



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÖKTÜRK-1 UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN SAYISAL
YÜKSEKLİK MODELİ ÜRETİMİ VE DOĞRULUK
ANALİZİ**

Talat AĞDAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Kasım-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Talat AĞDAŞ tarafından hazırlanan “GÖKTÜRK-1 UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ ÜRETİMİ VE DOĞRULUK ANALİZİ” adlı tez çalışması 02/11/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof.Dr.Murat UYSAL

.....

Danışman

Dr.Öğr.Üyesi Abdullah VARLIK

.....

Üye

Doç.Dr.Hüseyin Zahit SELVİ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim KALAYCI
FBE 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 seminar 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.

Talat AĞDAŞ

Kasım 2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖKTÜRK-1 UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ ÜRETİMİ VE DOĞRULUK ANALİZİ

Talat AĞDAŞ

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Abdullah VARLIK

2022, 54 Sayfa

Jüri

Dr.Öğr.Üyesi Abdullah VARLIK

Prof.Dr.Murat UYSAL

Doç.Dr.Hüseyin Zahit SELVİ

Uzaktan algılama sistemleri gelişen teknolojiyle beraber coğrafi veri üretim sürecinde önemli bir rol almaktadır. Özellikle herhangi bir sınırlama olmaksızın veri elde edilebilmeleri ve büyük çalışma alanlarındaki faaliyetlerdeki yersel tekniklere duyulan ihtiyacı azaltıyor olması bu rolü üstlenmesindeki sebepler arasında yer almaktadır. Uydu görüntülerinin, özellikle yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip olmaları ortofoto, sayısal yükseklik modeli, vektör veri gibi haritaya konu verilerin üretiminde kullanılmasına olan ilgiyi arttırmaktadır. Ülkemizin savunma maksatlı gözlem ve keşif uydusu olan ve 05 Aralık 2016 tarihinde uzaya gönderilen Göktürk-1, 50cm mekânsal çözünürlüğe sahiptir ve ülkemizin yüksek çözünürlüklü görüntü ihtiyacının karşılanmasını amaçlamıştır. Bu tez çalışmasında Göktürk-1 uydusuna ait Antalya/Serik ve İzmir/Bergama bölgesine ait tri-stereo görüntülerle farklı metodoloji kullanılarak Sayısal Yüzey Modeli üretimi gerçekleştirilmiş ve sonuç ürünün doğruluk analizleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Göktürk-1, Sayısal Yüzey Modeli, Stereo görüntü, Uydu Görüntüsü, Uzaktan Algılama.

ABSTRACT

MS THESIS

**DIGITAL ELEVATION MODEL PROCESSING FROM GÖKTÜRK-1
SATELLITE IMAGES AND ACCURACY ANALYSIS**

Talat AĞDAŞ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE PHILOSOPHY
IN GEOMATICS ENGINEERING**

Advisor: Dr.Abdullah VARLIK

2022, 54 Pages

Jury

Dr.Abdullah VARLIK

Prof.Dr. Murat UYSAL

Assoc.Prof.Dr. Hüseyin Zahit SELVİ

Remote sensing systems play an important role in the geospatial data production process with the developing technology. In particular, the fact that data can be obtained without any limitations and that it reduces the need for geodesic surveying methods in large working areas are among the reasons for undertaking this role. The fact that satellite images have especially high spatial resolution increases the interest in their use in the production of spatial data like orthophotos, digital elevation models, vector datas. Göktürk-1, which is our country's defense intentional observation and reconnaissance satellite, and sent into space on December 05, 2016, has a spatial resolution of 50 cm and aimed to supply the high resolution image needs of our country. In this study, Digital Surface Model was generated using different methodologies with Göktürk-1 satellite's tri-stereo images of Antalya/Serik and İzmir/Bergama region. And final products' accuracy analyzes were made.

Keywords: Göktürk-1, Digital Surface Model, Stereo image, Satellite image, Remote Sensing

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 seminar 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.

İmza

Talat AĞDAŞ

Tarih:

ÖNSÖZ

Göktürk-1 uydu görüntülerinden sayısal yükseklik modeli üretimi ve doğruluk analizi konulu bu tez çalışmamda danışmanlığımı üstlenen çalışmaların her aşamasında bilgi, tecrübe ve fikirleriyle bana yol gösteren sayın hocam Dr. Abdullah VARLIK'a ve her konuda bana yol göstermekten imtina etmeyen sayın komutanım Dr.Müh.Alb. Orhan FIRAT'a şükranlarımı sunar, çalışmalara destek veren mesai arkadaşım Yük.Müh.Ütğm.Ertuğrul AVŞAR'a teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarım sırasında benden yardımlarını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen eşim Burcu ve biricik oğlum Alp'e teşekkür ederim.

Çalışmada yer alan hususlar bireysel görüşümü yansıtmakta olup, Türk Silahlı Kuvvetleri'nin görüşlerini yansıtmaz.

Talat AĞDAŞ
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1 Göktürk-2 Uydusuna ait Görüntülerden SYM Üretimi	3
2.2 Worldview-1 Uydu Görüntülerinden SYM Üretimi	4
2.3 Ikonos Pankromatik Uydu Görüntülerinden SYM Üretimi	6
2.4 Stereo Aster Uydu Görüntülerinden SYM Üretimi	8
3. MATERYAL METOT	10
3.1 Uzaktan Algılama Tarihçesi.....	10
3.2 Uzaktan Algılama Sistemleri	15
3.2.1 Kullanılan Enerjiye göre	15
3.2.2 Kullanılan Platforma Göre	16
3.2.3 Kullanılan Sensörlere Göre	16
3.3 Uzaktan Algılamada Çözünürlük	17
3.3.1 Geometrik (Konumsal) Çözünürlük.....	17
3.3.2 Spektral Çözünürlük.....	17
3.3.3 Radyometrik Çözünürlük	18
3.3.4 Zamansal Çözünürlük	18
3.4 Uzaktan Algılamada Görüntü İşleme	19
3.4.1 Radyometrik Düzeltme	19
3.4.2 Görüntü Zenginleştirme	19
3.4.3 Geometrik (Rektifikasyon) Düzeltme	19
3.4.4 Yeniden Örnekleme (Resampling).....	20
3.4.5 Rasyonel Polinomal Katsayıları Modeli (RPC)	20
3.4.6 Görüntü İşleme Seviyeleri.....	21
3.4.7 Görüntü Sınıflandırma	21
4. GÖKTÜRK UYDU SİSTEMLERİ	22
4.1 Göktürk- 1 Uydusu ve Teknik Özellikleri	22
4.2 Göktürk- 2 Uydusu ve Teknik Özellikleri	23
5. SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ	25

5.1 Uydü görüntülerinden Stereo Görüntü Oluşumu	25
5.2 Stereo Görüntülerden SYM üretimi	26
5.3 Görüntü Eşleme.....	26
6. UYGULAMA	27
6.1 Çalışma Bölgesi	27
6.2 Veri Seti	30
6.3 Yer Kontrol Noktalarının Belirlenmesi.....	32
6.4 Görüntülerin Tanıtılması.....	34
6.5 Görüntü Keskinleştirme	35
6.6 RPC Parametreleri ile SYM Üretimi.....	37
6.7 YKN Kullanılarak SYM Üretimi	41
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Worldview-1 uydusuna ait stereo görüntü (Şıpka, 2014).....	5
Şekil 3.1	Paris'e ait balondan çekilen fotoğrafı (URL 1).....	10
Şekil 3.2	Fotoğraf makinesi takılmış uçurtma (URL 1).	11
Şekil 3.3	Labruguire'nin uçurtma ile çekilen fotoğrafı (URL 1).	11
Şekil 3.4	Fotoğraf makinesi takılı güvercin (URL 1).....	12
Şekil 3.5	Güvercin ile çekilen hava fotoğrafı (URL 1).	12
Şekil 3.6	Uçaktan çekilen ilk hava fotoğrafı (URL 2).....	13
Şekil 3.7	Roketten çekilen ilk hava fotoğrafı (URL 1).....	14
Şekil 3.8	Uzaktan Algılama Yöntemleri (URL 2).	16
Şekil 3.9	Geometrik çözünürlükleri farklı görüntüler (URL 2).....	17
Şekil 3.10	Elektromanyetik spektrum (URL 2).	18
Şekil 3.11	Radyometrik çözünürlükleri farklı görüntüler (URL 2).	18
Şekil 3.12	Zamansal çözünürlük (URL 2).	19
Şekil 6.1	Test Alanı-1.	28
Şekil 6.2	Antalya Serik çalışma bölgesi.	28
Şekil 6.3	Test Alanı-2.	29
Şekil 6.4	İzmir Bergama çalışma bölgesi.	29
Şekil 6.5	Test Alanı 1'de kullanılan uydu görüntüleri.	30
Şekil 6.6	Stereo görüntülerden elde edilen YKN örnekleri (Test Alanı-1).	31
Şekil 6.7	Test Alanı 2'de kullanılan uydu görüntüleri.	31
Şekil 6.8	Stereo görüntülerden elde edilen YKN örnekleri (Test Alanı-2).	32
Şekil 6.9	Test Alanı-1 nokta dağılımı (Antalya/Serik).	33
Şekil 6.10	Test Alanı-2 nokta dağılımı (İzmir/Bergama).	33
Şekil 6.11	Proje parametreleri.	34
Şekil 6.12	Koordinat sisteminin tanımlanması.	35
Şekil 6.13	Pankromatik görüntü.	36
Şekil 6.14	Multispektral görüntü.	36
Şekil 6.15	Görüntü keskinleştirme işlemi sonrasında elde edilen görüntü.	37
Şekil 6.16	Görüntülerin projeye eklenmesi.	37
Şekil 6.17	Epipolar üretim.	38
Şekil 6.18	SYM parametre bilgileri.	39
Şekil 6.19	Test Alanı-1 için L4A seviyesinde üretilen SYM verisi genel görünümü (Antalya/Serik).	40
Şekil 6.20	Test Alanı-2 için L4A seviyesinde üretilen SYM verisi genel görünümü (İzmir/Bergama).	41
Şekil 6.21	Test Alanı-1 YKN tesisi (Antalya/Serik).	42
Şekil 6.22	Test Alanı-2 YKN tesisi (İzmir/Bergama).	42
Şekil 6.23	Test Alanı 1 için YKN ve Bağlama Noktası (BN) dağılımı (Antalya/Serik).	43
Şekil 6.24	Test Alanı 2 için YKN ve BN dağılımı (İzmir/Bergama).	43
Şekil 6.25	Sonuç raporu Antalya/Serik.	44
Şekil 6.26	Sonuç raporu İzmir/Bergama.	44
Şekil 6.27	BN girdi parametreleri.	45
Şekil 6.28	SYM parametreleri.	46
Şekil 6.29	L4A seviyesinde elde edilen SYM (Antalya/Serik).	47
Şekil 6.30	L4B seviyesinde elde edilen SYM (Antalya/Serik).	47
Şekil 6.31	L4A seviyesinde elde edilen SYM (İzmir/Bergama).	48
Şekil 6.32	L4B seviyesinde elde edilen SYM (İzmir/Bergama).	48

Şekil 7.1 Test Alanı-1 kontrol noktaları (Antalya/Serik).	49
Şekil 7.2 Test Alanı-2 kontrol noktaları (İzmir/Bergama).	49

TABLO DİZİNİ

Tablo 2.1 Worldview-1 uydusu teknik özellikleri (URL 7).....	4
Tablo 2.2 Ikonos uydusu teknik özellikleri (URL 7).	6
Tablo 2.3 Farklı YKN kaynaklarından üretilen SYM'lerin Z hataları (Koç, vd., 2005)..	7
Tablo 2.4 Terra uydusunun teknik özellikleri (Ok, A., 2005).....	8
Tablo 3.1 Görüntü işleme seviyeleri (URL 3).	21
Tablo 4.1 Göktürk-1 uydusu teknik özellikleri (URL 4).	22
Tablo 4.2 Göktürk-2 uydusu teknik özellikleri (Ünal, A., 2020).....	24
Tablo 6.1 Hava fotoğrafı dengeleme sonuç raporu Test Alanı-1.....	30
Tablo 6.2 Hava fotoğrafı dengeleme sonuç raporu Test Alanı-2.....	32
Tablo 7.1 Test amacıyla kullanılan veri setlerinin doğrulukları.	50
Tablo 7.2 Üretilen SYM verilerinin doğruluk sonuçları.....	51

KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BDN	Bağımsız Denetim Noktası
BN	Bağlama Noktası
ERTS	Yer Kaynakları Teknoloji Uyduları
KN	Kontrol Noktası
NASA	Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
RPC	Rational Polynomial Coefficients- Oransal Polinom Katsayıları
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SYM	Sayısal Yüzey Modeli
YKN	Yer Kontrol Noktası
YÖA	Yer Örneklem Aralığı

1. GİRİŞ

Uzaktan algılama bilimi yeryüzündeki doğal ve yapay objeler hakkında herhangi bir temas olmadan bilgi edinimidir. Uzaktan algılama bilimi veri elde etmek için sürekli olarak uygulanmış ve gelişen teknolojiyle birlikte kullanılan yöntem ve tekniklerde de değişimler olmuştur. Sırasıyla yersel, hava ve uzay sistemleri birbirinin yerini almaya başlamış olsa da her 3 sistemde günümüzde aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Bu sistemlerin uygulamaları neticesinde yaygın olarak elde edilen başlıca ürünler (SYM) ve ortogörüntülerdir.

SYM kavramı ilk olarak 1950'li yıllarda gündeme gelmiş ve ilk uygulamalarda yersel yöntemler ve fotogrametrik yöntemlerle elde edilmiştir. Uydu sistemlerinin gelişmesiyle birlikte SYM verisinin üretimi zaman, maliyet ve iş gücü açısından optimum olanaklar sağlamış ve yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Birçok veri elde etme yöntemiyle üretilebiliyor olması SYM'lerin farklı farklı uygulama alanına sahip olmasını sağlamıştır.

Gelişen teknoloji, yazılım ve donanımlar sayesinde fotogrametri alanında otomatik üretim metodolojileri ortaya çıkmıştır. Bu metodolojilerin önemli ölçüdeki faydalarından bir tanesi de SYM üretimine olmuştur çünkü önceleri SYM üretimi operatör destekli yapılmış bu da veri üretiminde birtakım zorlukları beraberinde getirmiştir. Özellikle otomatik görüntü eşleme yöntemlerine geçiş ile beraber SYM üretimi daha kolay hale gelmiştir. SYM verilerinin günümüzde araştırma, geliştirme ve planlamalara büyük ölçüde altlık oluşturduğu görülmüştür. İhtiyaçlara vermiş olduğu olumlu cevap doğrultusunda öneminin artmasını sağlamış bununla birlikte birçok alanda uygulanabilir hale gelmiştir.

Fakat üretilen verinin kullanılabilir olmasının yanında doğruluğunun da araştırılması ve elde edilen verinin yapılan çalışma için yeterli doğrulukta olup olmadığı analiz edilmelidir. Bu analizlerin SYM'nin elde ediliş biçimi de dikkate alınarak yapılması gerekmektedir. Yani verinin üretim doğruluğunun, kalite kontrolünün yapılması gereklidir. Ülkemizin yüksek çözünürlüklü uydularının başında gelen Göktürk-1 uydusuna ait görüntülerden üretilen SYM ile bu verilerin kalitesi, yukarıda belirtilen ilgili sebepler kapsamında çeşitli doğruluk analizi çalışmasına konu olmuştur.

Bu doğrultuda Göktürk-1 uydusuna ait Antalya/Serik ve İzmir/Bergama bölgesine ait 3'er adet birbiri ile ardışık ve aynı zamanda farklı açılardan çekilmiş görüntüler ve PCI Geomatica yazılımı kullanılarak RPC (Rational Polynomial Coefficients) parametreleriyle ve YKN'ler (Yer Kontrol Noktası) kullanılmak üzere iki yaklaşım

yöntemiyle sayısal yüzey modeli verisi üretilmiştir. Üretilen sonuç ürünlerin doğrulukları 30 cm çözünürlüklü ve %80 boyuna, %30 enine bindirme oranı ile çekilen hava fotoğraflarından oluşturulan stereo modelden okunan yükseklik bilgileri, Harita Genel Müdürlüğü tarafından üretilen 5 m Yer Örnekleme Aralıklı Sayısal Yüzey Modeli (SYM-5m) ile 0.30 m Yer Örnekleme Aralıklı Sayısal Yüzey Modeli (SYM-0.30m) verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Son olarak SYM verilerinin doğruluk analizinin yapılarak sonuçlarının irdelenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Göktürk-2 Uydusuna ait Görüntülerden SYM Üretimi

Göktürk 2 uydu görüntüleri, görüntü testleri kapsamında değerlendirilmeye tabi tutulmuştur. Testlerin ilk aşamasında RPC dosyaları oluşturulmamış ve bu verilerle bir çalışma yapılmamıştır. Ancak testlerin yapılabilmesi için TUBİTAK Uzay Teknoloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden alınan bilgiler doğrultusunda bir yaklaşık kamera modeli oluşturulmuştur. Rasat uydu modelinde de kullanılan elle tanımlanabilen uydu modeli “generic pushbroom” modeli seçilmiştir. Göktürk 2 uydusuna ait odak uzaklığı, piksel boyutu gibi parametreler tanımlanarak bir GT2 adında algılayıcı tanımlanmıştır. Bu model tarayıcı sistemlerle elde edilen görüntülerin dış yöneltme elemanlarının polinomsal olarak hesaplanmasını sağlamaktadır. Yunanistan / Kalamata bölgesine ait 10 Haziran 2013 saat 08:45’de ilk stereo görüntü çifti alınmıştır. L2 aşamasına kadar işlenen görüntülerden sonrasında Google Earth yazılımı kaynaklı 11 adet yer kontrol, 2 adet düşey kontrol ve 60 adet bağlama noktası kullanılarak stereo görüntü oluşturulmuştur. Elde edilen stereo görüntülerden otomatik olarak Erdas Image programıyla Sayısal Yükseklik Modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan SYM’ler SRTM1 versiyon-2 verisi ile karşılaştırılmış, 10.51m’lik Ort. Hata ve 56.446 m’lik bir standart sapma değeri hesaplanmıştır (Atak, vd. 2013).

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, 10m civarındaki doğruluk değeri için Google Earth kaynağından toplanan YKN’lerin iyi bir doğruluğa sahip olduğu ve stereo görüntülerde kaba bir hata kaynağına sebep olmadığı tespit edilmiştir. Stereo görüntüler oluşturulmak için tanımlanan kamera modelinin tutarlı bir yapıda olduğu kanısına varılmıştır.

Ancak elde edilen stereo görüntülerin incelenmesi sonucunda, Z yönünde konumsal kayıklıklar ile standart olmayan bozulmalar olduğu anlaşılmıştır.

Bunun üzerine Atak, vd. “Görüntünün uzun bir şerit olarak çekilmesi nedeniyle dengeleme hassasiyetinin düşmesi, çalışmanın herhangi bir projeksiyon düzlemine oturtulmamış L1 yerine L2 verilerle yapılmış olması, çekim yapılan bölgede YKN’lerin çok iyi doğruluğa sahip olmaması ve kamera modelinin yeterli doğruluğu sağlayamamasından kaynaklı olduğunu düşünmüşlerdir.”

Bu sebeplerden ötürü çalışmanın kontrol noktasının ve SYM doğruluğunun yüksek olduğu yurt içi bir bölgede tekrarı, spot olarak alınmış ve L1 seviyesinde işlenmiş yeni stereo görüntüler üzerinde yapılmıştır (Atak, vd. 2013).

İzmir bölgesine ait 23 Haziran 2013 tarihinde stereo görüntü çekimi yapılmıştır. Çekilen görüntüler L1 seviyesine kadar işlenerek Erdas Image programı ve LPS modülü kullanılarak stereo model oluşturulmuştur. Daha sonra Harita Genel Komutanlığı tarafından hava fotoğraflarıyla üretilen 45 cm çözünürlüğe sahip ortofotolar kullanılarak 39 adet yer kontrol, 6 adet bağımsız kontrol ve 52 adet bağlama noktası ölçümü yapılmıştır (Atak, vd. 2013).

Atak, vd. yapılan çalışma sonucunda “yaklaşık 5 m’lik bir iç doğruluğa ulaşmış, bağımsız kontrol noktalarında ise 11,31 m yatay, 5 m düşey konumsal doğruluk değerlerini elde etmiştir. Stereo çiftten farklı parametrelerle 2 adet SYM üretilmiş (SYM1, SYM2), üretilen SYM’lerde özellikle (tarla vb.) tek düze bölgelerde görüntü eşlemenin iyi gerçekleştirilemediği ve büyük hataların görüntü üzerinde yer alan çizgilerin görüntü eşleme esnasında program tarafından arazi detayı gibi kabul edilerek yanlış eşleme yapılmasından veya eşleme yapılamamasından kaynaklandığını değerlendirmişlerdir.”

Sonuç olarak Atak, vd. Göktürk-2 uydu görüntülerinin birçok farklı haritacılık alanında ve ortofoto/Sayısal yükseklik modeli üretiminde kullanılabileceği ayrıca yaklaşık kamera modeliyle birlikte yüksek doğruluklu YKN ve SYM kullanılarak iyi konum doğruluğu elde edilebileceği sonucuna varmıştır (Atak, vd. 2013).

2.2 Worldview-1 Uydu Görüntülerinden SYM Üretimi

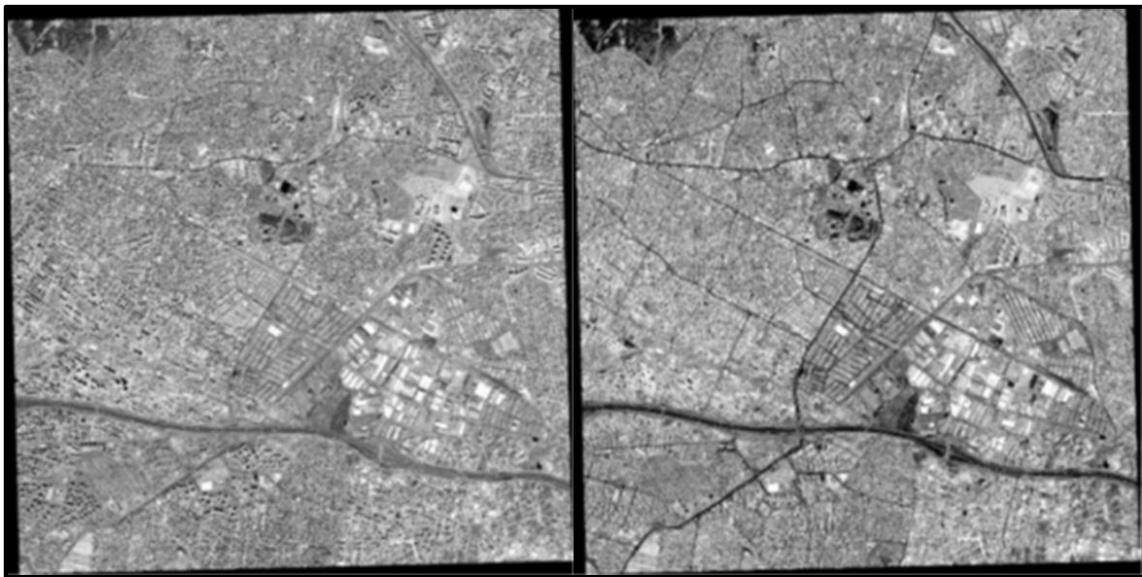
Ticari bir yer gözlem uydusu olan Worldview 18 Eylül 2007 tarihinde uzaya gönderilmiş ve ilk görüntülerini yine aynı yıl son çeyreğinde almaya başlamıştır. Uydu ve kamerası Ball Aerospace & Technologies şirketi tarafından üretilmiştir. Uydu kamerası 50 cm konumsal çözünürlüklü pankromatik görüntü alabilme özelliğine sahiptir. Uydunun aynı noktayı görüntüleme süresi 1,7 gündür ve buna bağlı olarak günlük 750.000 km² bir alanda çekim yapabilmektedir. Yatay doğruluğu 5m, düşey doğruluğu ise 4m olarak kabul edilmektedir. Ayrıca Stereo görüntü elde edebilmektedir (Şıpka, 2014).

Tablo 2.1 Worldview-1 uydusu teknik özellikleri (URL 7).

Fırlatma Yeri	Vandenberg Hava Üssü, ABD
Yörünge	496 km yükseklikte, Güneş senkronize
Uydu Ömrü	7-25 yıl
Uydu Boyutu	3,6 m x 2,5 m

Uydu ağırlığı	2500 kg
Algılayıcı sensör özelliği	Pankromatik
Radyometrik çözünürlük	11 bit
Çerçeve genişliği	17.6 km
Veri Depolama	2199 Gb solid state disk
Maksimum görüş açısı	+/- 45° off nadir = 1036 km geniş çerçeve
Tek geçişte devamlı toplanabilecek en fazla alan	60x110 km mono 30x110 km stereo

Worldview-1 uydu görüntülerinden üretilecek olan sayısal yükseklik modeli için 09 Temmuz 2007 tarihine ait İstanbul il sınırları içerisinde 25 km²lik bir alanı kapsayan ters yönlü (reverse) tarama yapılarak çekilen stereo görüntü çifti kullanılmıştır. Bu alanın seçilmesindeki neden ise daha önce yapılan çalışmalarla kıyaslama yapabilmektir (Şıpka, 2014).



Şekil 2.1 Worldview-1 uydusuna ait stereo görüntü (Şıpka, 2014).

Kullanılacak uydu görüntüleri 30° den daha küçük çekim açısına sahip olup, rasyonel polinom katsayıları dosyası (RPC) ve meta veri dosyaları (İMD) mevcuttur. Üretim için Envi 4.8 yazılımı, SYM'nin gösterimi için ise Global Mapper 15.1 yazılımı kullanılmıştır (Şıpka, 2014).

Uydu görüntülerinin yazılıma tanıtılması RPC dosyası marifetiyle gerçekleştirilmiş bu sayede iç ve dış yöneltmeye gerek kalmamıştır. RPC katsayılarındaki

sistemik hataların giderilmesi ve doğruluğun artırılması için 12 adet yer kontrol noktası arazi çalışmalarıyla elde edilmiştir (Şıpka, 2014).

Stereo görüntü çiftlerindeki bir noktanın 2B görüntü düzlemindeki izlerinin oluşturduğu geometrik ilişkiler epipolar görüntüleri oluşturur. Böylece görüntü eşleme sonuçlarının daha hızlı ve daha güvenilir olması sağlanır. Üretilecek SYM'nin çözünürlüğü stereo görüntülerin konumsal çözünürlüğünün 2 katı olacak şekilde 1m konumsal çözünürlüğe sahip SYM üretilmiştir (Şıpka, 2014).

Sonuç olarak Şıpka, üretilen sayısal yükseklik modelini ve arazide toplanan yer kontrol noktalarını analiz ettiğinde farkların 0.016 ile 1.47m arasında olduğunu tespit etmiştir. Yer kontrol noktalarında hata miktarı 1m ve üzeri olan noktalar yer almaktadır ancak bu hata payını herhangi bir topoğrafik yükseklik farkının ve kent yapısının etkilemediğini bu farkın stereo uydu görüntülerinin çekim yönünün ters oluşundan kaynaklanabileceğini düşünmektedir. Diğer yer kontrol noktaları ise 1 m altı doğruluktur. Bu doğruluklar Şıpka için yeterlidir çünkü sonuçlar üretilen sayısal yükseklik modelinin piksel çözünürlüğünün altındadır. Üretilen SYM'lerin 1:5000 ve 1:7500 ölçekli haritaların üretiminde kullanılabilirliği tespit edilmiştir (Şıpka, 2014).

Worldview-1 stereo görüntülerinden 1m düşey doğrulukta sayısal yükseklik modeli elde edebilmek için RPC'ler ile birlikte yer kontrol noktalarının da kullanılması gerekmektedir. Ancak çalışılan bölgede yer kontrol noktası bulunamıyorsa ve sayısal yükseklik modeline ihtiyaç varsa sadece RPC parametreleri kullanılarak rölatif çözümle 5m doğrulukla sayısal yükseklik modeli elde edilebilmektedir (Şıpka, 2014).

2.3 İkonos Pankromatik Uydu Görüntülerinden SYM Üretimi

Yüksek çözünürlüklü görüntü elde edebilen İkonos uydusu 1999 yılında uzaya fırlatılmıştır. 360° dönme yeteneğinin verdiği avantaj ile hem uçuşa dik hem de uçuşa paralel bir şekilde bindirmeli görüntü çekebilmektedir. Ardışık olarak uçuşa paralel çekilen görüntüler görüntü eşleme başarısını yükseltmektedir (Koç, vd., 2005).

Tablo 2.2 İkonos uydusu teknik özellikleri (URL 7).

Fırlatma Yeri	Vandenberg Hava Üssü, ABD
Yörünge	681 km yükseklikte, Güneş senkronize
Uydu Ömrü	15 yıl (Mart 2015'te görevini tamamlamıştır.)
Nadir de çözünürlük	0.82 metre pan (siyah-beyaz); 3.2 metre ms (renkli)
26° Off-Nadir de çözünürlük	1.0 metre pan (siyah-beyaz); 4.0 metre ms (renkli)
Görüntü genişliği	Nadirde 11.3 kilometre; 26° off-nadir de 13.8 kilometre
Aynı noktadan tekrar geçiş zamanı	40° enleminde yaklaşık olarak 3 gün

SYM üretimi için bindirmeli Ikonos uydu görüntülerinde görüntü eşleme tekniği kullanılmıştır. Uygulamada kullanılacak YKN'ler çalışma alanına homojen dağılacak şekilde, DGPS yöntemiyle arazide ölçülmüş ve bunun yanı sıra 1:1000 ölçeğindeki ortofotolardan toplanmıştır. Çalışmada kullanılan görüntü 4 Ağustos 2002 tarihli olup yaklaşık 50 km² lik alanı kapsamaktadır ve Ankara/Batıkent bölgesini göstermektedir, Referans SYM verisi Ankara Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilen 1:1000 ölçekli vektör veriden üretilmiştir (Koç, vd., 2005).

SYM üretimi için PCI Geomatica programının Orthoengine modülü kullanılmıştır. Üretim sürecinde üç farklı YKN kümesi oluşturulmuştur ve bu kümeler kullanılarak SYM'ler üretilmiştir. Birinci YKN kümesi araziden DGPS yöntemiyle arazide ölçülen 48 adet noktadan oluşturulmuş ve bunların 24'ü YKN diğer 24'ü ise denetim noktası olarak kullanılmıştır. İkinci YKN kümesi ise ortofoto haritalardan elde edilen 48 adet noktadan oluşturulmuş ve yine bunların 24'ü YKN diğer 24'ü ise denetim noktası olarak kullanılmıştır. Üçüncü ve son YKN kümesi de hem DGPS yöntemiyle arazide ölçülen hem de ortofoto haritalardan elde edilen noktalardan oluşturulmuştur toplam 96 adet noktanın 48 tanesi YKN olarak diğer 48 tanesi de bağlama noktası olarak kullanılmıştır (Koç, vd., 2005). Üç veri kümesi için SYM'ler oluşturulmuş ve referans SYM ile analizleri yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçları Tablo 2.3'te gösterilmiştir.

Tablo 2.3 Farklı YKN kaynaklarından üretilen SYM'lerin Z hataları (Koç, vd., 2005).

YKN Kaynağı	Nokta	Maksimum (m)	Ortalama (m)	KOH (m)
DGPS	YKN	1.80	0.58	±0.7
	BDN	1.00	0.36	±0.5
Ortofoto Harita	YKN	1.50	0.49	±0.6
	BDN	1.20	0.53	±0.7
Tümü	YKN	1.50	0.56	±0.7
	BDN	1.70	0.46	±0.6

Farklı YKN kümeleriyle otomatik görüntü eşleme tekniğiyle üretilen SYM'lerin doğruluk analiz sonuçları incelendiğinde sonuç ürünler arasında büyük farkların olmadığı ancak bağımsız denetim noktalarının Z doğruluğunun DGPS noktaları kullanılarak üretilen SYM verisinde daha iyi olduğu, YKN'lerdeki Z doğruluğunun ise ortofoto haritalardan elde edilen noktalardan üretilen SYM verisinde daha iyi olduğu görülmüştür. Farklı kaynaklardan elde edilen YKN'ler kullanılarak yüksek doğruluk değerlerine sahip SYM'ler üretilmiştir. DGPS ile ölçülen YKN'ler ile üretilen SYM'nin doğruluğu daha

yüksek olsa da kullanılan alet maliyeti ve iş yükü gibi etmenler göz önüne alınmalıdır. Sonuç olarak, SYM üretiminde kullanılacak YKN'lerin çalışma bölgesine ait ortofoto haritalardan elde edilmesi yine yüksek doğrulukta SYM üretilme imkânı sağlamaktadır (Koç, vd., 2005).

2.4 Stereo Aster Uydu Görüntülerinden SYM Üretimi

Aster (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), yüksek çözünürlüklü ve bindirmeli görüntü çekebilen bir modül olmakla birlikte Terra uydusunun bir algılayıcısıdır. Terra uydusu 1999 yılında Kaliforniya/ABD'den uzaya fırlatılmıştır. Amerikan ve Japon iş ortaklığıyla üretilen Aster modülü görünür- yakın kızılötesi, kısa dalga kızıl ötesi ve termal kızıl ötesini algılayabilen 3 farklı algılayıcıyı içinde barındırmaktadır. Toplamda ise 14 banttan oluşan geniş bir tayfda görüntüleme yapabilmektedir. Uydunun stereo görüntüleri Aster modülünün yakın kızılötesi algılayıcısı tarafından alınabilmektedir. Birbirinden bağımsız iki teleskoba sahiptir, biri nadire diğeri ise geriye yönelmiştir. Bu özelliği sayesinde aynı yörünge üzerinde görüntülenen bölgeye ait bindirmeli görüntüler elde edebilmektedir (Ok, vd., 2005).

Tablo 2.4 Terra uydusunun teknik özellikleri (Ok, A., 2005)

Fırlatma Yeri	Vandenberg Hava Üssü, ABD
Yörünge	705 km yükseklikte, Güneş senkronize, 98.3°
Uydu Ömrü	15 yıl (Mart 2015'te görevini tamamlamıştır.)
Çözünürlük	15 m
Teleskoplar	Nadir ve geriye yönelmiş
Kapsadığı alan	60 x 60 km
Tekrar süresi	16 gün

Terra uyduna ait Asterstereo görüntülerinden SYM üretimi ile ilgili birçok çalışma ve doğruluk analizi yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar neticesinde Aster uydu görüntülerinden elde edilen SYM doğruluklarının ± 7 ile ± 50 m arasında değiştiği bu değişimin ise topoğrafyaya, kullanılan YKN sayısına ve SYM üretim metodolojisine bağlı olduğu tespit edilmiştir (Ok, vd., 2005).

Aster stereo uydu görüntülerinden SYM üretimi yapılacak bu çalışma için Ankara il sınırları içerisinde yaklaşık 3600 km² lik bir alana sahip içerisinde su yüzeyi, tarımsal ve açık alanlar, dağlık, meskûn ve orman alanları bulunan bir çalışma alanı seçilmiştir.

Nadir ve geriye yönelmiş olan teleskoplarından, 26 Temmuz 2022 tarihinde söz konusu bölgeye ait 57.5x60 km'lik bir alanı kapsayan bindirmeli görüntüler çekilmiştir. Görüntüler 1A formatında ve bulut, kar, gibi etmenlerden bağımsızdır. 1A formatında görüntüyle beraber radyometrik ve geometrik bilgiler sunulsa da görüntünün orijinalliği korunarak görüntü eşlemede başarı oranının artırılması hedeflendiği için bu bilgiler kullanılmamıştır. Çünkü görüntü eşlemedeki başarı SYM üretimini olumlu etkilemektedir (Ok, vd., 2005).

Aster uydu görüntülerinden elde edilecek SYM verisinin doğruluk analizi, 1999 yılında üretilmiş olan vektör veriler kullanılarak üretilen referans SYM ile yapılmıştır. Üretilen referans SYM'nin yatay ve düşey doğrulukları ± 20 cm'dir. Söz konusu çalışma alanını kapsayan ortofoto görüntülerden ise 101 adet YKN toplanmıştır. YKN'lerin yükseklik değerleri vektör verilerden alınmıştır ve doğrulukları ± 1 m'den iyidir. Ortofotoların bulunmadığı alanlarda ise Diferansiyel Küresel Konum Belirleme (DGPS) tekniğiyle 36 adet YKN toplanmıştır. PCI Geomatica programının Orthoengine modülü yardımıyla SYM üretimi aşamasında ham veriyle beraber sağlanan katsayılarla görüntü çekim esnasında oluşan hatalar otomatik olarak giderilmiştir. Bu adımdan sonra görüntülerden YKN toplama işlemine geçilmiş ancak 60 nokta başta her iki görüntüde yer almaması sebebi başta olmak üzere çeşitli sebeplerden ötürü kullanılamamıştır. Bunun yanı sıra hesaplamalardan sonra kaba hatalı noktalarda hesaplamalardan çıkarılmıştır. Sonuç olarak ise 77 nokta her iki görüntüde de başarıyla toplanmış olup bunların 32 tanesi YKN olarak, 45 tanesi ise bağımsız denetim noktası (BDN) olarak kullanılmıştır (Ok, vd., 2005).

Epipolar geometriler oluşturularak görüntülerin birbirleriyle olan eşleme oranı artırılmıştır. Bindirmeli görüntülerde eşlenik noktaları bulmak için normalize edilmiş çapraz korelasyon tekniği uygulanmış olup, eşlenen noktaların yükseklikleri ise üç boyutlu kesişim yöntemiyle hesaplanmıştır. Üretilen SYM içerisinde yer alan kaba hatalar veriden atılmıştır kaba hataların yanlış piksel eşleşmesinden olduğu düşünülmektedir (Ok, vd., 2005).

Sonuç olarak, 32 adet YKN için düşeyde hesaplanan KOH ± 11.90 m ve 45 adet BDN için düşeyde hesaplanan KOH ise ± 7.40 m'dir. Ayrıca üretilen SYM'nin doğrulukları 2.171.664 noktada referans SYM ile karşılaştırıldığında elde edilen KOH değeri ± 12.08 'dir. Tüm bu analiz sonuçları değerlendirildiğinde Aster stereo uydu görüntüsünden elde edilen SYM doğruluğunun ± 12 m civarında olduğu ve orta ölçekli SYM üretilebileceği kanısına varılmıştır (Ok, vd., 2005).

3. MATERYAL METOT

3.1 Uzaktan Algılama Tarihçesi

Yeryüzü ve yeryüzündeki nesnelere hakkında bilgi elde etmek için, herhangi bir fiziksel temas olmadan nesnelere farklı ışınım enerjilerinden yararlanarak bilgi elde etme yöntemi uzaktan algılama olarak tanımlanmaktadır.

Uzaktan algılama fotoğraf ve fotogrametri olgunlaşma evrelerini tamamlamasının ardından gelişen teknolojiyle birlikte uzayda yapılmak istenen bilimsel araştırmaların sonucunda başlamıştır. Başlangıçta ilk hava fotoğraflarının çekilmesine kadar dayanmaktadır.

1849 yılında Fransız Aime Laussedat fotogrametrik aletleri ve tekniklikleri geliştirerek yersel fotogrametride kullanarak fotogrametriyi başlatmıştır (Bilgi, 2007).

İtalyan bir jeodezici olan Paulo Ignazio Pietro Porro 1839 yılında ilk takeometreyi icat etmiş ardından 1847 yılında üç asimetrik mercek kullanarak bir optik sistem tasarlamıştır. 1865 yılında ise mercek distorsiyon hatasını ortadan kaldırmak için bir alet icat etmiş bunu ise “photogoniometre” diye adlandırmıştır (Bilgi, 2007).

Hava fotoğrafları çekimi için çeşitli araçlar kullanılmıştır. Fransız bir fotoğrafçı olan Gaspard Felix Tournachon Paris’te sıcak hava balonu yardımıyla yerden 80m kadar yükselerek tarihteki ilk hava fotoğrafını çekmiştir. Çekilen fotoğrafların keşif ve gözetleme maksatlı kullanılabileceği fikri askeri kesim tarafından ortaya atılmış ve 1859 yılında Tournachon Fransız ordusu ile anlaşarak Solferino savaşında hava fotoğrafları çekmiş ve bu fotoğraflar Napolyon tarafından Avusturya’ya karşı kullanılmıştır (Bilgi, 2007).



Şekil 3.1 Paris'e ait balondan çekilen fotoğrafı (URL 1).

Sonralarda balonlarla daha yükseklere çıkılıp Paris, Boston gibi şehirlerin hava fotoğrafları çekilmiş ayrıca hava tahmini yapmak içinde kullanılmıştır. Balonların düşman ateşine karşı savunmasız oluşu sebebiyle yeni bir arayışa başlanmış ve uçurtmalar denenmiştir. Ancak uçurtmaların dez avantajı ağır bir yük taşıyamamasıydı. Bir çok uçurtma birbirine bağlanarak yada daha hafif fotoğraf makinesi üretilerek çözüm bulunmuş ve 1880 yılında M.Arthur Batut tarafından uçurtma kullanılarak Labruguiere'nin havadan fotoğrafları çekilmiştir (Bilgi, 2007).



Şekil 3.2 Fotoğraf makinesi takılmış uçurtma (URL 1).

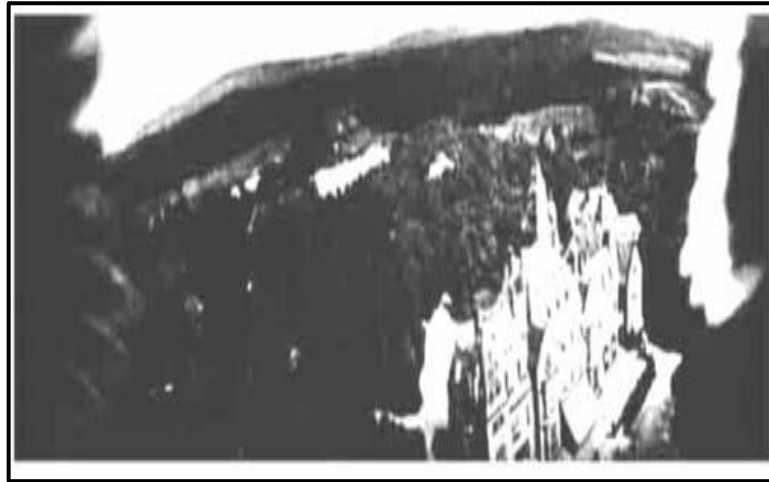


Şekil 3.3 Labruguiere'nin uçurtma ile çekilen fotoğrafı (URL 1).

1909 yılına gelindiğinde ise güvercin ile hava fotoğrafları çekilmeye başlanmış ve hatta savaşlarda bile kullanılmıştır. Julius Neubranner güvercine 30 saniye periyoduyla çekim yapan 70 gr ağırlığında bir fotoğraf makinesi takarak hava fotoğrafları elde etmiştir. Savaşlarda bir süre kullanılan güvercinler düşman askerleri tarafından vuruluyor olması, güvercinlerin kanatlarının kadraja girmesi ve güvercinlerin bazen istenilen alan yerine başka alanların fotoğraflarını çekmesinden dolayı kullanımından vazgeçilmiştir (Bilgi, 2007).



Şekil 3.4 Fotoğraf makinesi takılı güvercin (URL 1).



Şekil 3.5 Güvercin ile çekilen hava fotoğrafı (URL 1).

San Francisco şehri 1906 yılında bir deprem yaşamış ve sonrasında yangına maruz kalmıştır. George R. Lawrence de o güne kadar ki en büyük hava fotoğrafını (48 cm x 122 cm) çekmiş ve bunu yaparken yaklaşık 22 kg olan fotoğraf makinesini taşıyabilmesi için 17 adet uçurtma kullanmıştır (Bilgi, 2007).

17 Aralık 1903 tarihinde Wright kardeşler tarafından yapılan ilk pilotlu uçak havalanmayı başarmıştır. İlk uçaktan çekilen hava fotoğrafı ise 1908 yılında Fransa'da Wilbur Wright komutasındaki uçaktan L.P.Bonvillain tarafından çekilmiştir (Bilgi, 2007).



Şekil 3.6 Uçaktan çekilen ilk hava fotoğrafı (URL 2).

1914 yılında başlayan I.Dünya savaşı sırasında uçaklar aktif bir şekilde kullanılmıştır ancak savaşın büyük bir bölümünde hava fotoğraflarından yararlanılmayarak uçak içerisindeki bir gözlemci tarafından yeryüzü gözlenmiş ve kroki çizimleri yapılarak istihbaratı bilgiler toplanmıştır. Ancak bunun sağlıklı olmadığını ve karışıklıklara yol açtığı tespit edilmiştir. İngilizler ise savaşın son safhalarına doğru hava fotoğrafçısı olarak nitelendirdiği gözlemcilerin yoğun bir şekilde hava fotoğrafı çekmesini sağlamış ve bu da fotoğraf makinesinin gelişimine ön ayak olmuştur (Bilgi, 2007).

II. Dünya savaşı ve sonrasında tüm gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler hava fotogrametrisi yardımıyla harita üretimine başlamıştır. Balon, uçurtma, güvercin ve uçaktan sonra hava fotoğrafı elde etmek için roketle kullanılmıştır (Bilgi, 2007).



Şekil 3.7 Roketten çekilen ilk hava fotoğrafı (URL 1).

Gerçek anlamda uzaktan algılamanın gelişim sürecine bakacak olursak; İlk olarak Sovyetler Birliği iyonosfer üzerinde bilimsel araştırmalar yapmak üzere birincisi 4 Ekim 1957’de “Sputnik” ve ardından ikincisi 3 Kasım 1957 “Sputnik 2” isimli uyduları uzaya göndermiştir (Bilgi, 2007).

Sovyetler Birliği-ABD arasındaki rekabet uzay araştırmalarında da devam etmekteydi. Bu nedenle ABD’de uzay araştırmalarına daha da önem vermekteydi ve çeşitli projeler yürütüyordu. 1 Ocak 1958 tarihinde NASA’nın kurulmasının ardından uzay araçlarının geliştirilmesi ve yeni bilgilerin elde edilmesinde büyük ilerlemeler yaşandı (Bilgi, 2007).

ABD ismi “Explorer” (Kâşif) olan önemli bilimsel çalışmalarda rol oynayacak ilk uydusunu 31 Ocak 1958’de “Army Ballistic Missile Agency-Ordu Balistik Füze Kurumu” tarafından geliştirmeye başlamıştır (Bilgi, 2007).

Dünyanın uzaydan çekilen ilk uydu görüntüsü “Explorer-6” isimli Goddard laboratuvarının çalışmaları öncülüğünde fırlatılmış olan Amerikan uydusu tarafından 7 Ağustos 1959 tarihinde çekilmiştir (Bilgi, 2007).

Bu önemli bilimsel başarıdan sonra “Uzaktan Algılama” (Remote Sensing) terimi de yavaş yavaş oluşmaya başlamış ve 1960 yılında literatüre girmiştir (Bilgi, 2007).

1972 yılında California’dan fırlatılan “Earth Resources Technology” (Yeryüzü Kaynakları Teknolojisi) isimli uydu ilk uzaktan algılama uydusu olmuştur (Bilgi, 2007).

Uydunun ismi Landsat-1 olarak değiştirilmiş ve Landsat serisi uydular zamanla uzaydaki yerini almıştır (Bilgi, 2007).

1972 yılından günümüze dek gelişen teknoloji ve uydu sistemleri sayesinde elde edilen uydu görüntüleri yüksek çözünürlüğe sahip olmaya başlamıştır. Bu sayede doğal ve yapay detayların ayırt edilebilmesi güçlenmiştir. Uydu görüntüleri gelişen teknolojiyle birlikte sayısal ortamda işlenmeye başlamış farklı amaçlar için çeşitli veriler üretilebilmiştir. Ayrıca üretilen verinin zaman ve maliyet açısından ekonomik olmasını sağlamıştır (Bilgi, 2007).

Ülkemizde ise BİLSAT 1 uzaktan algılama uydusunun 27 Eylül 2003 tarihinde fırlatılmasıyla uydu görüntüsü elde edilmeye başlanmıştır. Sonrasında ise ilk olarak 2011 yılında Rasat, 2012 yılında Göktürk-2 ve 2016 yılında Göktürk-1 uydumuz uzaya fırlatılmıştır. Türkiye tüm bu projelerle birlikte uzaktan algılama alanında uluslararası arenada yerini almayı başarmıştır (Bilgi, 2007).

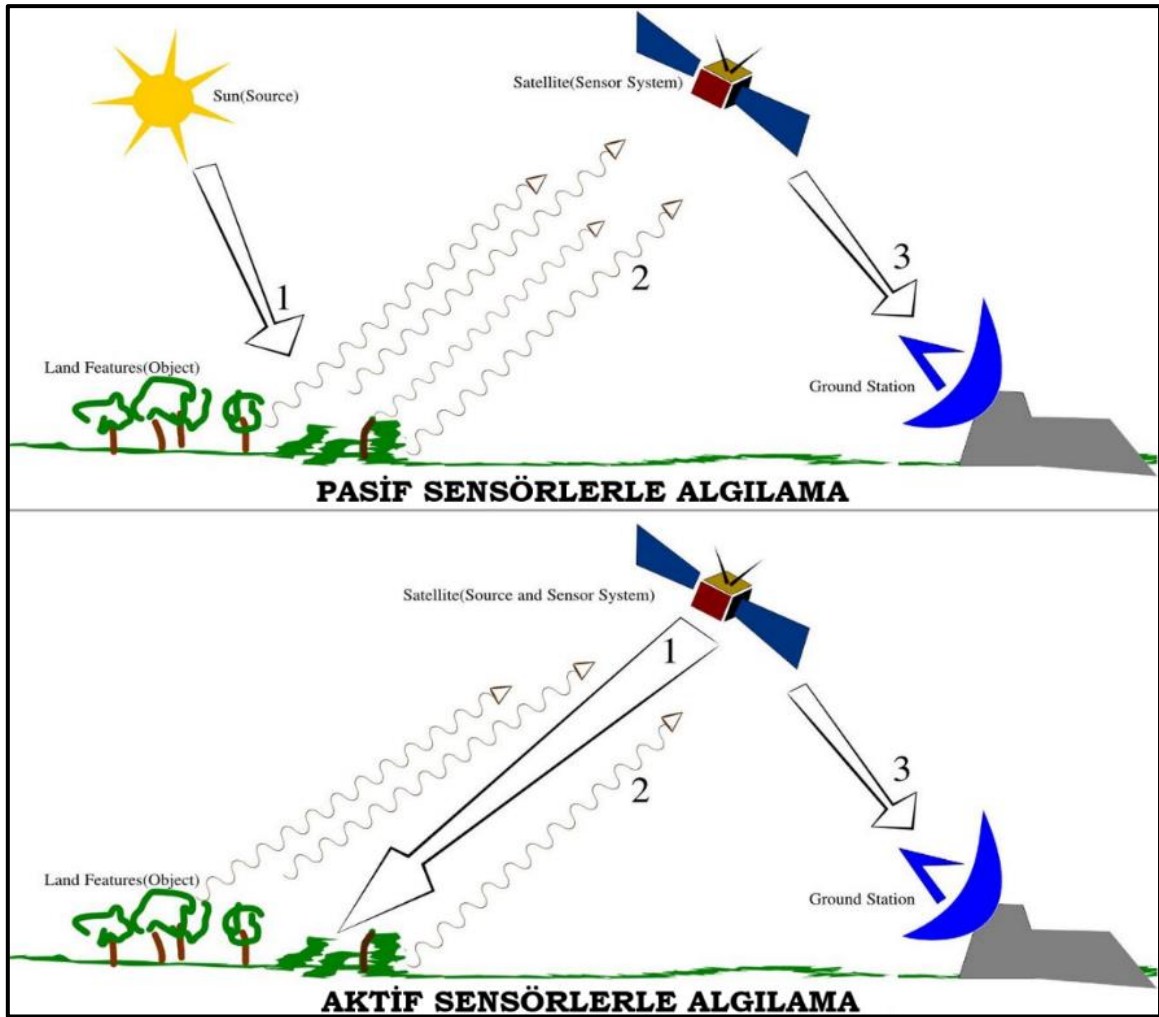
3.2 Uzaktan Algılama Sistemleri

Uzaktan algılama sistemleri 3 ana başlık altında incelenmektedir. Kullanılan algılayıcının, kullanılan platformun ve kullanılan sensör türüne göre kategorize olmaktadır.

3.2.1 Kullanılan Enerjiye göre

Pasif algılama: Temel olarak güneşe bağımlı olan ve bunun yanı sıra güneş gibi başka bir enerji kaynağından gelen ışınların cisimlere çarpmasıyla, yansıyan ışınların optik algılayıcılar tarafından algılanması temeline dayanmaktadır. Bu algılayıcı tipi bulunan uydu sistemlerinden elde edilecek veriler gece-gündüz olgusundan ve havanın bulutlu olması gibi meteorolojik olaylardan etkilenmektedir. Sadece güneş varlığında ve uygun hava koşullarında yansıyan tüm objelerden veri elde edebilmektedir. Enerji kaynağı olarak doğal enerjilerden istifade ettiği için enerji tasarrufu yapmaktadır. Göktürk-1, Landsat-8 ve Rasat uydusunu pasif algılama yapan uydulara örnek verebiliriz (Küpcü, 2015).

Aktif algılama: Uydu kendi öz kaynaklarını kullanarak ihtiyaç duyduğu enerjiyi yeryüzüne gönderir ve cisimlerden yansıyan ışınlar optik algılayıcılar tarafından algılanır. Böylece görüntüler oluşmaya başlar. Güneş gibi doğal enerji kaynaklarına ihtiyaç duymadıkları için gece-gündüz ve havanın bulutlu olması gibi meteorolojik olaylardan etkilenmezler. Çok fazla enerji tüketirler. Bu sistemlerin kullanım ömürleri üzerlerinde depolanan enerji miktarıyla doğru orantılıdır. Araç hız ihlallerinin tespitinde kullanılan cihaz aktif algılamaya güzel bir örnektir (Küpcü, 2015).



Şekil 3.8 Uzaktan Algılama Yöntemleri (URL 2).

3.2.2 Kullanılan Platforma Göre

- Yer Platformları: Algılayıcıların yer ile bağlantılı olacak şekilde konumlandırıldığı platformlardır.
- Hava Platformları: Algılayıcıların hava araçlarına bağlantılarının yapıldığı platformlardır. Hava fotogrametrisi bu platform temelinde yapılmaktadır.
- Uzay Platformları: Algılayıcıların uzay araçlarına yerleştirilmesi sonucunda uzaya gönderilerek yörüngeye oturtulan platformlardır. Uydular bunlara güzel bir örnektir.

3.2.3 Kullanılan Sensörlere Göre

Elektromanyetik spektrumun enerji ölçebilen algılayıcılar tarafından elde edilebildiği bölümlere bant denir (Yüce, 2019).

Pankromatik Sensörler: Elektromanyetik spektrumun görünen bölgesi ile yakın kızılötesi bölgesini içine alan tek bantı algılar. Bu algılama sonucu oluşan görüntü siyah beyazdır (Yüce, 2019).

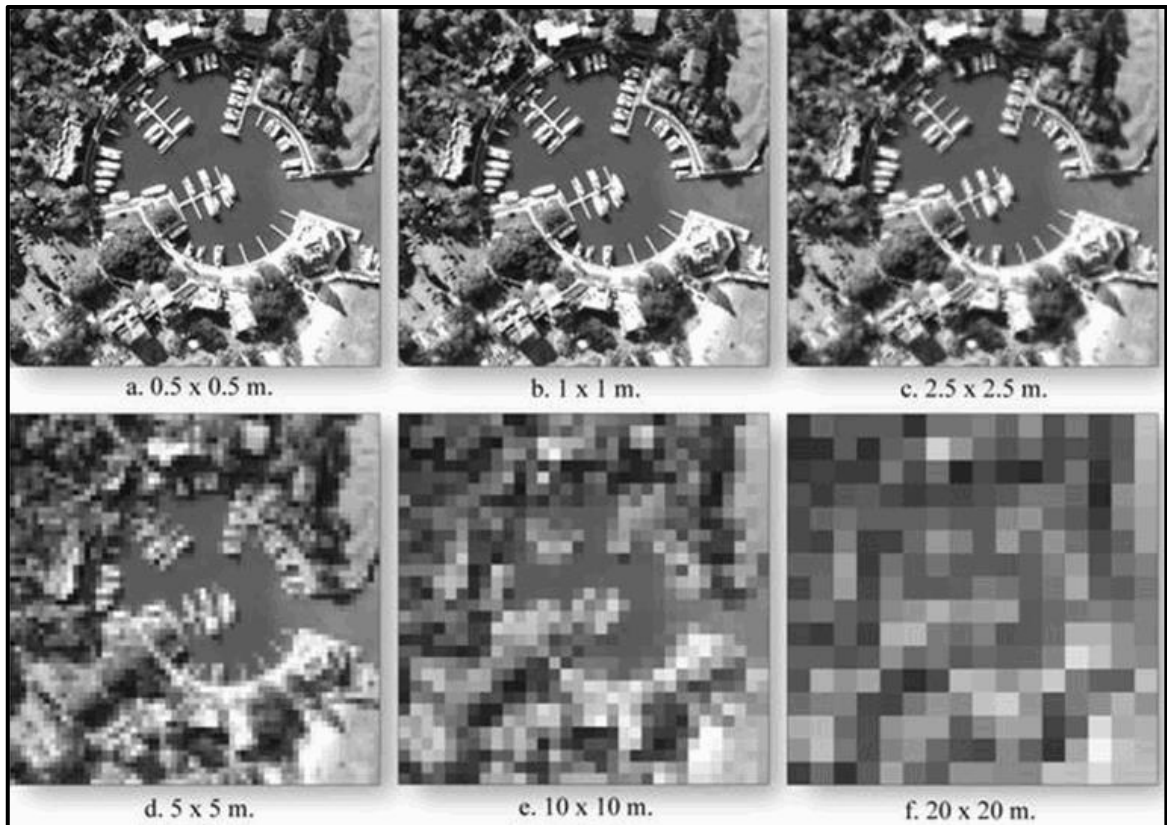
Multispektral Sensörler: Elektromanyetik spektrumdaki birden fazla bantda algılayabilen sensörlerdir. İki farklı algılayıcı dizilimi aynı anda farklı enerji bölgelerini algıladıkları için renkli görüntü oluşmaktadır (Yüce, 2019).

3.3 Uzaktan Algılamada Çözünürlük

Bir görüntüleme sisteminde kayıtlı edilen detayların ayırtılabilirlik ölçüsüdür. Uydu görüntüleri için 4 farklı çözünürlükten söz edebiliriz.

3.3.1 Geometrik (Konumsal) Çözünürlük

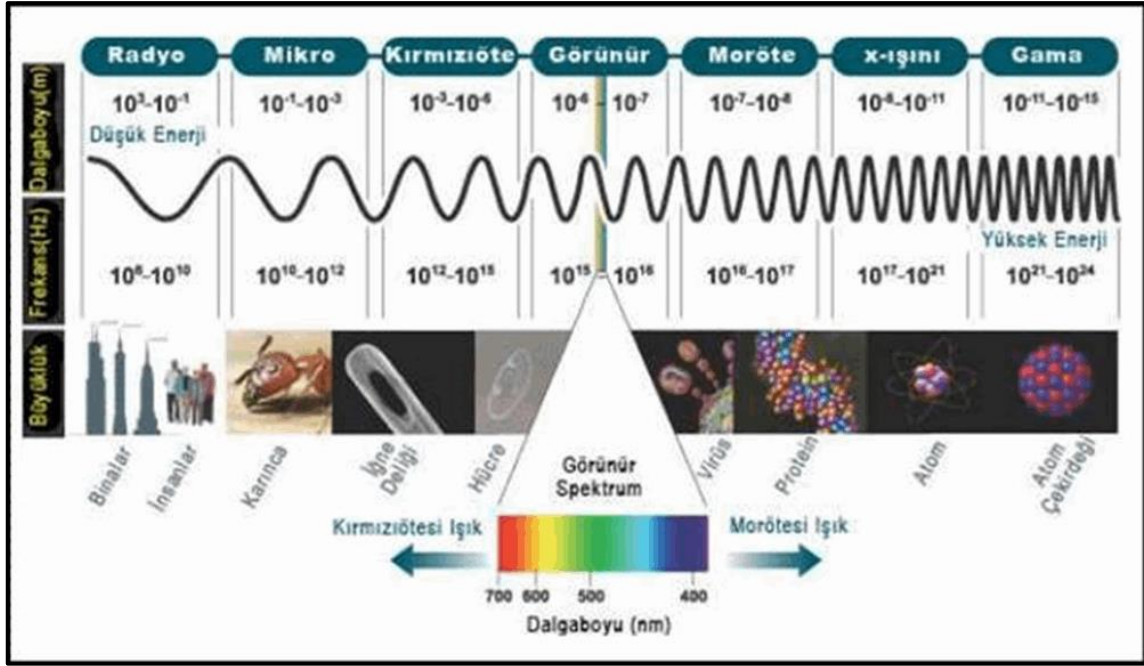
Algılanan enerjinin yeryüzünde karşıladığı alandır. Bir başka deyişle ayırtılabilen en küçük objenin yeryüzündeki boyutudur. Dijital görüntülerde objeler piksellerle temsil edildiği için bir obje ne kadar çok piksel ile temsil edilirse ayırtılması o kadar fazla olmaktadır. Geometrik çözünürlük ne kadar iyi olursa görüntü yorumlayabilmek o derece kolaylaşmaktadır çünkü nesnelerin birbirinden ayrılabilirliği artmaktadır. (Çölkesen, 2015).



Şekil 3.9 Geometrik çözünürlükleri farklı görüntüler (URL 2).

3.3.2 Spektral Çözünürlük

Algılanan elektromanyetik spektrumun dalga boyu aralıkları ve bunların sayısı olarak tanımlanabilir. Bant aralığı daraldıkça spektral çözünürlük artar, bant aralığı genişledikçe spektral çözünürlük azalır yani spektrumun daha fazla parçalara ayrılması spektral çözünürlüğü artırır. (Çölkesen, 2015).

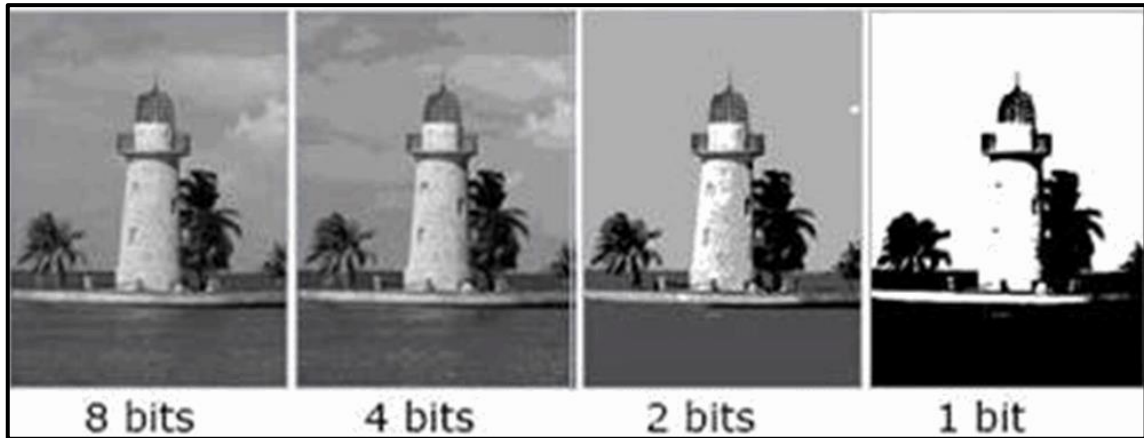


Şekil 3.10 Elektromanyetik spektrum (URL 2).

3.3.3 Radyometrik Çözünürlük

Algılanan enerji miktarlarının ayırt etme gücüdür. Bir başka deyişle nesneleri tanımlayan renk tonu sayısı diyebiliriz. (Çölkesen, 2015).

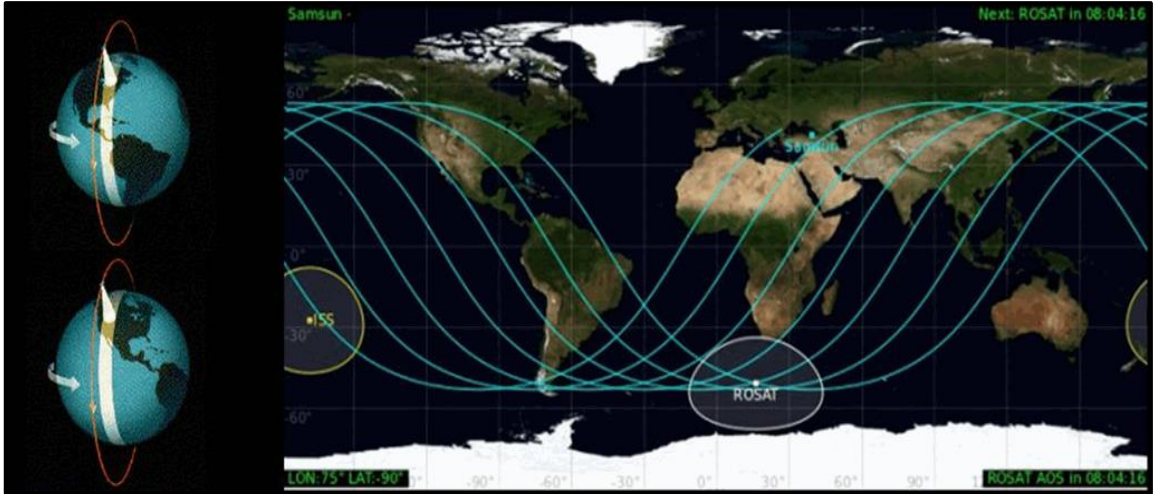
Radyometrik çözünürlük kaydedilen bir görüntüyü oluşturan piksellerin alabileceği değerler skalasının büyüklüğüyle ifade edilebilir. Radyometrik çözünürlük bit ile ifade edilir. Örnek verecek olursak; 4 bit olarak kaydedilen bir görüntüde pikseller 0-63 arasındaki değerlerle temsil edilirken, 8 bit olarak kaydedilen bir görüntüde pikseller 0-255 arasındaki değerlerle temsil edilir.



Şekil 3.11 Radyometrik çözünürlükleri farklı görüntüler (URL 2).

3.3.4 Zamansal Çözünürlük

Uydular sabit bir yörüngede dünya etrafında dönerler ve belirli bir periyotta tekrar aynı noktadan geçerler. Uyduların bir bölgeye ait kaydettikleri görüntüyü tekrar kaydedebilmesi için geçen süre zamansal çözünürlük olarak ifade edilebilir.



Şekil 3.12 Zamansal çözünürlük (URL 2).

3.4 Uzaktan Algılamada Görüntü İşleme

3.4.1 Radyometrik Düzeltme

Radyometrik düzeltme algılayıcı ve dış etkenlerden kaynaklı hataların düzeltilmesi işlemidir. Bu hatalar sistematik hatalar (Algılayıcı kaynaklı), gölge etkisi (Güneş ışığı geliş açısı veya topoğrafya kaynaklı) ve atmosfer etkisidir (Sis ve bulut kaynaklı) (Çetin, 2020).

3.4.2 Görüntü Zenginleştirme

Görüntü işleme adımına geçerken, görüntü ön işleme adımı tamamlanan görüntü istenilen formata çevrilir. Daha sonra sırasıyla görüntü zenginleştirme (Radyometrik, Geometrik ve spektral zenginleştirme), görüntünün istenilen seviyeye yükseltilmesi ve sınıflandırma işlemleri uygulanır (Çetin, 2020).

3.4.3 Geometrik (Rektifikasyon) Düzeltme

Geometrik düzeltme ile L0 seviyesinde çekilen ham görüntüde distorsiyonların giderilmesi ve görüntünün yer kontrol noktaları (GCP) kullanılarak bir koordinat sistemi tanımlanmasıdır (Çetin, 2020).

3.4.3.1 Geometrik (Rektifikasyon) Düzeltme Gerektiren Durumlar

- Hassas coğrafi konum bilgisi elde etmek,
- Aynı topoğrafyaya ait görüntülerin piksellerinin karşılaştırılması gereken analizler yapmak,
- Görüntü üzerinde doğru mesafe ve alan ölçümü yapmak,
- Görüntüleri mozaikleme yapmak,
- Farklı ölçeklerdeki görüntüleri karşılaştırmak (Güngör, 2015).

2.4.4 Yeniden Örnekleme (Resampling)

Görüntüyü oluşturan piksellerin sayısını değiştirerek bir raster verinin çözünürlüğünün değiştirilmesi işlemidir. Bu işlem, sonuç görüntünün piksel değerlerini belirlemek için kullanılan matematiksel yöntemle ilgili olarak farklı sonuçlarla gerçekleşebilir (URL 8).

En yakın komşuluk, Yeniden örneklenen görüntüdeki pikselin, orijinal görüntüdeki en yakın komşusuyla aynı değeri aldığı yöntemdir. Bu yöntem hesaplama süresi açısından en verimli olarak kabul edilir ancak yeniden örneklenen görüntüde küçük hatalar ortaya çıkararak pürüzlü bir görüntü oluşmasına sebep olur (URL 8).

Bilineer enterpolasyon, Yeniden örneklenen görüntüdeki pikselin, orijinal görüntüdeki en yakın dört pikselin ağırlıklı ortalamasıyla elde edilen değeri aldığı yöntemdir. Bu yöntem en yakın komşuluk yöntemiyle elde edilen sonuç ürüne göre daha pürüzsüz bir görüntü elde eder (URL 8).

Kübik katlama, Yeniden örneklenen görüntüdeki pikselin, orijinal görüntüdeki en yakın 16 pikselin ağırlıklı ortalamasıyla elde edilen değeri aldığı yöntemdir. Bilineer enterpolasyon yöntemiyle elde edilen görüntüye göre daha keskindir (URL 8).

3.4.5 Rasyonel Polinomal Katsayıları Modeli (RPC)

Literatürde Rational Function Model (RFM) olarak da adlandırılmaktadır. Hava kamerasıyla çekilen bir görüntüyü oluşturan her bir piksel aynı çekim merkezi koordinatlarından ve aynı dış yöneltme elemanlarıyla çekilmiştir. 2-B resim koordinat sistemi ile 3-B yer koordinat sistemi arasındaki dönüşüm buna bağlı olarak basit bir matematiksel ifadeyle tanımlanabilmektedir. Ancak uzaktan algılama sistemleriyle çekilen bir uydu görüntüsü, uydu yörüngesi boyunca hareket ederken farklı konumlarda tarama satır grupları şeklinde oluşturulur. Bu nedenden ötürü aynı görüntünün içerisindeki bölümler farklı dış yöneltme elemanlarıyla çekilmiş olur. Böylece, 2-B resim koordinat sistemi ile 3-B yer koordinat sistemi arasındaki dönüşüm için oluşturulacak algılayıcı matematik modeli çok fazla parametreye bağımlı olmuştur ve karmaşık bir yapıya bürünmüştür. Bir görüntüde satır ve sütun konumlarının hesaplanması için ayrı ayrı iki oransal polinom hesaplanması yeterlidir. Satır ve sütun için olan oransal polinom katsayıları (RPC) uydu şirketleri tarafından uydunun konumu ve dönüklükleriyle birlikte sensör modeli kullanılarak hesaplanır ve uydu ham görüntüsüyle birlikte sunulur (Güngör, 2015).

3.4.6 Görüntü İşleme Seviyeleri

Uydu görüntüleri yapılacak çalışmalara göre çeşitli seviyelerde olması gerekmektedir. Bu seviyeler geliştirilen çeşitli yazılımlar sayesinde elde edilebilmektedir.

Tablo 3.1 Görüntü işleme seviyeleri (URL 3).

Görüntü İşleme Seviyesi	Açıklama
Seviye-0 (L0)	Ham görüntü (sıkıştırma ve kriptö çözümü yapılmış görüntü)
Seviye-1 (L1)	Radyometrik düzeltilmesi yapılmış görüntü (dedektör ve atmosferik hataları giderilmiş, gölge, gürültü ve bulanıklığı giderilmiş, projeksiyon sisteminde koordinat bilgileri içermeyen görüntü)
Seviye-2A (L2A)	Geometrik düzeltmesi yapılmış görüntü
Seviye-2B (L2B)	L2A görüntünün WGS84 referans sistemine göre georektefiye edilmesiyle elde edilen görüntü
Seviye-3A (L3A)	Rasyonel polinom katsayıları (Rational Polynomial Coefficients, RPC) kullanılarak ortorektefiye edilmiş görüntü
Seviye-3B (L3B)	Yer kontrol noktaları kullanılarak coğrafi konumlandırması yapılmış ve kalibre edilmiş ortorektefiye görüntü
Seviye-4 (L4)	Sayısal Yükseklik Modeli görüntüsü (DEM)
Seviye-5 (L5)	Mozaik görüntü
Seviye-6 (L6)	Tematik harita (Sınıflandırma)

3.4.7 Görüntü Sınıflandırma

Uzaktan algılamayla elde edilen görüntülerden çıkarımlarda bulunmak ve nesnelerin ayırt edilebilmesi için algılayıcılar tarafından algılanan spektral değerlerin sınıflandırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Nesnelerin spektral değerlerinin birbirinden farklı olması bu sınıflandırma işlemini anlamlı kılmaktadır. Yapılacak analize göre spektral değerler için kullanıcı tarafından sınıflar tanımlanabilmektedir. Bu da görüntüdeki nesnelere otomatik bir şekilde kategorilere ayırmaya yardımcı ve yeryüzünün farklı özelliklerini temsil eden tematik haritaları oluşturabilmektedir (Çölkesen, 2015).

Görüntü sınıflandırma işlemlerinde piksel tabanlı sınıflandırma ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemleri en çok kullanılanlardır. Piksel tabanlı sınıflandırma Kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Ayhan, vd. 2003).

Kontrollü sınıflandırmada örnekleme alanları oluşturulur ve kullanıcı tarafından tanımlanırken, kontrolsüz sınıflandırmada örnekleme alanları seçilmeden sınıflandırma yapılır (Ayhan, vd. 2003).

4. GÖKTÜRK UYDU SİSTEMLERİ

4.1 Göktürk- 1 Uydusu ve Teknik Özellikleri

Göktürk-1 uydu projesi T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayi Başkanlığı ile İtalyan Telespazio Sp.A firması arasında 2009 yılının temmuz ayında imzalanmıştır. İmzalanan bu projenin çeşitli parça ve bileşenleri Türk Uçak Sanayii Anonim Ortaklığı A.Ş tarafından üretilmiştir. 05 Aralık 2016 tarihinde Fransız Guyanas'ndan Avrua Uzay ajansı tarafından VEGA roketi ile uzaya gönderilmiş ve yörüngeye oturtulmuştur (Ünal, A. 2020).

Göktürk-1 uydusu dünyanın her yerinden yüksek çözünürlüklü görüntü kaydedebilen askeri istihbarat amaçlı olmasının yanı sıra coğrafi harita verilerinin üretilmesi, doğal afet sonrası hasar tespit çalışmalarının yapılması, orman alanlarının kontrolü gibi sivil faaliyetlere de destek verebilir yetenektedir (URL 4).

Göktürk-1 uydusu çeşitli modlarda yeryüzünden görüntü çekimi yapabilmektedir.

- Nokta (spot) görüntüleme modunda kaydedilen görüntü 15km genişlik ve 15km uzunluğundadır,
- Şerit görüntüleme modunda kaydedilen görüntünün en fazla genişliği 15km ve uzunluğu 780 km'dir,
- Geniş alan modu
- Stereo mod.

Göktürk-1 uydusu 4 multispektral (RGB+NIR) ve 1 pan (siyah-beyaz) olmak üzere 5 bantta görüntüleme yapmaktadır (Gürçay, 2019).

Tablo 4.1 Göktürk-1 uydusu teknik özellikleri (URL 4).

Yörünge	Güneş Uyumlu
Yörünge İrtifası	681 km
Yörünge Hızı	7,51 km/sn
Eğim Açısı	98,11°
Fırlatma Tarihi/Yeri	05 Aralık 2016, Korou-Fransız Guyanası
Görüntüleme Kapasitesi	902 nokta hedef görüntüsü / gün
GSD	Siyah-Beyaz 0,5 m, Renkli 2 m
Görüntü Genişliği	15 km

Spot Boyutu	15x15km
Şerit uzunluğu	780 km (tek geçiştete), 14300km (azami çekim kabiliyeti)
Görüntülenen Bantlar	Siyah-Beyaz, Kırmızı, Yeşil, Mavi, Yakın Kızılötesi (NIR)
Uydu Depolama Kapasitesi	192 Gbyte
Yer istasyonu Depolama Kapasitesi	6 Pbyte
Radyometrik Çözünürlük	12-Bit
Uydu Kütlesi	1061 Kg (Yakıt dahil)
Günlük Yörünge Sayısı	14-15
Spektral Bantlar	PAN, RGB, NIR
Görüntü Kalitesi	NIIRS 5 (PAN)
Konumsal Doğruluk (Ortalama)	Yatayda: GCP'siz 10m, GCP'li 3m; Düşeyde: GCP'siz 20m, GCP'li 3m

4.2 Göktürk- 2 Uydusu ve Teknik Özellikleri

Göktürk-2 uydusu Millî Savunma Bakanlığı Tübitak Başkanlığı ile Tübitak Uzay-Tusaş iş ortaklığı 13 Nisan 2007 tarihinde imzalanan sözleşmeye istinaden üretilmeye başlanmıştır. Çok yüksek seviyede yerlilik barındıran Göktürk-2 uydusu 2,5 m çözünürlüklüdür (URL-6).

Göktürk-2 uydusunun temel amacı Türk Silahlı Kuvvetlerinin istihbarat ve coğrafi veri ihtiyacının milli imkân ve yeteneklerle karşılanmasıdır. Bunun yanı sıra diğer kamu kurum/kuruluşlarıyla birlikte üniversitelerinde uydu görüntü ihtiyaçlarını karşılamaktadır (URL-6).

Uzay kesimi ve Yer kesimi olmak üzere 2 ana bölümden oluşan Göktürk-2 uydumuzda, Uzay kesiminde faydalı yük olarak tabir edilen 2,5 m çözünürlükte görüntü çekebilen kamera ve bu kamerayı destekleyici sistemler bulunmaktadır yer kesimi ise, anten ve yer istasyonundan oluşur bu da uydu ile iletişimi sağlamaktadır (URL-6).

Göktürk-2 Uydusu;

- Spot
- Geniş Alan

- Şerit
- Stereo görüntüleme kabiliyetlerine sahiptir.

Dünya'nın her yerinden görüntü alma ve iletişim konisi içinde aktarma kabiliyetine sahip olan Göktürk-2 Uydusunun, ülkemizin savunma, çevre ve şehircilik, tarım ve ormancılık vb. alanlarında uydu görüntüsü ihtiyaçlarını karşılaması planlanmaktadır.

“Göktürk-2 Uydusu yer yüzeyinden yaklaşık 685 km yükseklikteki Güneş Uyumlu Yörüngeye yerleştirilmiş olup, Dünya etrafındaki bir turunu yaklaşık 98 dakikada tamamlamaktadır“(URL 6).

Tablo 4.2 Göktürk-2 uydusu teknik özellikleri (Ünal, A., 2020).

Yörünge	Güneş Uyumlu
Yörünge Yüksekliği	~685 km
Eğim Açısı	98,2°
Yörünge Hızı	7,5 km/sn
Şerit Genişliği	20 km
Şerit Uzunluğu	640 km
Dünya Çevresindeki Tur Süresi	~98 dakika (Günde 14/15 tur)
Günlük Yer İstasyonu temas Süresi	~ 40 dakika (Günde)
Dünyanın Her Yerinden Görüntü Alma	Evet
Uydu Kütlesi	409 kg
Görüntü Depolama Kapasitesi	5,25 Gbit (3x1,75)
Yer İstasyonu Depolama Kapasitesi	12,7 Tbyte
Çözünürlük	PAN 2,5 m - MS 5 m
Radyometrik Çözünürlük	11-Bit
Spektral Band	Pan, RGB, NIR
Görüntü Kalitesi	NIIRS 3 (PAN)
Günlük Yörünge Sayısı	14-15

5. SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ

Gelişen teknoloji ve sistemler sonucunda her geçen gün yeryüzü hakkında yürütülen çalışmalar artmaktadır. Dinamik bir yapıya sahip olan yeryüzü hakkında güncel ve yüksek doğruluktaki bilgilere olan ihtiyaçlar yürütülen çalışmalarla doğru orantılı olarak artmaktadır. Ayrıca yeryüzünü doğal ve beşerî tüm nesnelere sayısal ortamda görebilme ve bunun üzerinden çalışmalar yürütülme ihtiyacı Sayısal Yükseklik Modelini ortaya çıkarmıştır (Zeray, 2015).

1950’li yıllarda ortaya çıkan sayısal yükseklik modeline ait bir veri elde etmek için klasik yöntemler kullanıldığı için çok maliyetli ve zaman almaktaydı. Ancak günümüzde uydu görüntüleri, Radar, Lidar teknolojileri kullanılarak sayısal yükseklik modeli hızlı ve kolay üretilebildiği için yaygın hale gelmiştir (Yastıklı ve Esirtgen, 2011).

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), topoğrafya üzerindeki her bir noktanın uygun enterpolasyon fonksiyonuyla koordinatları ve yükseklik değerleriyle temsil edildiği 3 boyutlu bir modeldir (Makinacı, 2016).

Yükseklik değeriyle birlikte topoğrafyaya ait karakteristik özellikleri (tepe, çukur, sırt, zirve) tanımlayan model Sayısal Arazi Modeli (SAM)’dir. (Saygılı, 2008)

“SYM bir (x,y) konumundaki bir nokta için sadece yükseklik bilgisi içerir. Eğer z yüksekliği, bir noktanın arazi yüzeyindeki yüksekliği ise bu modele SAM denir” (Saygılı, 2008).

Sayısal yükseklik modelinin kullanım alanlarına ait bazı örnekler aşağıdaki gibidir;

- Hava fotoğraflarının ve uydu görüntülerinin konumsal hassasiyetlerini arttırmak için yapılan ortorektifikasyon işleminde,
- Uçuş Simülasyonu ve 3 boyutlu uçuş planlamasında,
- Çeşitli Mühendislik ve altyapı çalışmalarında (Ulaşım ağı, hacimsel hesaplamalar, Baraj sistemleri vb.),
- Fiziksel modellerin oluşturulmasında,
- Savunma amaçlı faaliyetlerde.

5.1 Uydu görüntülerinden Stereo Görüntü Oluşumu

Sayısal yükseklik modeli oluşturmak için 2 adet bindirmeli çekilmiş görüntüye yani stereo model oluşturacak görüntüye ihtiyaç vardır. Çünkü tek görüntüde yükseklikten kaynaklı hatalar meydana gelmektedir. Stereo görüntü elde etmek için

algılayıcı sistemlere bağılı olarak; aynı yörüngede stereo görüntü elde etme ve farklı yörüngede nadir dışı çekimle stereo görüntü elde etme şekli vardır (Esirtgen, 2010).

5.2 Stereo Görüntülerden SYM üretimi

Stereo görüntülerden SYM üretimi iki yöntemle otomatik olarak yapılabilir. Bunlar Karşılıklı noktaların bulunması (görüntü eşleme) ve Filtreleme ve enterpolasyondur (Esirtgen, 2010).

Otomatik görüntü eşlemeyle stereo çifti oluşturan her iki görüntü aynı anda işlenerek algılayıcı konumu ve dönüklükleri modellenir ardından epipolar geometri hesaplanır. Görüntü eşleme böylece iki boyuttan tek boyuta indirgenir (Esirtgen, 2010).

5.3 Görüntü Eşleme

Stereo görüntülerden otomatik sayısal yükseklik modeli oluşturmak için görüntü eşleme yöntemi kullanılmalıdır. Aynı iki nokta stereo görüntü üzerinde otomatik olarak işaretlenir. İşaretlemenin yapılabilmesi için diğer görüntüde işaretlenen noktanın araştırılması işlemi görüntü eşlemedir. Görüntü Eşleme; Alana dayalı eşleme, Detaylara dayalı eşleme ve İlişkisel eşleme yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilir (Esirtgen, 2010).

6. UYGULAMA

Bu çalışmada PCI Geomatica yazılımının Orthoengine modülünde SYM üretim amaçlı Göktürk-1 uydusu ile görüntülenen ANTALYA/Serik (Test Alanı-1) ve İZMİR/Bergama (Test Alanı-2) bölgelerine ait aynı alanı kapsayan ve ardışık olarak farklı açılardan çekilmiş 3 adet L2A seviyesi olarak adlandırılan uydu görüntüleri kullanılmıştır. Söz konusu görüntülerden iki farklı yöntemle SYM üretilmiştir. Birinci yöntemde görüntülerden, Oransal Polinom Katsayıları (Rational Polynomial Coefficients, RPC) kullanılarak PCI Geomatica yazılımının kullanmış olduğu Semi-Global Matching (SGM) görüntü eşleme algoritması ile L4A seviyesi olarak adlandırılan SYM üretilmiştir. İkinci yöntemde ise görüntülerden, RPC parametrelerine ilâve olarak Yer Kontrol Noktaları (YKN) kullanılarak L4B seviyesinde SYM üretilmiştir. Üretilen SYM'lerin doğrulukları; 30 cm yer örnekleme aralıklı ve %80 boyuna, %30 enine bindirme oranı ile çekilen hava fotoğraflarından elde edilen stereo modellerden yükseklik bilgisi okunmak suretiyle oluşturulan Kontrol Noktaları, Harita Genel Müdürlüğü tarafından üretilen 0.30 m yer örnekleme aralıklı Sayısal Yüzey Modeli (SYM-0.30m) ile 5 m yer örnekleme aralıklı Sayısal Yüzey Modeli (SYM-5m) verileri kullanılarak kontrol edilmiştir.

6.1 Çalışma Bölgesi

Uygulama kapsamında seçilen ilk bölge olan Test Alanı-1, 1/250.000 ölçekli ANTALYA paftası içerisinde yer alan ve yaklaşık olarak 1/50.000 ölçekli O26-a paftasını kapsayan alandır. Test Alanı-1'in genel görünümü Şekil 6.1 ve Şekil 6.2'de gösterilmiştir.



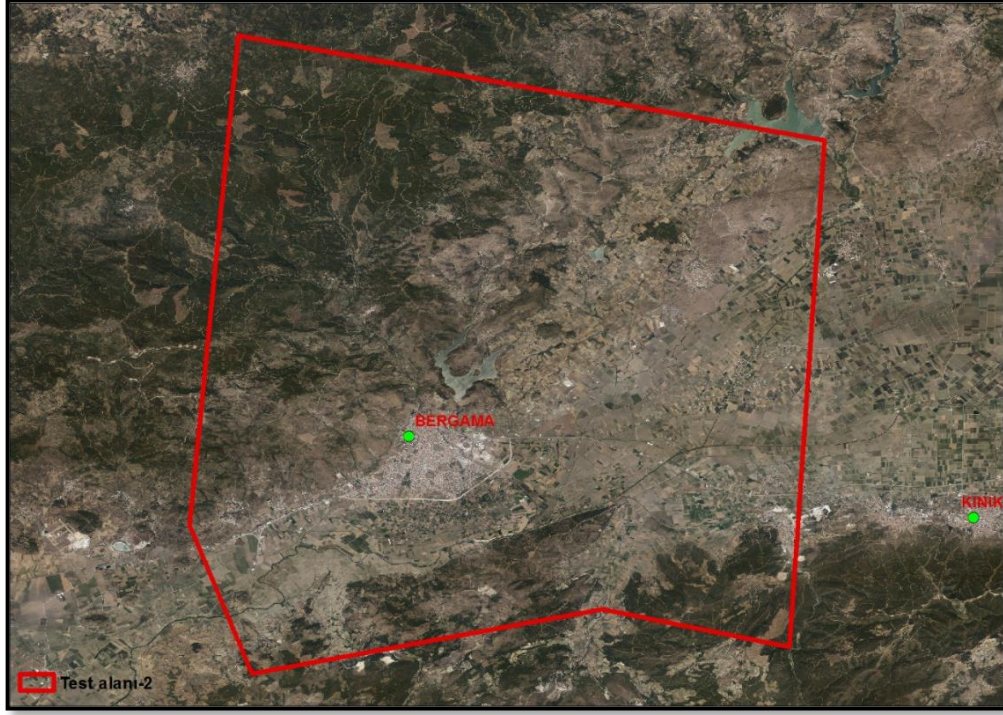
Şekil 6.1 Test Alanı-1.



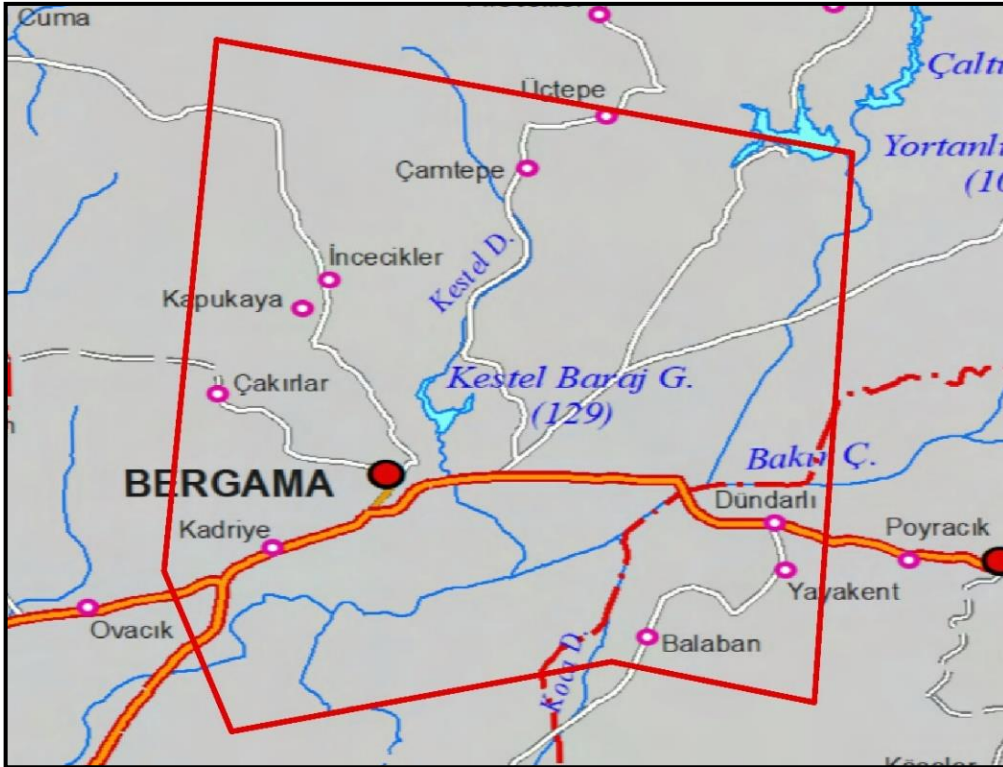
Şekil 6.2 Antalya Serik çalışma bölgesi.

Uygulama kapsamında seçilen ikinci bölge olan Test Alanı-2, 1/250.000 ölçekli BALIKESİR paftası içerisinde yer alan yaklaşık olarak yaklaşık olarak 1/50.000 ölçekli

J18-c paftasını kapsayan alandır. Test Alanı-2'nin genel görünümü Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'te gösterilmiştir.



Şekil 6.3 Test Alanı-2.



Şekil 6.4 İzmir Bergama çalışma bölgesi.

6.2 Veri Seti

Test Alanı-1 için, 31 Mart 2018 tarihinde Göktürk-1 uydusunca stereo görüntü oluşturmak amacıyla tri-stereo modda, yörünge boyunca ardışık olarak çekilmiş, aşağıda isimleri belirtilen 3 adet görüntü kullanılmıştır. Görüntülerin çekim açıları sırasıyla 30.42° , 7.48° ve 30.44° 'dir.

- GKT_GGS_20180331075654_20180331075658_20180331082355_L2A
- GKT_GGS_20180331075743_20180331075747_20180331082437_L2A
- GKT_GGS_20180331075836_20180331075840_20180331082633_L2A



Şekil 6.5 Test Alanı 1'de kullanılan uydu görüntüleri.

Söz konusu uydu görüntülerinin yöneltmesinde kullanılan 48 adet YKN, 2019 yılı içerisinde aynı bölgede Harita Genel Müdürlüğü tarafından çekilen hava fotoğraflarından elde edilen stereo modellerden türetilmiştir. Söz konusu hava fotoğrafları, UltraCam Eagle marka sayısal hava kamerası ile 30 cm Yer Örnekleme Aralığı (YÖA) ile, %80 boyuna, %30 enine bindirme oranında çekilmiş ve fotogrametrik nirengi yöntemiyle dengelenmiştir. Bahse konu hava fotoğraflarının dengeleme sonuçları Tablo 6.1'de sunulmuştur. Yukarıda ifade edilen şekilde, stereo modellerden elde edilen YKN'lere ilişkin örnek görseller Şekil 6.6'da sunulmuştur.

Tablo 6.1 Hava fotoğrafı dengeleme sonuç raporu Test Alanı-1.

ID	X (m)	Y (m)	Z (m)
Maximum	0.193	-0.242	-0.481
Standart Sapma	± 0.076	± 0.081	± 0.157
KOH	± 0.075	± 0.080	± 0.172
KOH-yatay	± 0.110		

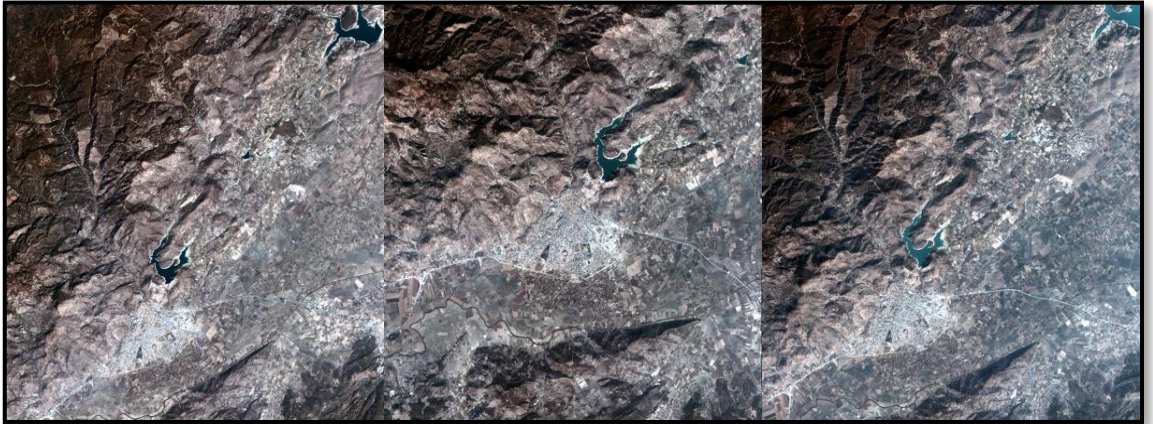


Şekil 6.6 Stereo görüntülerden elde edilen YKN örnekleri (Test Alanı-1).

Ayrıca uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin doğruluk analizinde kullanılmak üzere hazırlanan 209 adet kontrol noktası, yine aynı hava fotoğraflarından oluşturulan stereo modellerden türetilmiştir.

Test Alanı-2 için, 07 Kasım 2017 tarihinde Göktürk-1 uydusunca stereo görüntü oluşturmak amacıyla tri-stereo modda, yörünge boyunca ardışık olarak çekilmiş, aşağıda isimleri belirtilen 3 adet görüntü kullanılmıştır. Görüntülerin çekim açıları sırasıyla 34.99° , 6.11° ve 28.32° 'dir.

- GKT_GGS_20171107081126_20171107081129_20171107171230_L2A
- GKT_GGS_20171107081232_20171107081235_20171107172626_L2A
- GKT_GGS_20171107081315_20171107081318_20171107171126_L2A



Şekil 6.7 Test Alanı 2'de kullanılan uydu görüntüleri.

Söz konusu uydu görüntülerinin yöneltiminde kullanılan 49 adet YKN, 2019 yılı içerisinde aynı bölgede Harita Genel Müdürlüğü tarafından çekilen hava fotoğraflarından elde edilen stereo modellerden türetilmiştir. Söz konusu hava fotoğrafları, UltraCam Eagle marka sayısal hava kamerası ile 30 cm YÖA ile, %80 boyuna, %30 enine bindirme oranında çekilmiş ve fotogrametrik nirengi yöntemiyle dengelenmiştir. Bahse konu hava fotoğraflarının dengeleme sonuçları Tablo 6.2'de

sunulmuştur. Yukarıda ifade edildiği şekilde elde edilen bazı YKN'lere ilişkin görseller Şekil 6.8'de gösterilmiştir.

Tablo 6.2 Hava fotoğrafı dengeleme sonuç raporu Test Alanı-2.

ID	X (m)	Y (m)	Z (m)
Maximum	-0.351	0.127	-0.337
Standart Sapma	± 0.129	± 0.059	± 0.147
KOH	± 0.120	± 0.057	± 0.119
KOH-yatay	± 0.133		

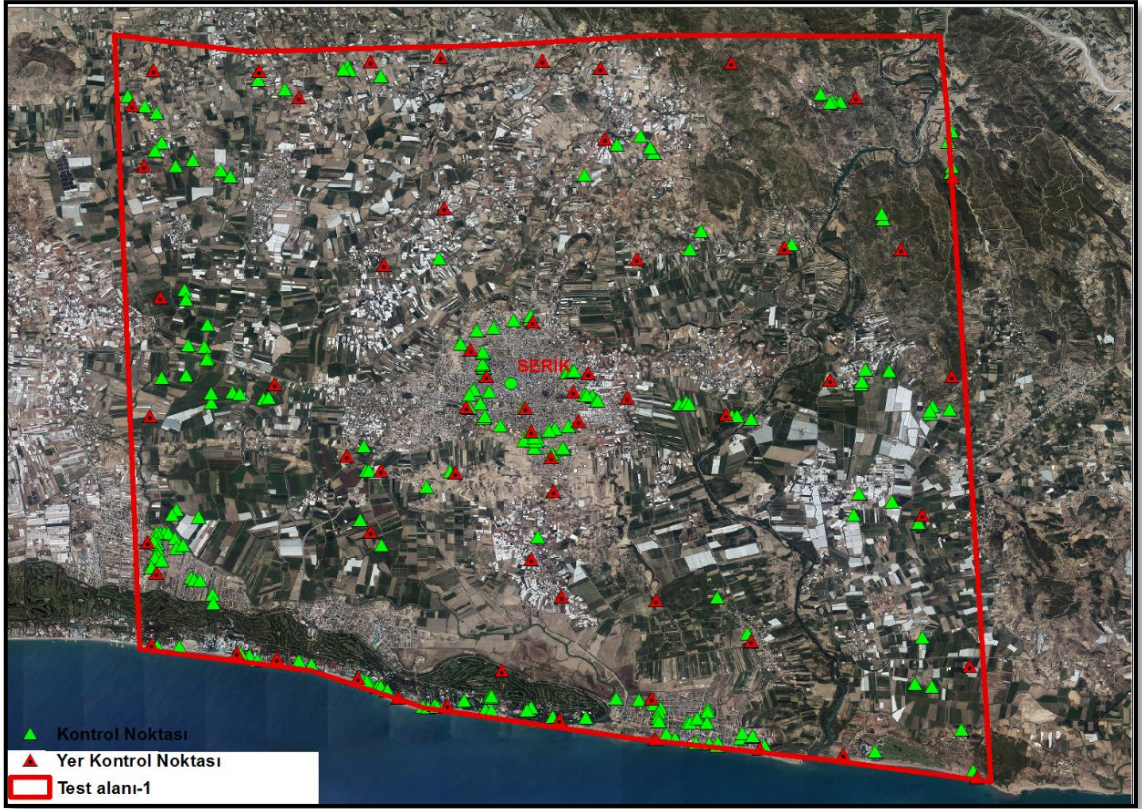


Şekil 6.8 Stereo görüntülerden elde edilen YKN örnekleri (Test Alanı-2).

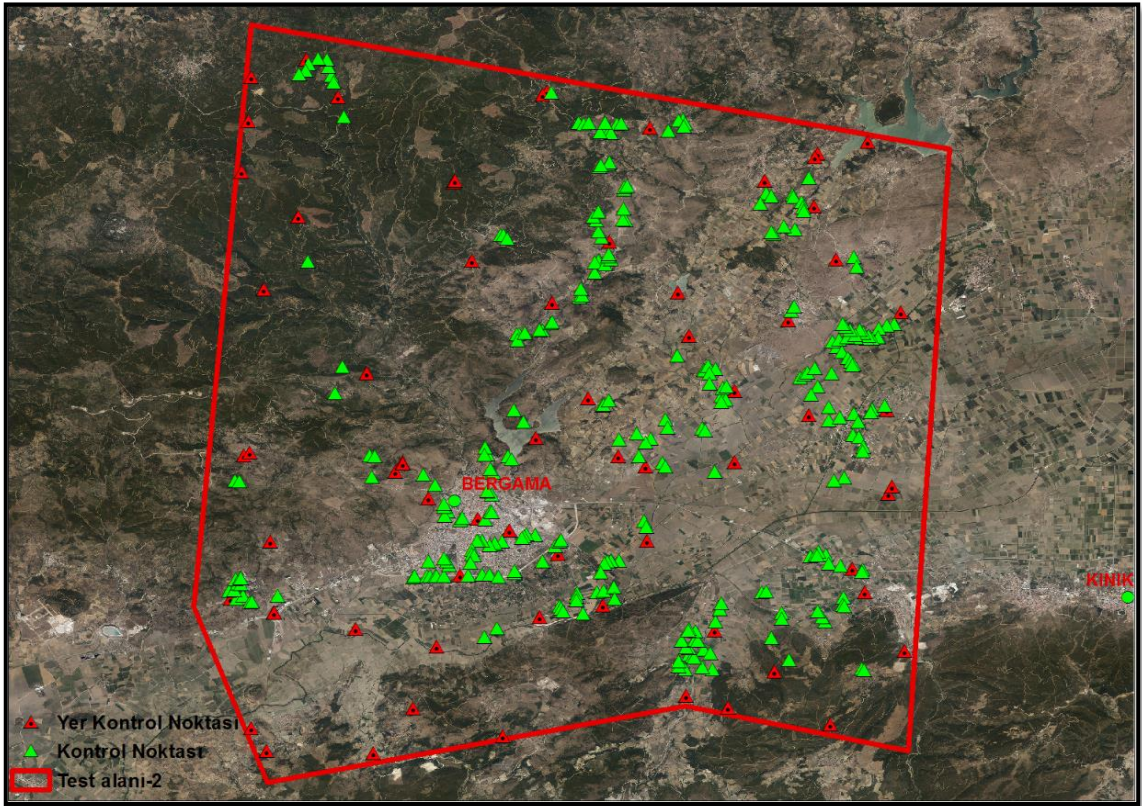
Ayrıca uydu görüntülerinden üretilen SYM verisinin doğruluk analizinde kullanılmak üzere hazırlanan 294 adet kontrol noktası yine aynı hava fotoğraflarından oluşturulan stereo model üzerinden türetilmiştir.

6.3 Yer Kontrol Noktalarının Belirlenmesi

Yukarıda ifade edildiği üzere; dış yöneltme elemanları fotogrametrik nirengi yöntemi ile elde edilen, 30 cm YÖA'na sahip hava fotoğraflarından oluşturulan stereo model üzerinden; Test Alanı-1 için toplam 257 adet noktanın (48 adet YKN, 209 adet KN) ve Test Alanı-2 için ise toplam 343 adet noktanın (49 adet YKN, 294 adet KN) düşey ve yatay koordinatları tespit edilmiş ve çalışmada kullanılmıştır. Söz konusu noktaların dağılımları Şekil 6.9 ve Şekil 6.10'da gösterilmiştir.



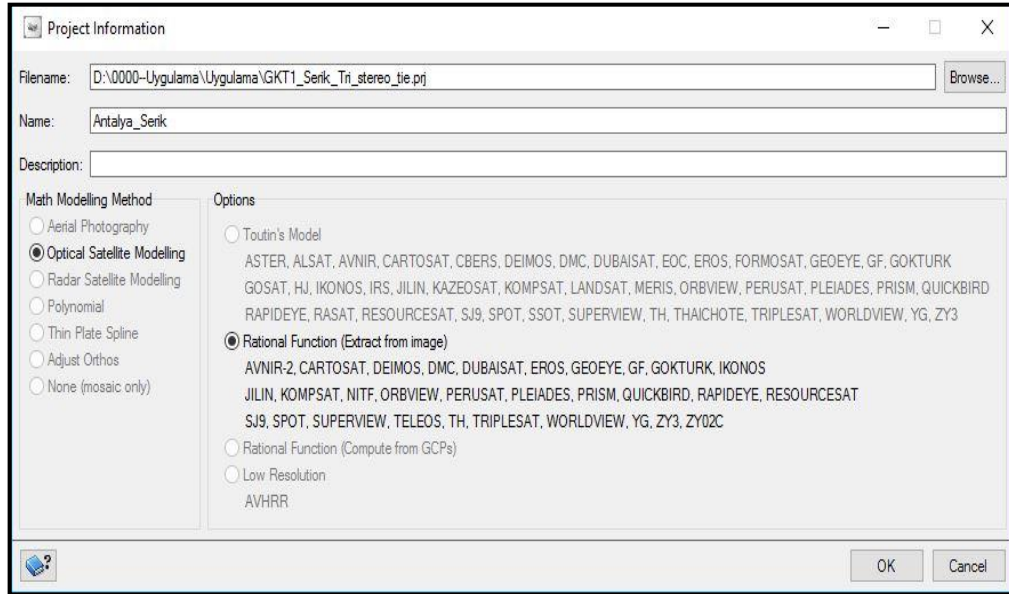
Şekil 6.9 Test Alanı-1 nokta dağılımı (Antalya/Serik).



Şekil 6.10 Test Alanı-2 nokta dağılımı (İzmir/Bergama).

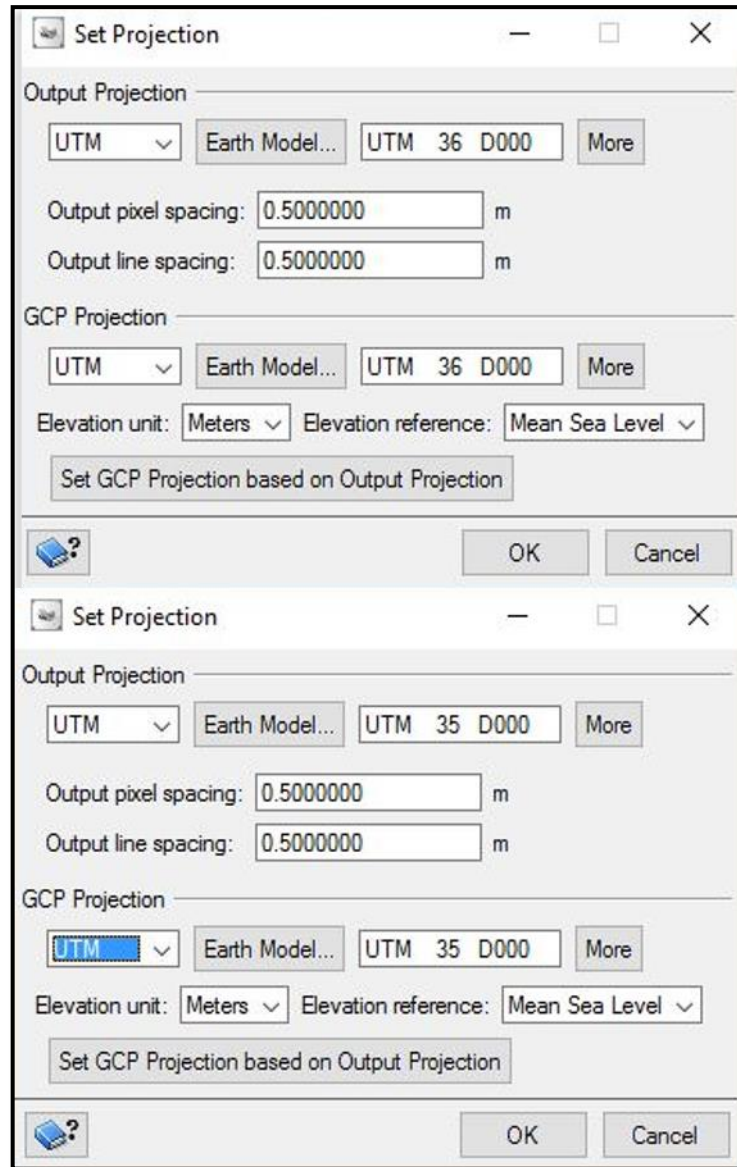
6.4 Görüntülerin Tanıtılması

Uydu görüntülerinden SYM üretim maksadıyla PCI Geomatica yazılımında Orthoengine modülünde ilk olarak her iki test alanı içinde proje dosyası oluşturulmuştur. Oluşturulan proje içerisinde öncelikle çalışılacak uzaktan algılama sistemi olarak “Optical Satellite Modeling” seçilmiştir. Seçilen arayüzde Şekil 6.11’de gösterilen Göktürk-1 uydusunun parametrelerinin tanımlı olduğu ve yöneltme işlemi için Rational Function (Extract From Image) sekmesi seçilmiştir.



Şekil 6.11 Proje parametreleri.

Diğer işlem adımı olarak Şekil 6.12’de gösterildiği üzere uydu görüntülerinin bulunduğu bölgenin koordinat bilgisi WGS-1984 datumunda Universal Transverse Mercator (UTM) projeksiyonunda Test Alanı-1 için dilim numarası 36, Test Alanı-2 için ise dilim numarası 35 ve üretilecek olan verinin pankromatik banttaki görüntüsünün mekânsal çözünürlüğü 0.5 m piksel boyuna sahip olduğu göz önünde bulundurularak YÖA 0.5 m olarak tayin edilmiştir.



Şekil 6.12 Koordinat sisteminin tanımlanması.

6.5 Görüntü Keskinleştirme

Görüntülerin projeye eklenmesi için görüntü keskinleştirme işlemi yapmak amacıyla “Merge/Pansharp Multispectral Images” aracı ile sırasıyla ham görüntüler içerisindeki “PM” isimli “.xml” dosyası içerisindeki uydu parametre bilgileri (RPC) kullanılarak Şekil 6.13’te gösterilen pankromatik görüntünün çözünürlük bilgisi ile Şekil 6.14’te gösterilen multispektral görüntünün spektral özelliği kullanılarak Şekil 6.15’te görüldüğü üzere görüntü keskinleştirme işlemi yapılmış yüksek çözünürlüklü renkli görüntü elde edilmiş ve bu işlemler iki test alanı için kullanılacak 6 (3+3) görüntü içinde uygulanarak projeye eklenmiştir.



Şekil 6.13 Pankromatik görüntü.

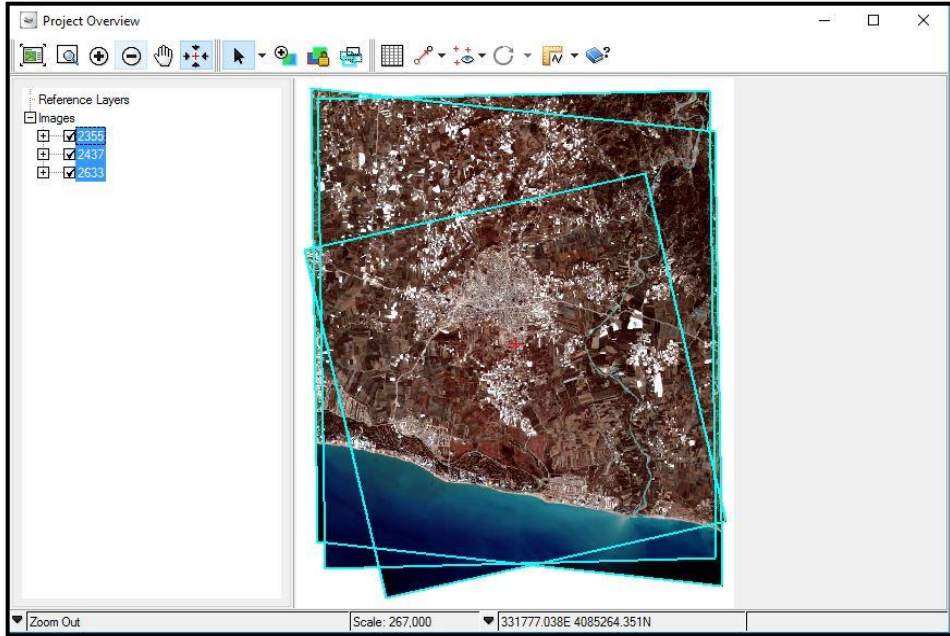


Şekil 6.14 Multispektral görüntü.



Şekil 6.15 Görüntü keskinleştirme işlemi sonrasında elde edilen görüntü.

6.6 RPC Parametreleri ile SYM Üretimi

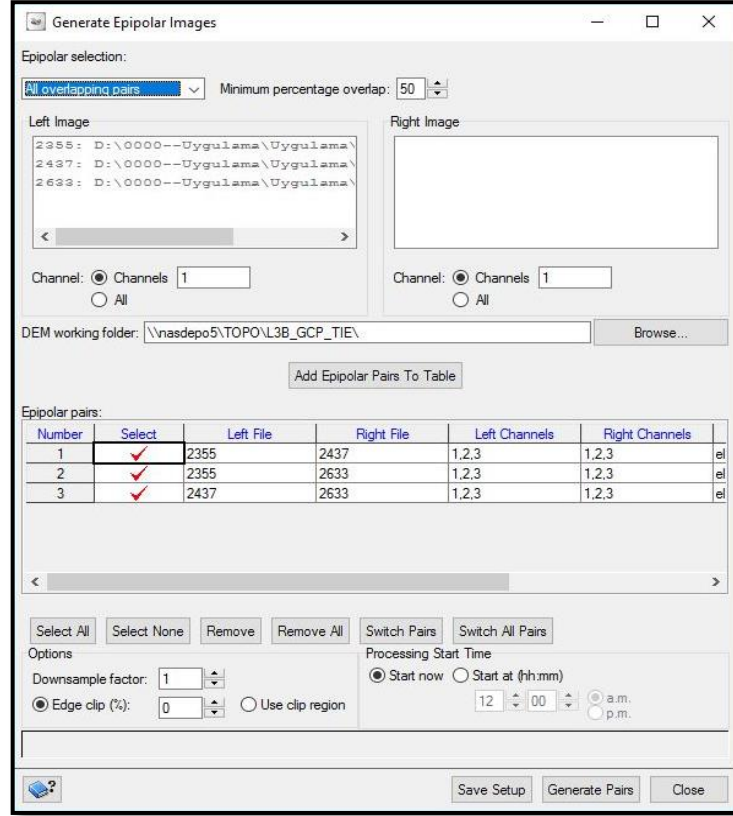


Şekil 6.16 Görüntülerin projeye eklenmesi.

L2 seviyesindeki uydu görüntüsüne ilişkin olarak uydu görüntüsü ile birlikte dağıtılan ve “PM” dosyası içerisinde yer alan RPC parametreleri ile her iki test alanına

ait görüntü keskinleştirme işlemi yapılmış ve Şekil 6.16'da görüldüğü üzere projeye eklenen görüntülerden ilk olarak L4A seviyesinde SYM üretimine geçilmiştir.

SYM üretimi için Şekil 6.17'de belirtildiği üzere her iki test alanı için 3 görüntünün kendi içerisinde epipolar geometrisi oluşturulmuş ve görüntü çiftleri arasındaki bağıntı kurularak 3 boyutlu matris elde edilmiştir.



Şekil 6.17 Epipolar üretim.

Her iki test alanı için, Şekil 6.17 ve Şekil 6.18'de gösterilen parametreler kullanılarak, 0.50 m (1 piksel) YÖA'da, L4A seviyesinde, “.pix” formatında SYM verisi elde edilmiştir.

Automatic DEM Extraction

Select	Left Image	Right Image	Epipolar Pair	Epipolar DEM	DEM Report
<input checked="" type="checkbox"/>	2355	2437	Online	dem_2355_2437.pix	dem_2355_2437.rpt
<input checked="" type="checkbox"/>	2355	2633	Online	dem_2355_2633.pix	dem_2355_2633.rpt
<input checked="" type="checkbox"/>	2437	2633	Online	dem_2437_2633.pix	dem_2437_2633.rpt

Select All | Select None | Restore Defaults

DEM Extraction Options

Extraction method: SGM (Semi-global matching)

Output DEM vertical datum: Mean sea level

Pixel sampling interval: 1 Resolution: 0.57 m

Smoothing filter: High

Delete epipolar pairs after use

Epipolar tracking

Geocoded DEM

Create geocoded DEM

Delete epipolar DEMs after use

Epipolar DEM clipping: percent percent pixels

Output DEM file name: D:\0000-Uygulama\Uygulama\DSM_Orto.pix

Resolution: 0.5 X 0.5 Y

DEM bounds: All images Selected images Custom

Upper left: 322697.500000 X 4096692.000000 Y

Lower right: 340996.000000 X 4074369.500000 Y

Output option: Merge

Clean up building edges with filter size: 13

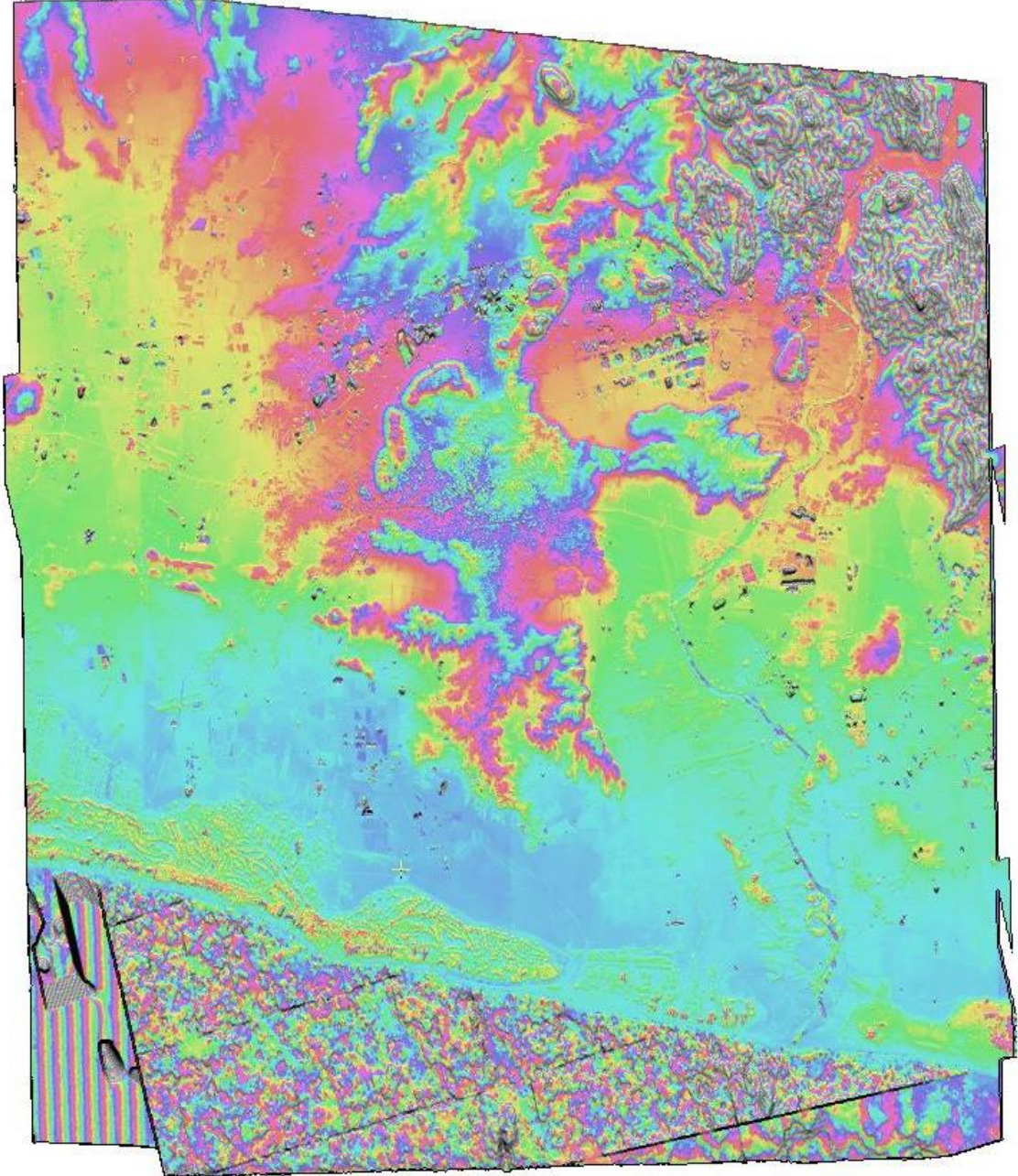
Extraction Start Time

Start now Start at (hh:mm)

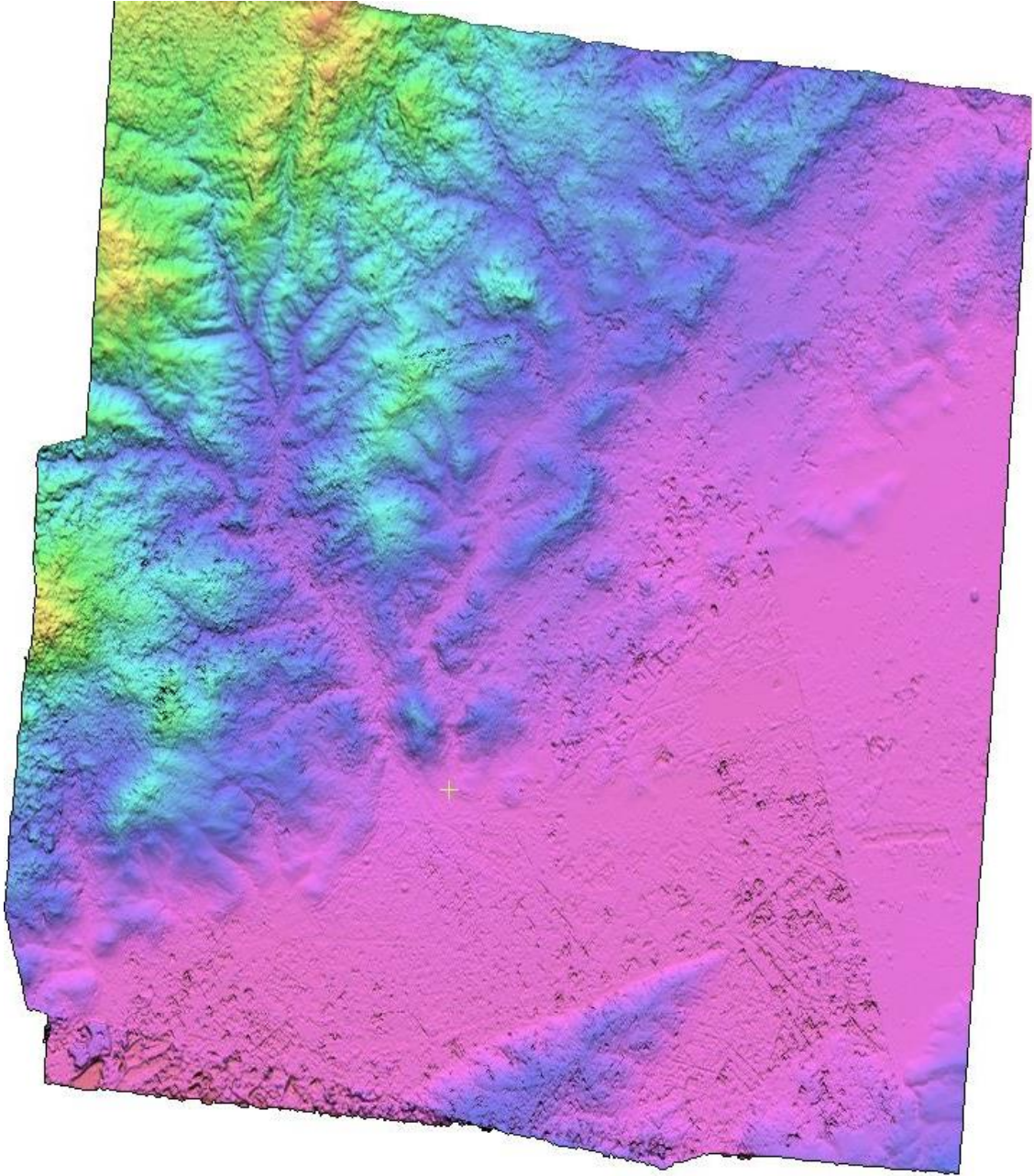
12 : 00 a.m. p.m.

Computing DEM extents ...

Şekil 6.18 SYM parametre bilgileri.



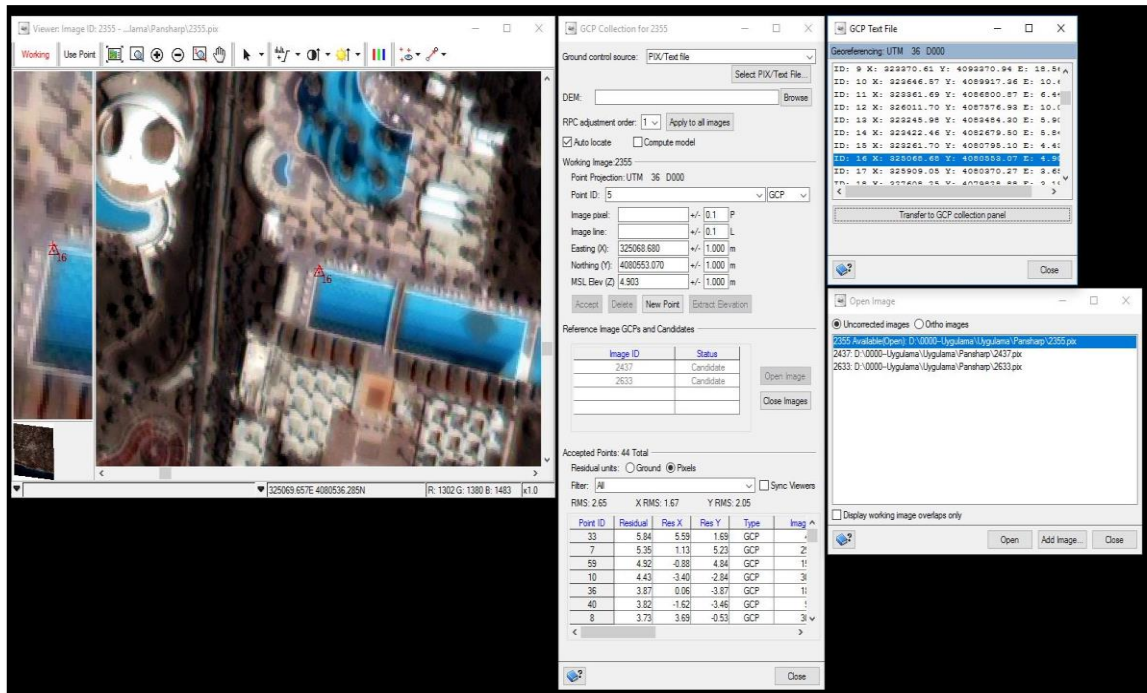
Şekil 6.19 Test Alanı-1 için L4A seviyesinde üretilen SYM verisi genel görünümü (Antalya/Serik).



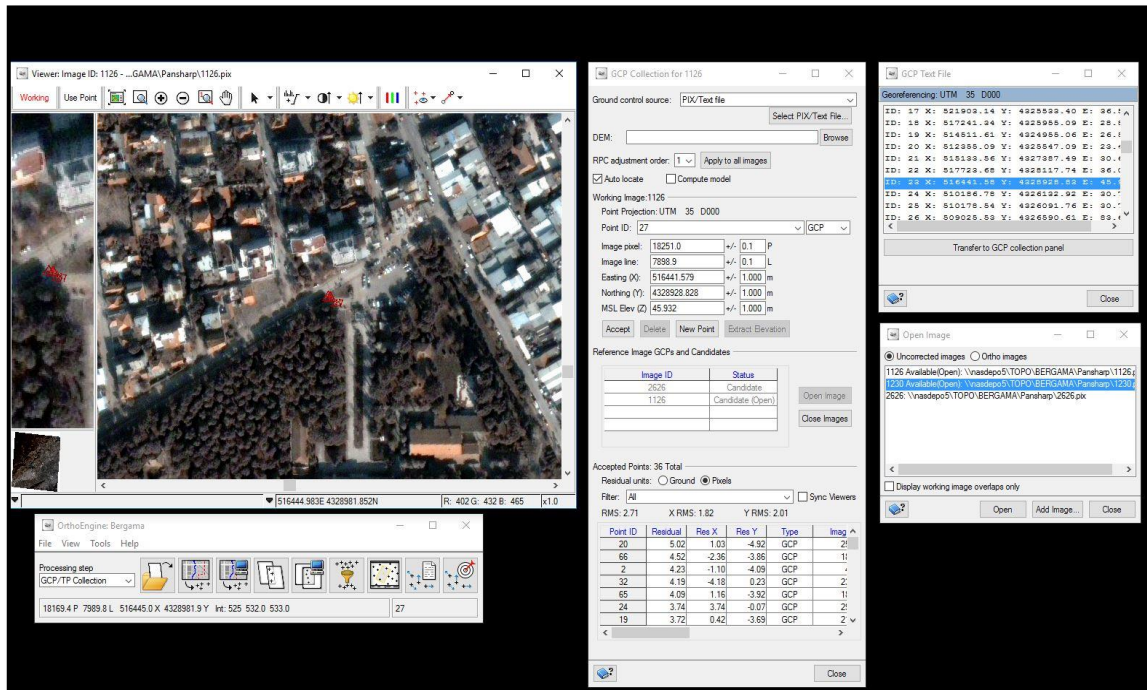
Şekil 6.20 Test Alanı-2 için L4A seviyesinde üretilen SYM verisi genel görünümü (İzmir/Bergama).

6.7 YKN Kullanılarak SYM Üretimi

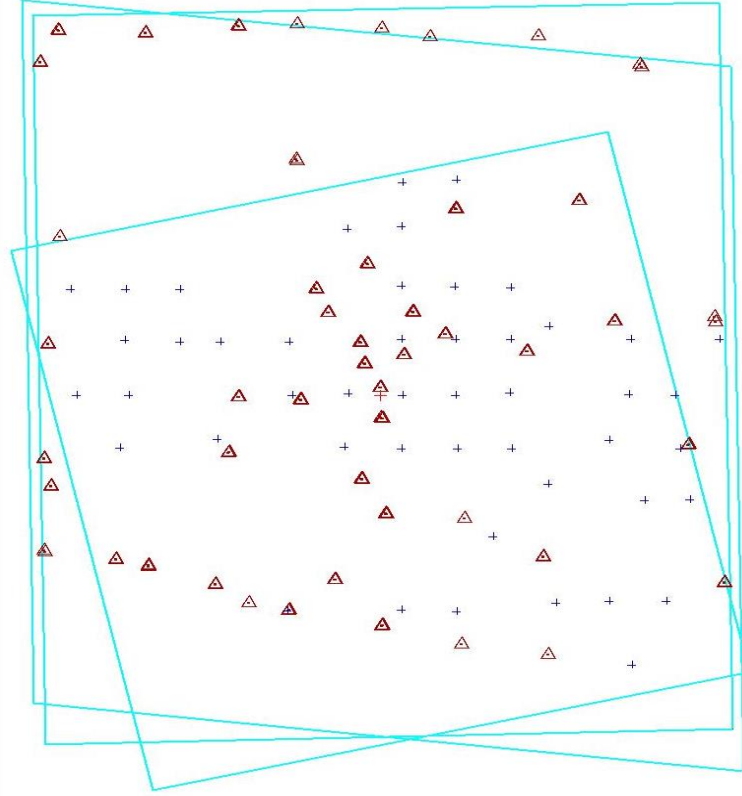
İkinci yöntem ile L4B seviyesinde SYM verisi üretimi için “Manuel GCP” aracı ile Test Alanı-1 için 48 adet, Test Alanı-2 için ise 49 adet YKN noktası projeye dâhil edilmiştir. Test Alanı-1 ve Test Alanı-2 bölgelerinde yapılan YKN tesisine ilişkin örnek görseller sırasıyla Şekil 6.21 ve Şekil 6.22’de gösterilmiştir. Söz konusu noktaların dağılımı ise Test Alanı-1 için Şekil 6.23’te, Test Alanı-2 için ise Şekil 6.24’te gösterilmiştir.



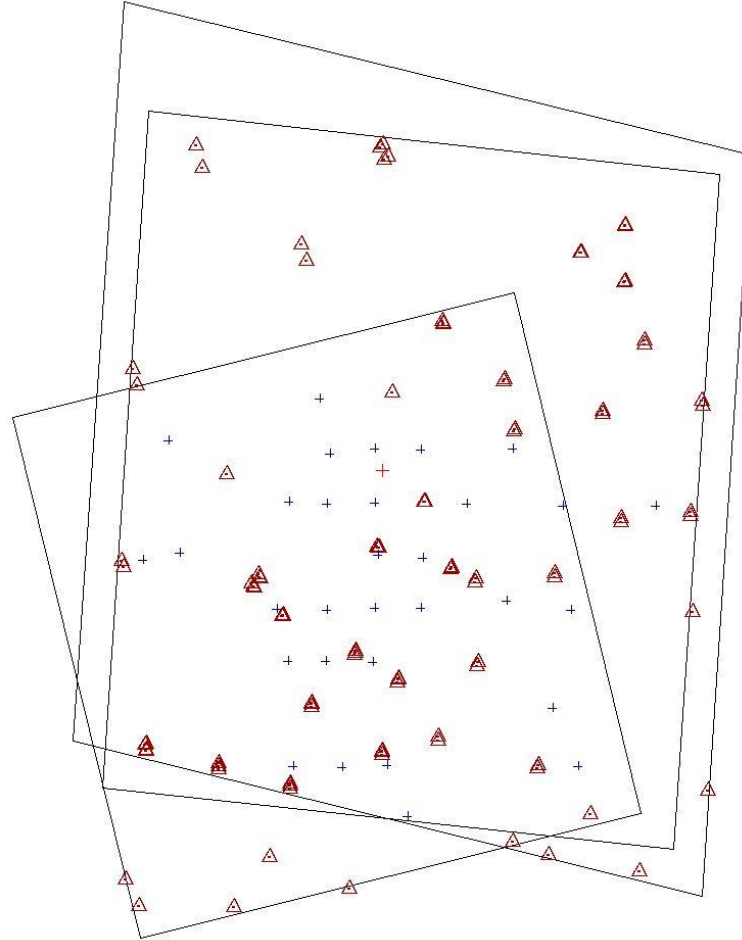
Şekil 6.21 Test Alanı-1 YKN tesisi (Antalya/Serik).



Şekil 6.22 Test Alanı-2 YKN tesisi (İzmir/Bergama).



Şekil 6.23 Test Alanı 1 için YKN ve Bağlama Noktası (BN) dağılımı (Antalya/Serik).



Şekil 6.24 Test Alanı 2 için YKN ve BN dağılımı (İzmir/Bergama).

İşaretlemesi yapılan YKN noktalarına gelen düzeltme değerleri “Residual Errors” sekmesinden görüntülenmiştir. Elde edilen sonuç raporu Test Alanı-1 için Şekil 6.25’te, Test Alanı-2 için ise Şekil 6.26’da gösterilmiştir.

Residual Errors

Point Exterior Orientation

Residual Units: Ground units Image pixels

Residual Type: RMS Bias and Standard deviation

RPC adjustment order: 1

Residual Summary for 3 Images

Active GCPs: 48 X RMS: 1.31 Y RMS: 1.52
 Active TPs: 48 X RMS: 0.60 Y RMS: 0.36
 Check points: 0 X RMS: Y RMS:
 Inactive GCPs: 0 X RMS: Y RMS:
 Inactive TPs: 0 X RMS: Y RMS:
 RMS (x, y, z) for worst 5% of active points in list: 2.71, 3.32

Show Points: Active GCPs Active TPs Check points Inactive GCPs Inactive TPs

Show In: All active images Selected image

Automatic Point Selection: Points by residual Maximum percent of points/image Lowest selectable residual

Point ID	Res XY	Res X	Res Y	Type	Image ID	Image X	Image Y	Comp X	Comp Y
33	5.84	5.59	1.69	GCP	2355	4047.07	32158.00	4052.66	32159.69
7	5.35	1.13	5.23	GCP	2355	29885.68	31186.19	29886.81	31191.42
59	4.92	-0.88	4.84	GCP	2355	15767.12	10367.94	15766.24	10372.79
10	4.43	-3.40	-2.84	GCP	2355	30102.46	21695.17	30099.06	21692.34
59	4.07	-1.91	3.59	GCP	2437	16170.47	13223.23	16168.56	13226.82
36	3.87	0.06	-3.87	GCP	2355	18185.26	19372.31	18185.31	19368.44
40	3.82	-1.62	-3.46	GCP	2355	9337.75	18456.26	9336.14	18452.80

Buttons: Edit Point, Delete Point, Undo Delete, Change to GCP, Change to Check Point, Selection Report

No Image Selected

Active GCPs: X RMS: Y RMS:
 Active TPs: X RMS: Y RMS:
 Check points: X RMS: Y RMS:
 Inactive GCPs: X RMS: Y RMS:
 Inactive TPs: X RMS: Y RMS:

Buttons: Compute Model, Print to File, Close

Şekil 6.25 Sonuç raporu Antalya/Serik.

Residual Errors

Point Exterior Orientation

Residual Units: Ground units Image pixels

Residual Type: RMS Bias and Standard deviation

RPC adjustment order: 1

Residual Summary for 3 Images

Active GCPs: 49 X RMS: 2.40 Y RMS: 1.61
 Active TPs: 31 X RMS: 2.44 Y RMS: 0.73
 Check points: 0 X RMS: Y RMS:
 Inactive GCPs: 0 X RMS: Y RMS:
 Inactive TPs: 0 X RMS: Y RMS:
 RMS (x, y, z) for worst 5% of active points in list: 6.02, 2.09

Show Points: Active GCPs Active TPs Check points Inactive GCPs Inactive TPs

Show In: All active images Selected image

Automatic Point Selection: Points by residual Maximum percent of points/image Lowest selectable residual

Point ID	Res XY	Res X	Res Y	Type	Image ID	Image X	Image Y	Comp X	Comp Y
61	7.70	-6.08	4.73	GCP	2626	31545.12	3799.55	31539.04	3804.28
50	7.44	-7.44	0.21	GCP	2626	4634.45	31733.16	4627.01	31733.38
37	6.64	6.37	1.89	GCP	2626	7678.15	17278.90	7684.51	17280.79
33	6.61	6.55	-0.83	GCP	2626	18397.55	16921.36	18404.10	16920.53
18	6.00	-5.95	0.75	GCP	2626	14497.53	7506.72	14491.59	7507.47
TT00125	5.79	5.39	-2.13	TP	1230	20711.0	17618.0	20716.4	17615.9
TT00139	5.20	4.87	-1.81	TP	1126	29193.2	16684.1	29198.0	16682.3

Buttons: Edit Point, Delete Point, Undo Delete, Change to GCP, Change to Check Point, Selection Report

No Image Selected

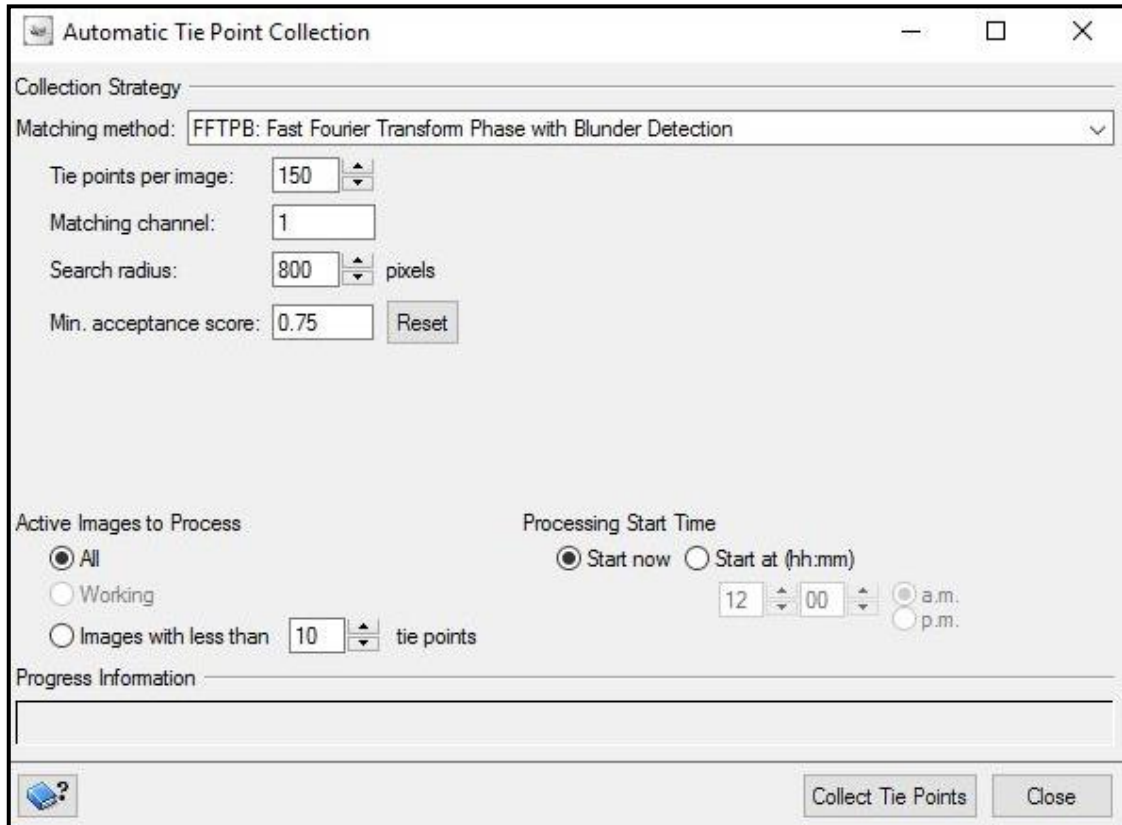
Active GCPs: X RMS: Y RMS:
 Active TPs: X RMS: Y RMS:
 Check points: X RMS: Y RMS:
 Inactive GCPs: X RMS: Y RMS:
 Inactive TPs: X RMS: Y RMS:

Buttons: Compute Model, Print to File, Close

Şekil 6.26 Sonuç raporu İzmir/Bergama.

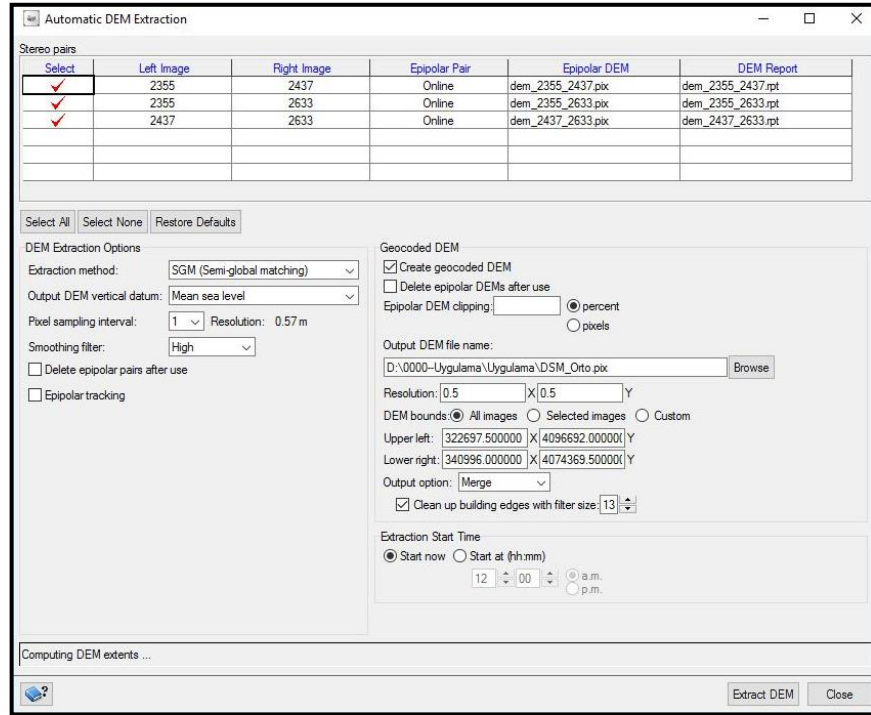
Her iki test alanı için projeye dâhil edilen YKN'ler ile görüntülerin yönltilmesini müteakip, görüntülerin bindirmeli bölgelerinde Şekil 6.27'de gösterildiği üzere otomatik BN toplama aşamasına geçilmiş ve Test Alanı-1 için 48, Test Alanı-2 için ise 31 adet BN toplanmıştır. Test Alanı-1'de yer alan YKN'lere gelen düzeltmeler incelendiğinde; X yönündeki düzeltmelerin karesel ortalama hatası ± 1.31 piksel, Y yönündeki düzeltmelerin karesel ortalama hatası ± 1.52 piksel; BN'larının X yönündeki düzeltmelerinin karesel ortalama hatası ± 0.6 piksel Y yönündeki düzeltmelerinin karesel ortalama hatası ise ± 0.36 piksel olarak belirlenmiştir. Test Alanı-1'e ilişkin ayrıntılı dengeleme sonuçları Şekil 6.25'te sunulmuştur.

Test Alanı-2'de yer alan YKN'lere gelen düzeltmeler incelendiğinde; X yönündeki düzeltmelerin karesel ortalama hatası ± 2.40 piksel, Y yönündeki düzeltmelerin karesel ortalama hatası ± 1.61 piksel; BN'lerin X yönündeki düzeltmelerinin karesel ortalama hatası ± 2.44 piksel Y yönündeki düzeltmelerinin karesel ortalama hatası ise ± 0.73 piksel olarak belirlenmiştir. Test Alanı-2'ye ilişkin ayrıntılı dengeleme sonuçları Şekil 6.25'da sunulmuştur.



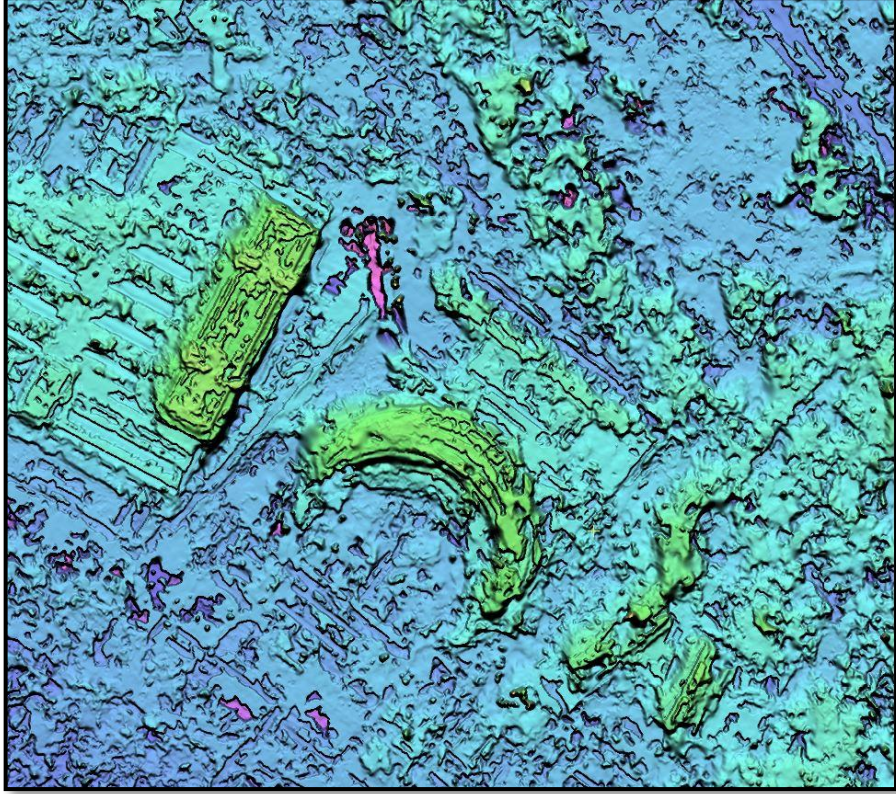
Şekil 6.27 BN girdi parametreleri.

Her iki test alanı için, L4B seviyesinde SYM üretmek amacı ile epipolar bağıntı kurulmuş ve bu bağıntıya göre Şekil 6.28’de gösterilen parametreler kullanılarak, 0.50 m (1 piksel) YÖA’da SYM verisi elde edilmiştir.

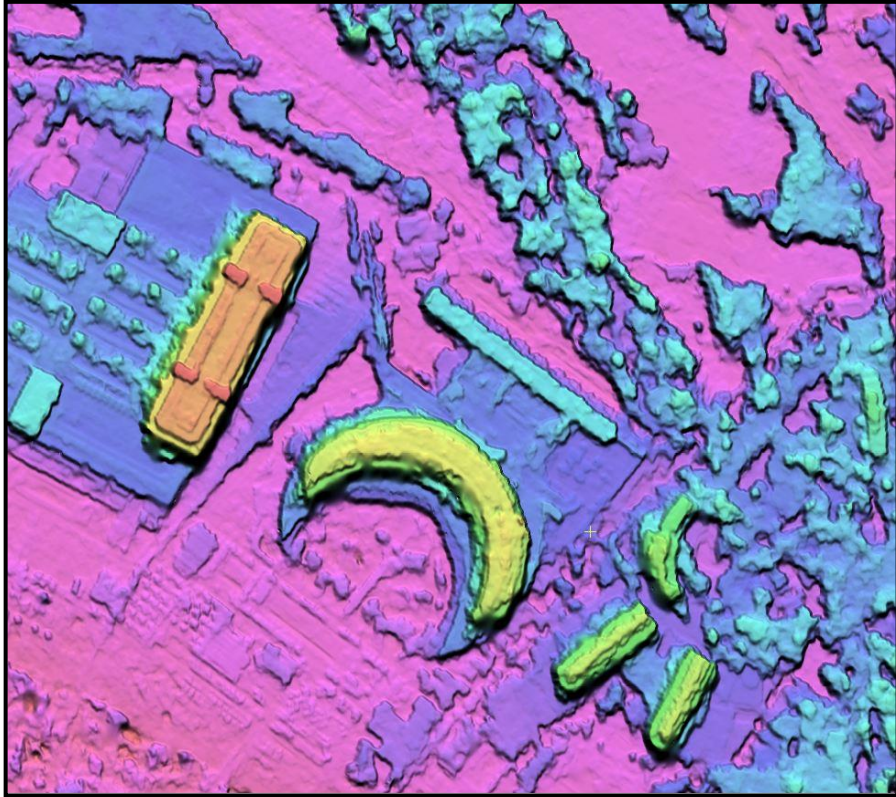


Şekil 6.28 SYM parametreleri.

Test Alanı-1’de L4A seviyesinde elde edilen SYM verileri Şekil 6.29’da ve L4B seviyesinde elde edilen SYM verileri ise Şekil 6.30’da örnek olarak gösterilmiştir.

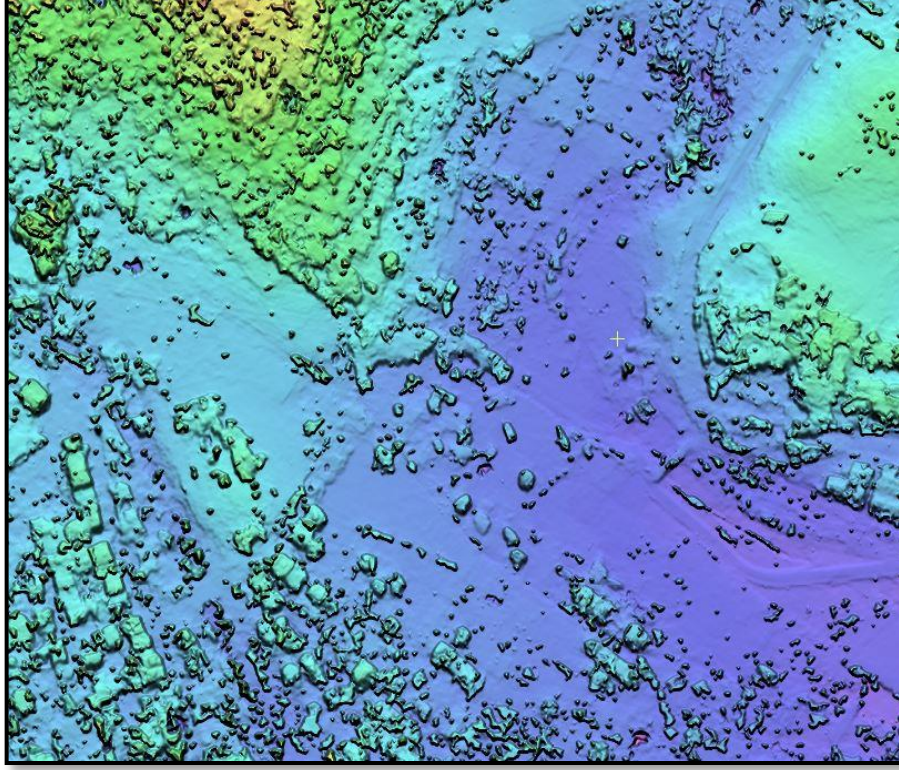


Şekil 6.29 L4A seviyesinde elde edilen SYM (Antalya/Serik).

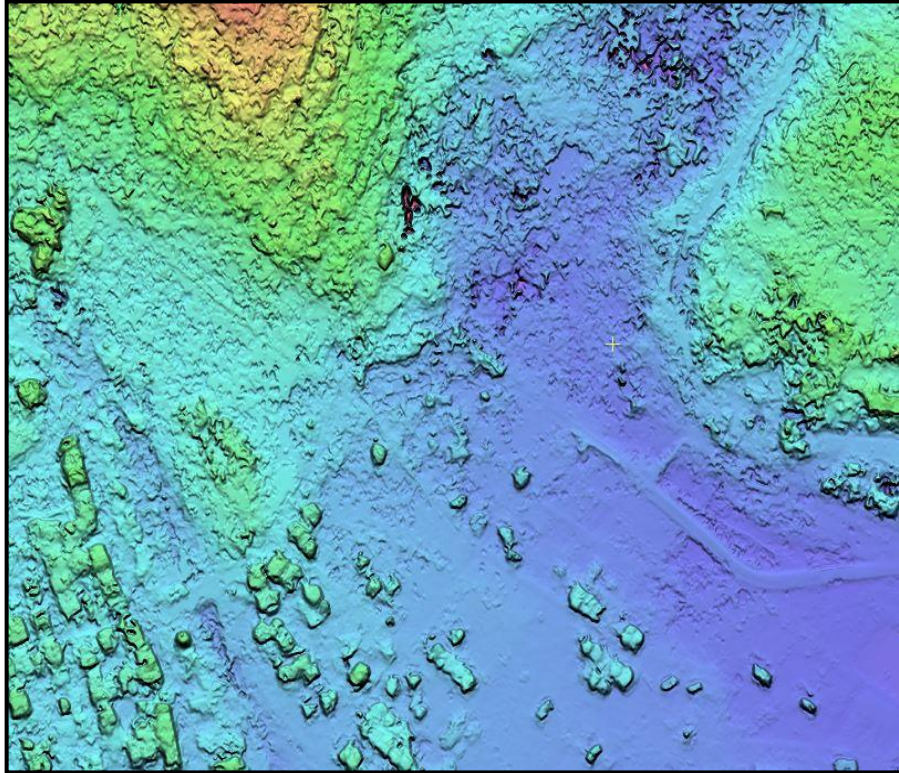


Şekil 6.30 L4B seviyesinde elde edilen SYM (Antalya/Serik).

Son olarak Test alanı-2’de de L4A seviyesinde elde edilen SYM verileri Şekil 6.31’de ve L4B seviyesinde elde edilen SYM verileri ise Şekil 6.32’de örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 6.31 L4A seviyesinde elde edilen SYM (İzmir/Bergama).



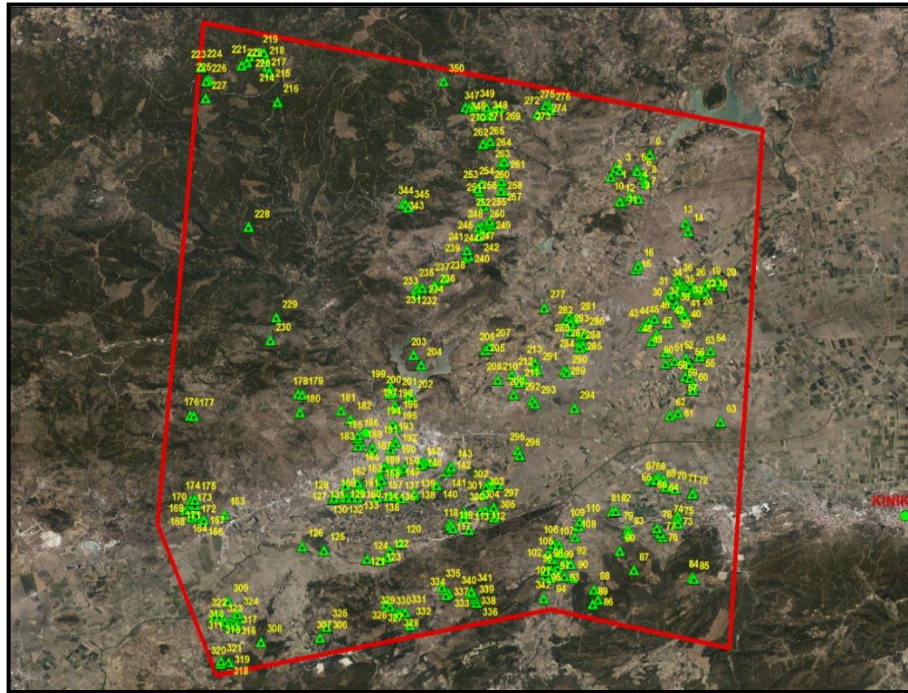
Şekil 6.32 L4B seviyesinde elde edilen SYM (İzmir/Bergama).

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Her iki test alanında L4A ve L4B seviyesinde üretilen SYM verilerinin doğruluk analizleri Test Alanı-1 için 209 ve Test Alanı-2 için ise 294 adet kontrol noktası ile yapılmıştır. Test Alanı-1'in kontrol noktaları dağılımı Şekil 7.1'de Test Alanı-2'nin kontrol noktası dağılımı ise Şekil 7.2'de gösterilmiştir.



Şekil 7.1 Test Alanı-1 kontrol noktaları (Antalya/Serik).



Şekil 7.2 Test Alanı-2 kontrol noktaları (İzmir/Bergama).

Üretilen SYM'lerin doğruluk analiz çalışmalarında her iki test alanı için de 2019 yılına ait 30 cm çözünürlüklü ve %80 boyuna, %30 enine bindirme oranı ile çekilen hava fotoğraflarından oluşturulan stereo modelden okunan yükseklik bilgileri, Harita Genel Müdürlüğü tarafından üretilen 5 m Yer Örnekleme Aralıklı Sayısal Yüzey Modeli (SYM-5m) ile 0.30 m Yer Örnekleme Aralıklı Sayısal Yüzey Modeli (SYM-0.30m) verileri kullanılmıştır. Test amacıyla kullanılan veri setlerinin doğruluklarına ilişkin bilgiler, Tablo 7.1'de sunulmuştur.

Tablo 7.1 Test amacıyla kullanılan veri setlerinin doğrulukları.

Veri Seti	LE90 (m)	Model	Kaynakça
Stereo Modelden Elde Edilen Kontrol Noktaları	± 0.50	Stereo Model	Tablo 6.1 ve Tablo 6.2 de gösterilen fotogrametrik nirengi dengeleme sonucu ile Harita Genel Müdürlüğü kurum içi yapılan operatör okuma doğruluğu baz alınarak tespit edilmiştir.
SYM-0.30m	± 1	Sayısal Yüzey Modeli	Henüz yayın yapılmamakla birlikte, Harita Genel Müdürlüğünde yapılan ilk kurum içi test çalışmaları neticesinde, % 90 güven aralığında yaklaşık ± 1 m doğrulukta olduğu bilinmektedir.
SYM-5m	± 3	Sayısal Yüzey Modeli	(Çam v.d., 2013)

Test Alanı-1 için 206 adet, Test Alanı-2 için 284 adet kontrol noktasının referans yükseklikleri; her iki bölgede üretilen SYM'lerden ve yine her iki bölgede test amacı ile kullanılan yükseklik modellerinden kestirilerek elde edilen yükseklikleri ile karşılaştırılmış ve her bir yükseklik modeline ilişkin karesel ortalama hata (KOH) değerleri hesaplanmıştır. Test Alanı-1 için hesaplanan KOH değerleri ile %90 güven aralığındaki lineer ortalama hata (LE90) değerleri ve Test Alanı-2 için hesaplanan KOH değerleri ile %90 güven aralığındaki lineer ortalama hata (LE90) değerleri Tablo 7.2'de sunulmuştur.

L4A ve L4B seviyelerinde elde edilen SYM verileri yukarıda belirtilen kontrol noktaları, SYM5 ve SYM030 referans verileri ile karşılaştırılmış ve hata miktarları Tablo 7.2'de sunulmuştur. Test aşamasında, 3 sigma yöntemine göre uyumsuz bulunan test noktaları, kontrol işleminin dışında tutulmuştur.

Tablo 7.2 Üretilen SYM verilerinin doğruluk sonuçları.

Test Alanı	Veri Seti	Referans Veri	KN Sayısı	Uyuşumsuz Ölçü Sayısı	Max. (m)	Min. (m)	Mean (m)	KOH (m)	LE90 (m)
1	L4A	Stereo	206	3	10.32	-8.99	2.01	±3.91	±6.43
		SYM-0.30			10.93	-12.09	2.45	±4.24	±6.97
		SYM-5			12.10	-12.44	2.34	±4.15	±6.83
	L4B	Stereo			2.98	-4.00	-0.19	±1.35	±2.22
		SYM-030			2.84	-3.79	0.28	±1.28	±2.10
		SYM-5			3.66	-3.67	0.17	±1.33	±2.18
2	L4A	Stereo	284	10	11.89	-12.01	0.04	±4.64	±7.64
		SYM-0.30			12.91	-12.35	-0.44	±4.62	±7.60
		SYM-5			12.08	-12.01	-0.25	±4.65	±7.65
	L4B	Stereo			3.26	-5.02	-0.70	± 1.80	± 2.96
		SYM-0.30			4.48	-5.13	-0.40	± 1.82	± 2.99
		SYM-5			4.65	-5.11	-0.59	± 1.85	± 3.05

Doğruluk sonuçları incelendiğinde, stereo görüntülerden elde edilen yüksekliklerin doğruluklarının, operatör okuma hatası da dâhil, ± 0.5 m olduğu göz önünde bulundurularak L4A seviyesinde üretimi gerçekleştirilen (YKN kullanılmaksızın) SYM verisinin doğruluğunun uydu teknik özelliklerinde gösterilen %90 güven aralığında ± 20 m'den daha iyi sonuç verdiği ayrıca L4B seviyesinde üretilen SYM verisinde de (YKN kullanılarak) elde edilen değer uydu teknik özelliklerinde belirtildiği gibi %90 güven aralığında ± 3 m'den daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. L4A seviyesinde üretilen ve Şekil 6.29, Şekil 6.31'de gösterilen SYM verisinde bina gibi yüksek yapılar incelendiğinde bina yüzeylerinde L4B seviyesinde üretilen ve Şekil 6.30, Şekil 6.31'de gösterilen SYM verisine göre daha fazla bozulmalar olduğu bu nedenle görüntüler arasındaki yatay konumsal hassasiyetin artmasının SYM verisinin de doğruluğunu ve yapıya ait gerçek yüzeyin daha doğru bir şekilde oluşmasını arttırdığı görülmüştür.

Sonuç olarak, yüksek çözünürlüklü elektro-optik uydu sistemleri arasında yer alan Göktürk-1 uydusunca alınan görüntülerden, uygun nitelik ve dağılımda YKN ve BN kullanılması durumunda, uydu teknik özelliklerinde belirtildiği gibi %90 güven aralığında ± 3 m'den daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Atak, O., Erdoğan, M. ve Yılmaz, A., 2015, Göktürk-2 Uydu Görüntü Testleri, *Harita Dergisi, Sayı 153*, 18-33.
- Ayhan, E., Karşlı, F. ve Tunç, E., 2003, Uzaktan Algılanmış Görüntülerde Sınıflandırma ve Analiz, *Harita Dergisi*, 32-46.
- Bilgi, S., 2007, Fotogrametri ve Uzaktan Algılamada Veri elde Etme Yöntemlerinin gelişimi ve Kısa Tarihçeleri, *Hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi 2007/1 Sayı 96*, 54.
- Çam, A., Fırat, O., Yılmaz, A., 2013, Harita Genel Komutanlığında Ortofoto ve sayısal Yükseklik Modeli Üretimi Faaliyetleri, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 2013.
- Çölkesen, İ., 2015, Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri Kullanarak Benzer Spektral Özelliklere Sahip Doğal Nesnelere Ayırt Edilmesine Yönelik Bir Metodoloji Geliştirme, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 29-30.
- Esirtgen F., 2010, Farklı Kaynaklar ile Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluk Analizi ve Kalite Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 9-10.
- Güngör, O., Tunç, E., 2015, Uzaktan Algılamada Görüntü İşleme, Ders Notu, *Karadeniz Teknik Üniversitesi*, Trabzon, 4-5.
- Gürçay E., 2019, Göktürk-1 Uydusu Radyometrik ve Geometrik Kalibrasyon Faaliyetleri, *Hava Kuvvetleri Dergisi*, 12.
- Küpcü R., 2015, Rasat ve Göktürk-2 Uydu Görüntülerinin Uzaktan Algılama Yazılımları ile Farklı Referans Verileri Kullanılarak Geometrik Düzeltme Doğruluğunun Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi*, Eskişehir, 18-19.
- Koç, D., Türker, M., 2005, Ikonos Pankromatik Uydu Görüntülerinden Sayısal Yükseklik Modeli Oluşturulması, *Harita Dergisi, Sayı 134*, 31-43.
- Makineci, H., 2016, Sentinel-1A Radar Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modelinin Kalite Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 20.
- Ok, A., Türker, M., 2005, Stereo Aster Uydu Görüntülerinden Sayısal Yükseklik Modeli Oluşturma ve Doğruluk Analizleri, *Ege Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, İzmir.
- Saygılı, A., 2008, SRTM Verilerinden Elde edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluğunun İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 12.

Şıpka, T., 2014, Worldview-1 Stereo Uydu Verilerinden Üretilen Sayısal Yükseklik Modelinde Doğruluk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Yastıklı N., Ve Bayraktar H., 2014, Yoğun Görüntü Eşleme Algoritmaları ile Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi, *V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, İstanbul.

Yastıklı N., ve ESİRTGEN, F., 2011, Sayısal Yükseklik Modellerinde Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi, *HKMO 13. Teknik Kurultayı*, Ankara.

Ünal, A., Göktürk-1 Uydu Görüntülerinin Pankeskinleştirme Performansının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü eğitim Enstitüsü*, Konya, 8.

Yastıklı, N., ve Esirtgen, F., 2011, Sayısal Yükseklik Modellerinde Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.

Yüce, D., 2019, Stereo-optik Göktürk-2 Uydu Görüntülerinin Geometrik Düzeltmesi ve 3 Boyutlu Konum Doğruluğu Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak, 17-18.

URL1, <http://employees.oneonta.edu/baumanpr/geosat2/rs%20history%20i/rs-history-part-1.htm> [01 Ekim 2022]

URL2, <https://haritaonline.blogspot.com/2014/06/uzaktan-algilamada-sensorsistemleri.html> [27 Aralık 2020]

URL3, <https://www.hvkk.tsk.tr/Custom/Hvkk/244> [27 Aralık 2020]

URL4, <https://www.hvkk.tsk.tr/Custom/Hvkk/242> [27 Aralık 2020]

URL5, <https://www.hvkk.tsk.tr/Custom/Hvkk/238> [27 Aralık 2020]

URL6, <https://www.hvkk.tsk.tr/Custom/Hvkk/239> [27 Aralık 2020]

URL7, <https://www.nik.com.tr> [01 Ekim 2022]

URL8, https://catalyst.earth/catalyst-system-files/help/concepts/oraclegeomatrica_c/ [01 Ekim 2022]

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Talat AĞDAŞ
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Elazığ
Telefon : 5548198384
Faks :
e-mail : talatagdas@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Çubukbey Anadolu Lisesi Merkez/ ELAZIĞ	2010
Üniversite	: Kocaeli Üniversitesi	2016
Yüksek Lisans	: Necmettin Erbakan Üniversitesi	2022
Doktora	: -	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2017-...	Harita Genel Müdürlüğü	Mühendis Subay

UZMANLIK ALANI Uzaktan Algılama, Fotogrametri, Coğrafi Bilgi Sistemleri,

YABANCI DİLLER İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR