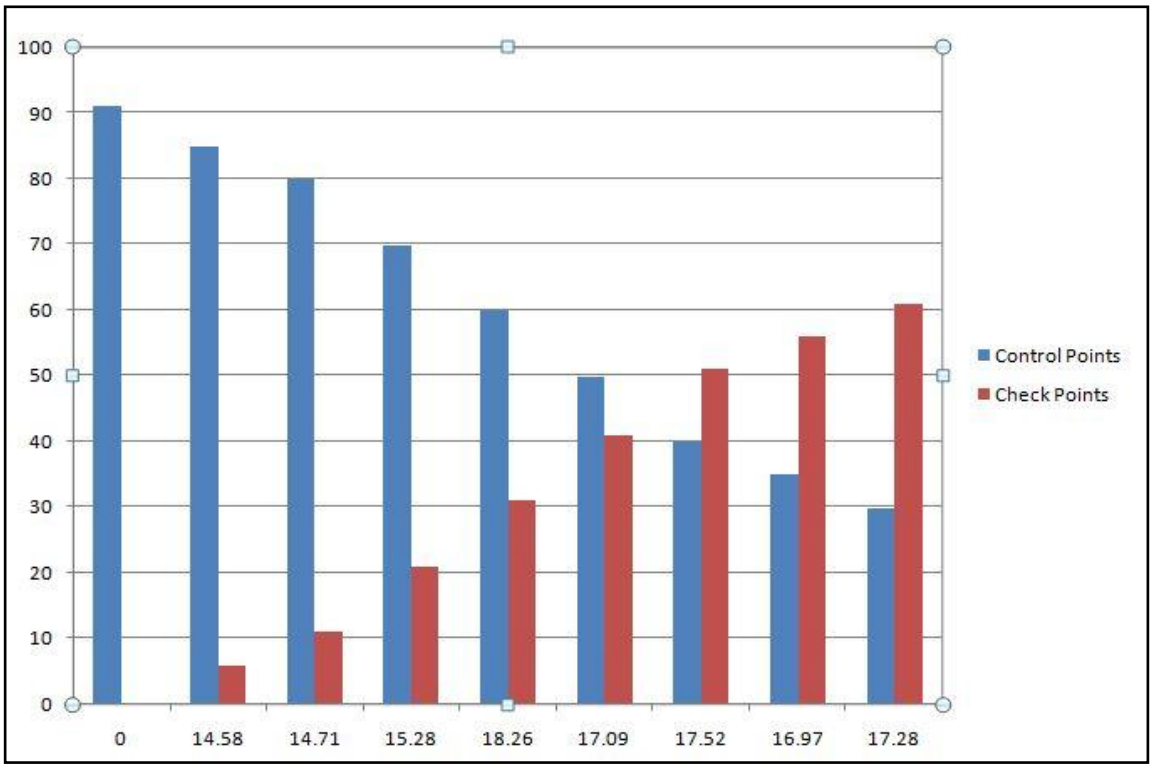
| Nokta Sayısı | | Kontrol Noktası RMS (m) | | | Denetleme Noktası RMS (m) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Control Points | Check Points | mx | My | Mxy | mx | my | mxy |
| 91 | 0 | 1.86 | 1.05 | 2.14 | 0 | 0 | 0 |
| 85 | 6 | 2.06 | 1.17 | 2.37 | 11.37 | 9.13 | 14.58 |
| 80 | 11 | 2.07 | 1.20 | 2.39 | 11.89 | 8.67 | 14.71 |
| 70 | 21 | 2.06 | 1.21 | 2.39 | 12.72 | 8.46 | 15.28 |
| 60 | 31 | 1.84 | 1.16 | 2.18 | 15.60 | 9.50 | 18.26 |
| 50 | 41 | 1.86 | 1.19 | 2.21 | 14.36 | 9.27 | 17.09 |
| 40 | 51 | 1.80 | 1.07 | 2.09 | 13.84 | 10.75 | 17.52 |
| 35 | 56 | 1.84 | 1.07 | 2.13 | 13.35 | 10.48 | 16.97 |
| 30 | 61 | 1.74 | 1.12 | 2.07 | 14.01 | 10.12 | 17.28 |

**Çizelge 5.3.** Kontrol ve denetleme nokta sayısındaki değişime bağlı yatay yöndeki karesel ortalama hatalar

91 adet noktanın tamamı YKN olarak kullanıldığında yatay düzlemdeki karesel ortalama hata değeri 2.14m iken 30 adet KN 61 adet DN ile dengeleme yapıldığında kontrol noktaları için 2.07 denetleme noktaları için 17.28m yatay ortalama hata elde edilmiştir. Yukarıdaki tablo incelendiğinde kontrol noktaları için yatay yöndeki ortalama konum hatası 2.07m ile 2.39m arasında değiştiği görülmektedir. Bu değişim denetleme noktaları için 14.58m ile 18.26m arasındadır (Çizelge 5.3- Şekil 5.29- Şekil 5.30).



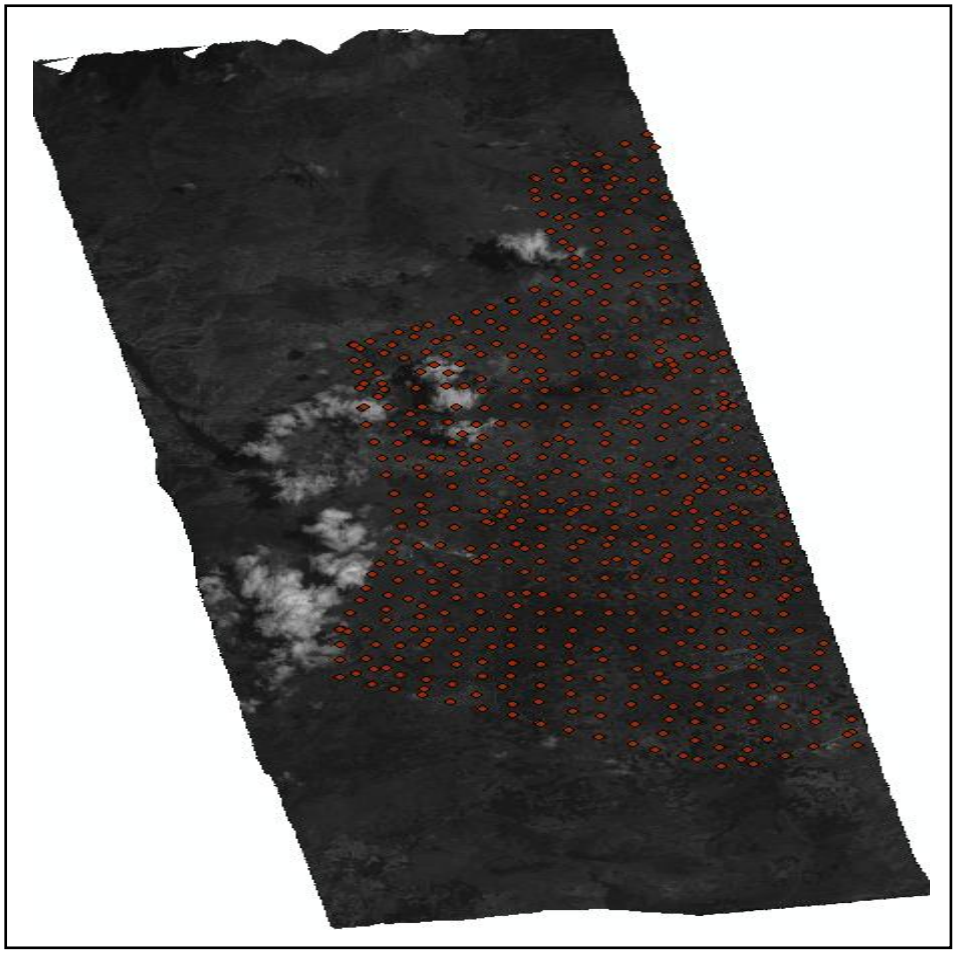

**Şekil 5. 29.** Kontrol-Denetleme noktası değişimine bağlı Kontrol noktası karesel ortalama değerleri




**Şekil 5. 30.** Kontrol-Denetleme noktası değişimine bağlı denetleme noktası karesel ortalama değerleri

## 5.5. Stereo Göktürk 2 Uydu Görüntüsünden Sayısal Yükseklik Modeli Doğruluk Analizi

Stereo Göktürk 2 görüntüleri kullanılarak sayısal yükseklik modeli üretilmiştir. Üretilen SYM doğruluğunu test etmek için daha önce yapılan hassas nivelman noktaları kullanılmıştır (Şekil 5.31). 491 ana nivelman noktasının tamamı kullanıldığında 9.69m ortalama yükseklik hatası elde edilmiştir. Sadece dağlık bölgedeki 34 adet nokta kullanıldığında 29.97m ortalama yükseklik hatası elde edilmiştir. Yerleşik ve kısmen dağlık olan bölgeleri kapsayan 457 adet nokta ile değerlendirildiğinde 6.12m ortalama yükseklik hatası elde edilmiştir. Buradan elde edilen sonuçlara bakıldığında dağlık alanlar dengelemeyi çalışma bölgesinin tamamındaki ortalama hatayı arttıracak seviyede bozmaktadır. Düz ve düze yakın alanlardaki ortalama hatalar uydudan beklenen yükseklik hatasından çok daha iyi durumdadır. Dağlık bölgelerde yükseklik hatasının büyük çıkmasının sebebi bölgede yeteri sıklıkta YKN elde edilememesi olduğu düşünülmektedir.



**Şekil 5. 31.** 491 adet ana nivelman noktası dağılımı

# 6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE ÖNERİLER

Uydu görüntüleri; haritacılık, çevrenin izlenmesi, istihbarat, askeri, değişiklik takibi vb. çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Ülkemizde yerli uydu çalışmaları 7.5m yersel çözünürlüklü Rasat ile başlamış; Göktürk-2 ile 2.5m pankromatik görüntü elde edilebilir teknolojiye ulaşmıştır. Devam eden çalışmalarda 0.5m yersel çözünürlüklü pankromatik görüntü elde edebilmesi planlanan Göktürk-1ile yerli uydu üretme ve ürünlerini kullanma konusunda ileriye yönelik adımlar atılmaktadır. Konuma bağlı çalışmalarda uydu görüntülerinin kullanılabilmesi için geometrik düzeltmesinin yapılması gerekir.

Yaklaşık 20km x 60km boyutlarındaki görüntüde yükseklik 1000m ile 1920m arasında değişmektedir. Görüntü üzerinde keskin detaylardan YKN'ları belirlenmiş ve bu noktalar koordinatlandırılmıştır. Çalışmanın amacına bağlı olarak Göktürk-2 uydu görüntüsünün geometrik düzeltmesi yapılmıştır. Çalışmada 91 adet YKN kullanılarak blok dengeleme yapılmış ayrıca KN ve DN sayısının dengeleme sonuçlarına etkisi araştırılmıştır. 91, 85, 80, 70, 60, 50, 40, 35, 30, 25 KN; sırasıyla 0, 6, 11, 21, 31, 41, 51, 56, 61, 66 DN ile yapılan blok dengeleme sonucunda KN'ları için ortalama 2.07m ile 2.38m arasında değişen; DN'ları için 14.58m ile 18.26m arasında değişen konumsal hata değerleri elde edilmiştir. Üretilen SYM daha önceden yüksekliği bilinen noktalarla test edildiğinde çalışma bölgesinin tamamı için 9.69 m, sadece dağlık alanlar için 29.97 m, yerleşik alanlar ve az eğimli bölgeler için 6.12 m ortalama yükseklik hataları elde edilmiştir. Dağlık bölgelerde yeteri sıklıkta YKN belirlenemediği için dengeleme sonuçlarına olumsuz etki ettiği düşünülmektedir. Bu olumsuz etki dağlık bölgelerdeki yükseklik hatasının büyük çıkmasına da neden olmaktadır.

Göktürk-2 ile yapılan başka bir çalışmada Atak ve ark.(2015) Göktürk-2 uydu görüntüsünün testlerinde HGK tarafından hava fotoğraflarından üretilen 45 cm çözünürlüklü ortofoto görüntüler üzerinde 39 adet yer kontrol, 6 adet bağımsız kontrol ve 52 adet bağlama noktası ölçülmüşlerdir. Yapılan dengeleme sonucunda yaklaşık 5 m'lik bir iç doğruluğa ulaşılmış, bağımsız denetleme (kontrol) noktalarında ise 11.31 m yatay, 5 m düşey konumsal doğruluk değeri elde edilmiştir. Ayrıca konumsal doğrulukla ilgili çalışmalarında yaklaşık 12m ile 19m arasında doğruluğa ulaşmışlardır. Farklı yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinde elde edilecek konumsal doğrulukla ilgili detaylı bilgi kaynak araştırmasında verilmiştir.

Uydu görüntülerinin geometrik düzeltmesinde, YKN'lerin konum doğruluğunun, sayısının ve dağılımının etkili olduğu görülmüştür. Geometrik doğruluğun iyileştirilmesi için YKN koordinatlarının Google Earth'den alınan koordinat bilgilerinin yanında yüksek çözünürlüklü YKN koordinat bilgileri ile desteklenmesi gerekir.

Ayrıca yaklaşık kamera modeli kullanmak yerine, iyi tanımlanmış bir RPC dosyası hazırlanması, görüntülerle beraber kullanıcıya verilmesi ve önceden ticari yazılımlara tanıtılmasında yarar vardır.

Projesi devam eden Göktürk-1 uydu görüntüsü test çalışmalarında farklı arazi gruplarında( dağlık, yerleşim, düz, bitki örtüsü, ormanlık) özellikle konuma bağlı çalışmalar için test alanları oluşturulmasında uygun boyutlarda ve dağılımda YKN'ler tesis edilmesinin elde edilecek yatay ve düşey yöndeki konum doğruluğunu olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

Tamamen Türk mühendislerince tasarlanan ve yapılan ilk yüksek çözünürlüklü yer gözlem uydusu Göktürk-2 ile edinilen tecrübelerin Göktürk-1 ve diğer uzay çalışmalarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Uydu görüntülerinin çok yaygın kullanım alanına sahip olduğu düşünüldüğünde dışa bağımlılığın ortadan kalkacağına inanılmaktadır.

**KAYNAKLAR**

Atak, V. O., Erdoğan, M. ve Yılmaz, A., 2015, Göktürk-2 Uydu Görüntü Testleri, *Harita Dergisi,* 153.

Erdoğan, M., Yılmaz, A. ve Eker, O., 2013, Yer Kontrol Noktası Sayı ve Dağılımına Göre Rasat Uydu Görüntülerinin Geometrik Düzeltme Doğruluğunun Araştırılması, *Harita Dergisi,* 150.

Koç, D. ve Türker, M., 2005, IkonosPankromatik Uydu Görüntülerinden Sayısal Yükseklik Modeli Oluşturulması, *Harita Dergisi,* 134, 13.

Küpçü, R., 2015, Rasat ve Göktürk-2 Uydu Görüntülerinin Uzaktan Algılama Yazılımları İle Farklı Referans Verileri Kullanarak Geometrik Düzeltme Doğruluğunun Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi,* 123.

Mutluoğlu, O., Yakar, M. ve Yılmaz, H. M., 2013, Yüksek Çözünürlüklü (50cm) Worldview 2 uydu görüntüsünün konum doğruluğunun araştırılması.

Mutluoğlu, Ö., Yakar, M. ve Yılmaz, H. M., 2011, Mono Geoeye1 Uydu Görüntüsünün Geometrik Doğruluğunun Araştırılması.

Teke, M., Demirkesen, C., Haliloğlu, O. ve İmre, E., 2016, Göktürk-2 Uydusunun Bağıl ve Mutlak Çapraz Radyometrik Kalibrasyonu, *Harita Dergisi,* 155.

Yastıklı, N. ve Esirtgen, F., 2011, Sayısal Yükseklik Modellerinde Kalite Değerlendirme ve
Doğruluk Analizi.

URL1: https://tr.wikipedia.org/wiki/Elektromanyetik_tayf

URL2: https://www.hvkk.tsk.tr/tr-tr/Havac%C4%B1l%C4%B1k_K%C3%B6%C5%9Fesi/%C3%96zel_Siteler/Ke%C5%9Fif_Uydu_Komutanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1/Genel_Bilgiler/%C3%87%C3%B6z%C3%BCn%C3%BCrl%C3%BCk_De%C4%9Feri

URL-3 https://tr.wikipedia.org/wiki/Göktürk 2

URL-4:*http://uzay.tubitak.gov.tr/tr/projeler/gokturk-2(2016)

(URL3 https://tr.wikipedia.org/wiki/Göktürk 2)

(URL 4:*http://uzay.tubitak.gov.tr/tr/projeler/gokturk-2(2016)).

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER


**Adı Soyadı** : Merva GÜVEN
**Uyruğu** : T.C.
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Nevşehir-01.06.1989
**Telefon** : 05532062843
**Faks** : -
**e-mail** : guvenmerva@gmail.com


## EĞİTİM

| Derece | | Adı, İlçe, İl | Bitirme Yılı |
|---|---|---|---|
| Lise | : | **Fatih Sultan Mehmet Lisesi, Keçiören/ANKARA** | **2007** |
| Üniversite | : | **Selçuk Üniversitesi, KONYA** | **2013** |
| Yüksek Lisans | : | **Selçuk Üniversitesi** | **2016** |
| Doktora | : | | |

## İŞ DENEYİMLERİ

| Yıl | Kurum | Görevi |
|---|---|---|
| 2014 | **Sağbaş Mühendislik** | **Harita Mühendisi** |
| 2015 | **Vega Harita Mühendislik** | **Harita Mühendisi** |

## UZMANLIK ALANI

Uzaktan Algılama, Fotogrametri, Kamulaştırma

## YABANCI DİLLER

İngilizce (Intermadiate)

## YAYINLAR

Mutluoglu, O.,Guven, M.,Investigation Of Spatial Accuracy Of Göktürk-2 Stereo Images; International Scientific Conference On Applied Sciences 27-30September 2016 - Antalya/TURKEY

Mutluoglu, O.,Guven,M.,Investigation of effect of the number of ground control points on adjustment at GOKTURK-2 Stereo images; 2nd International Conference on Science, Ecology and Tecnology-2016 (ICONSETE,2016)