

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**WORLDVIEW-1 STEREO UYDU VERİLERİNDEN ÜRETİLEN SAYISAL  
YÜKSEKLİK MODELİNDE DOĞRULUK ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tuluhan ŞİPKA**

**Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Geomatik Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU**

**MAYIS 2014**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**WORLDVIEW-1 STEREO UYDU VERİLERİNDEN ÜRETİLEN SAYISAL  
YÜKSEKLİK MODELİNDE DOĞRULUK ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tuluhan ŞİPKA  
(501051624)**

**Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Geomatik Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU**

**MAYIS 2014**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501051624 numaralı Yüksek Lisans / Doktora Öğrencisi **Tuluhan ŞİPKA**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**WORLDVIEW-1 STEREO UYDU VERİLERİNDEN ÜRETİLEN SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİNDE DOĞRULUK ANALİZİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**      **Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU**      .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Eş Danışman :**      **Prof.Dr. Mustafa YANALAK**      .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**      **Doç. Dr. Füsun BALIK ŞANLI**      .....  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Teslim Tarihi :**      **02 Mayıs 2014**  
**Savunma Tarihi :**      **30 Mayıs 2014**



*Anneme, Babama ve Simla'ya,*



## ÖNSÖZ

Bu tezi hazırlamamda öncelikle danışmanım Prof. Dr. Nebiye Musaoğlu'nun gösterdiği ilgi ve sabır için özellikle teşekkür ederim. Sene sayısı uzun olsa da her konuda beni teşvik ettiği içinde ayrıca kendisine sevgi ve saygılarımı sunarım. Stereo WorldView-1 görüntülerinin sağlanmasında ve çalışmam için her türlü gereç ve ortamı sağladığı için Nik Sistem Genel Müdürü Yücel Erbay'a ve verileri bana temin eden European Space Imaging'ten (EUSI) Bölge Satış Müdürü Felix de Puls'a ayrıca teşekkürlerimi iletmeyi bir borç bilirim.

Prof. Dr. Mustafa Yanalak'a arazi ölçmeleri için verdiği yardımlardan dolayı teşekkür ederim.

Anneme, Babama ve Simla'ya bana her zaman destek oldukları ve tezi bitirmemde her türlü desteği verdikleri için ayrıca teşekkür ederim.

Mayıs 2014

Tuluhan Şıpka  
(Jeoloji Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ÖNSÖZ.....                                                              | vii       |
| İÇİNDEKİLER .....                                                       | ix        |
| KISALTMALAR .....                                                       | xi        |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                                    | xiii      |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                      | xv        |
| SEMBOL LİSTESİ.....                                                     | xvii      |
| ÖZET.....                                                               | xix       |
| SUMMARY .....                                                           | xxii      |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>                                                   | <b>1</b>  |
| 1.1 Tezin Amacı .....                                                   | 2         |
| 1.2 Literatür Araştırması .....                                         | 2         |
| <b>2. GENEL BİLGİLER.....</b>                                           | <b>5</b>  |
| 2.1 Sayısal Yükseklik Modeli .....                                      | 5         |
| 2.2 Stereoskopi .....                                                   | 5         |
| 2.3 Steroskopik Çekim Geometrisi.....                                   | 5         |
| 2.3.1 Komşu-iz (adjacent-track) stereoskopi.....                        | 6         |
| 2.3.2 Karşı-iz (across-track) stereoskopi.....                          | 7         |
| 2.3.3 Boyunca-iz (along-track) stereoskopisi.....                       | 8         |
| 2.4 Steroskopik Analiz .....                                            | 9         |
| 2.5 Stereo Görüntü Çekimi Distorsiyonları.....                          | 9         |
| 2.6 Fotogrametrik Analiz .....                                          | 10        |
| 2.6.1 İç yöneltmeler.....                                               | 10        |
| 2.6.2 Dış yöneltmeler .....                                             | 11        |
| 2.6.3 Doğrusallık denklemi .....                                        | 13        |
| 2.7 Doğrusal Dizin (Pushbroom) Algılama Modelleri.....                  | 13        |
| 2.7.1 Rigorous veya parametrik algılayıcı modeli .....                  | 15        |
| 2.7.2 Genelleştirilmiş veya parametrik olmayan algılayıcı modeli.....   | 15        |
| 2.7.2.1 Rasyonel fonksiyonlar (RFM).....                                | 15        |
| 2.7.2.2 Doğrudan lineer dönüşüm (DLT).....                              | 17        |
| 2.7.2.3 Rasyonel polinom katsayılar (RPC) modeli.....                   | 17        |
| 2.8 RPC Sağlanması ve Yaklaşımlar.....                                  | 19        |
| 2.8.1 Doğrusal dizin tarayıcılarda dış yöneltme parametre hataları..... | 22        |
| 2.8.1.1 Konum hataları .....                                            | 22        |
| 2.8.1.2 Gök günlüğü hataları .....                                      | 22        |
| 2.8.1.3 Kayma hataları .....                                            | 22        |
| 2.8.2 RPC İyileştirme .....                                             | 22        |
| <b>3. GEREÇLER VE YÖNTEM.....</b>                                       | <b>25</b> |
| 3.1 Çalışma Alanı.....                                                  | 25        |
| 3.2 WorldView-1 Uydu görüntüleri.....                                   | 26        |
| 3.3 Arazi Ölçmeleri.....                                                | 39        |

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4 Stereo Verilerden Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi..... | 44        |
| <b>4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....</b>                        | <b>49</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                       | <b>55</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>                                       | <b>59</b> |

## KISALTMALAR

|             |                                                    |
|-------------|----------------------------------------------------|
| <b>2B</b>   | : 2 Boyut                                          |
| <b>3B</b>   | : 3 Boyut                                          |
| <b>3G</b>   | : 3 <sup>rd</sup> Generation for Telecommunication |
| <b>ADC</b>  | : Analog Digital Converter                         |
| <b>AFOV</b> | : Apparent Field of View                           |
| <b>B/H</b>  | : Baz / Yükseklik Oranı                            |
| <b>CCD</b>  | : Couple Charged Device                            |
| <b>CE90</b> | : Central Error of 90                              |
| <b>CMR</b>  | : Convention Merchandise Routier                   |
| <b>DEM</b>  | : Digital elevation Model                          |
| <b>DGPS</b> | : Differential Global Positioning System           |
| <b>DLT</b>  | : Doğrudan Lineer Dönüşüm                          |
| <b>EUSI</b> | : European Space Imaging                           |
| <b>FOV</b>  | : Field Of View                                    |
| <b>GIS</b>  | : Geographic Information Systems                   |
| <b>GPS</b>  | : Global Position System                           |
| <b>GSD</b>  | : Ground Sampling Distance                         |
| <b>GSM</b>  | : Global System for Mobile Communication           |
| <b>ITRF</b> | : International Terrestrial Reference Frame        |
| <b>İGNA</b> | : İstanbul GPS Ağı                                 |
| <b>KANT</b> | : Kandilli Sabit GPS İstasyonu                     |
| <b>KOH</b>  | : Karesel Ortalama Hatası                          |
| <b>LE90</b> | : Lineer Error of 90                               |
| <b>MSS</b>  | : Multispectral Scanner                            |
| <b>NIMA</b> | : National Imagery and Mapping Agency              |
| <b>NGA</b>  | : National Geospatial Intelligence Agency          |
| <b>NMEA</b> | : National Marine Electronics Association          |
| <b>OGC</b>  | : Open Geospatial Consortium                       |
| <b>RFM</b>  | : Rasyonel Fonksiyonlar Modeli                     |
| <b>RPB</b>  | : Rational Polynomial Coefficients                 |
| <b>RPC</b>  | : Rational Polynomial Coefficients                 |
| <b>RMSE</b> | : Root Mean Square Error                           |
| <b>RTCM</b> | : Radio Technical Commission for Maritime Services |
| <b>RTK</b>  | : Real Time Kinematik                              |
| <b>SYM</b>  | : Sayısal yükseklik Modeli                         |
| <b>TM</b>   | : Thematic Mapper                                  |
| <b>UTM</b>  | : Universal Tranverse Mercator                     |
| <b>VAP</b>  | : Virtual Anchor Point                             |
| <b>YKN</b>  | : Yer Kontrol Noktası                              |



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1 : Stereo Görüntü Hata Kaynakları .....                                | 9  |
| Çizelge 3.1 : Çalışma Alanı Koordinatları. ....                                   | 25 |
| Çizelge 3.2 : WorldView-1 Teknik Özellikleri .....                                | 27 |
| Çizelge 3.3 : Çalışmada Kullanılan Görüntülere Ait Yersel Örnekleme Aralığı ..... | 30 |
| Çizelge 3.4 : Leica GPS 1200 Teknik Özellikleri .....                             | 40 |
| Çizelge 3.5 : GPS Ölçmeleri Ve Doğrulukları .....                                 | 42 |
| Çizelge 3.6 : DGPS Ölçmeleri Ve Doğrulukları .....                                | 43 |
| Çizelge 3.7 : Yer Kontrol Noktaları Karesel Ortalama Hataları .....               | 45 |
| Çizelge 4.1 : Yer Kontrol Noktaları Ve SYM Karşılaştırma .....                    | 49 |
| Çizelge 4.2 : Yer Kontrol Noktaları Ve SYM Farklılıkları .....                    | 50 |
| Çizelge 4.3 : YKN ve SYM Hata Farklılıkları K.O.H (m.).....                       | 51 |
| Çizelge 4.4 : (X) İçin En Olasılıklı Hata Çizelgesi (m.).....                     | 51 |
| Çizelge 4.5 : (Y) İçin En Olasılıklı Hata Çizelgesi (m.).....                     | 52 |
| Çizelge 4.6 : (h) İçin En Olasılıklı Hata Çizelgesi (m.).....                     | 52 |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1 : B/H Oranı .....                                                       | 6  |
| Şekil 2.2 : Karşı-İz Stereoskopi.....                                             | 7  |
| Şekil 2.3 : Boyunca-İz Stereoskopi. ....                                          | 8  |
| Şekil 2.4 : Spot Uydusu İç Yöneltilmeleri .....                                   | 11 |
| Şekil 2.5 : Kamera Dış Yöneltilmeleri.....                                        | 12 |
| Şekil 2.6 : Doğrusal Dizin Tarayıcılar .....                                      | 14 |
| Şekil 2.7 : RPC Sağlanması .....                                                  | 20 |
| Şekil 2.8 : RPC Oluşturulması.....                                                | 21 |
| Şekil 3.1 : Çalışma Alanı .....                                                   | 25 |
| Şekil 3.2 : ITT Exelis Eksen-Dışı Kamera. ....                                    | 26 |
| Şekil 3.3 : WorldView-1 CE90 Doğruluğu. ....                                      | 28 |
| Şekil 3.4 : WorldView-1 LE90 Doğruluğu .....                                      | 29 |
| Şekil 3.5 : Stereo WorldView-1 Ön Görüntüleri .....                               | 29 |
| Şekil 3.6 : Leica GPS 1200 Ve Arazide Kullanımına Bir Örnek. ....                 | 40 |
| Şekil 3.7 : Satlab SL 300 GPS .....                                               | 42 |
| Şekil 3.8 : Görüntü Üzerinde Yer Kontrol Noktalarının Dağılımı. ....              | 44 |
| Şekil 3.9 : SYM Üretimi Akış Diyagramı. ....                                      | 44 |
| Şekil 3.10 : 50 Adet Düğüm Noktasının Dağılımı. ....                              | 46 |
| Şekil 3.11 : Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modeli.....                            | 47 |
| Şekil 4.1 : Grafikselsel Ölçme Karşılaştırması. ....                              | 49 |
| Şekil 4.2 : Metrik Olarak Doğruluk.....                                           | 50 |
| Şekil 4.3 : Yer Kontrol Noktaları Hata Farklarının SYM Üzerinde Gösterilmesi. ... | 53 |



## SEMBOL LİSTESİ

### Sayfa

|                                            |                                                                 |    |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----|
| <b><math>f</math></b>                      | : Kamera Odak Uzaklığı .....                                    | 11 |
| <b><math>P_k</math></b>                    | : Görüntü Noktası .....                                         | 11 |
| <b><math>X_k</math></b>                    | : K tarama çizgisi için x değeri .....                          | 11 |
| <b><math>O_k</math></b>                    | : O tarama çizgisi için perspektif değeri .....                 | 11 |
| <b><math>PP_k</math></b>                   | : K tarama çizgisi Asal Noktası .....                           | 11 |
| <b><math>L_k</math></b>                    | : Tarama çizgisi için ışık ışınları .....                       | 11 |
| <b><math>\Omega</math></b>                 | : Omega Katsayısı-X aksı üzerindeki dönüklük .....              | 12 |
| <b><math>\Phi</math></b>                   | : Phi Katsayısı-Y aksı üzerindeki dönüklük .....                | 12 |
| <b><math>K</math></b>                      | : Kappa Katsayısı-Z aksı üzerindeki dönüklük .....              | 12 |
| <b><math>f, X_0, Y_0</math></b>            | : İç Yöneltilme Parametreleri .....                             | 13 |
| <b><math>m_{ij}, XL</math></b>             | : Dış Yöneltilme parametreleri .....                            | 13 |
| <b><math>YL, ZL</math></b>                 | : Dış Yöneltilme parametreleri .....                            | 13 |
| <b><math>X, Y</math></b>                   | : Ortofoto Koordinatları .....                                  | 13 |
| <b><math>\delta_y, \delta_x</math></b>     | : Sistemik Hatalar (Lens) .....                                 | 17 |
| <b><math>I, s</math></b>                   | : Görüntü satır ve sütun koordinatları .....                    | 19 |
| <b><math>I_n, s_n</math></b>               | : 3.dereceden normalize edilmiş satır sütun koordinatları ..... | 19 |
| <b><math>L_s, L_o</math></b>               | : Satır ölçek ve ofset terimleri .....                          | 19 |
| <b><math>S_s, S_o</math></b>               | : İlgili sütun terimleri .....                                  | 19 |
| <b><math>\phi, \lambda, h</math></b>       | : Enlem, boylam, yükseklik .....                                | 19 |
| <b><math>\phi_s, \lambda_s, h_s</math></b> | : İlgili Ölçek ve Ofset Terimleri .....                         | 19 |
| <b><math>\phi_o, \lambda_o, h_o</math></b> | : İlgili Ölçek ve Ofset Terimleri .....                         | 19 |
| <b><math>Num_l, Den</math></b>             | : 3.dereceden polinomlar .....                                  | 19 |
| <b><math>Num_s, Den_s</math></b>           | : 3.dereceden polinomlar .....                                  | 19 |



## WORLDVIEW-1 STEREO UYDU VERİLERİNDEN ÜRETİLEN SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİNDE DOĞRULUK ANALİZİ

### ÖZET

Bu çalışmada Worldview-1 stereo ortho-ready uydu görüntülerinden 25 km'lik bir alanda elde edilen sayısal yükseklik modelinde yükseklik doğruluğu araştırılmıştır. Çalışmanın amacı, stereo WorldView-1 görüntülerinden elde edilecek SYM'nin doğruluğunu otoyol, bina vb. gibi insan yapımı yapıların neden olduğu yükseklik farklarına bağlı olarak şehirleşme alanlarında kontrol etmektir. Worldview-1 uydusu, 2007 yılında fırlatılmış olup, 50cm. mekansal çözünürlükte, stereo özelliği olan ve sadece pankromatik modlu çekim yapan bir uydudur ve halen aktif durumda görüntü sağlamaya devam etmektedir. WorldView-1 uydusunun 30 dereceden az çekim açısı ile çekilen ve yer kontrol noktaları olmaksızın jeolokasyon düşey doğruluğu (LE90) 4m., yatay doğruluğu (CE90) ise 5m. olarak kabul edilmektedir. Bu görüntüler, ortho-ready görüntüler olup sadece X,Y üzerinde geometrik dönüşümleri yapılmış 11 bit radyometrik çözünürlüğe sahip görüntülerdir. Çalışma alanı, 118m. ile 243m. aralığındaki yüksekliklerden oluşmaktadır. Çalışma alanı, İstanbul'un Asya Yakası'nda 25km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır. Çalışma alanı kapsamında, şehirleşmenin daha çok olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanının bu bölgede seçilmesinin amacı daha önce aynı bölgede farklı stereo uydu görüntüleri ile çalışmalar yapılmış olması ve dolayısıyla sonuçları karşılaştırma olanağı bulunmasıdır. Çalışmada, stereo görüntülerde Rasyonel Polinom Katsayıları (RPC) modeli kullanılarak 14 yer kontrol noktası ve 50 bağlantı noktası ile birlikte 1m. mekansal çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli üretilmiştir. Yer kontrol noktaları arazide 12 adeti Leica 1200 GPS yardımıyla statik olarak ölçülmüştür. Kalan iki nokta ise DGPS yardımıyla ölçülmüştür. Yer kontrol noktaları, ITRF Datum ve UTM projeksiyonuna dönüştürülmüş ve modele dahil edilmiştir. Yukarıda belirtilen parametreler doğrultusunda paralaks hatası yaklaşık 1 olarak elde edilmiştir. Üretilen 1m. mekansal çözünürlüklü mutlak sayısal yükseklik modeli ile yer kontrol noktaları arasında düşey doğruluk analizi yapılarak elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir. Bu sonuçlara göre yapılan arazi ölçmeleri ile üretilen mutlak sayısal yükseklik modeli arasında 0.016m. ile 1.47m. arasında değişiklikler belirlenmiştir. Elde edilen doğruluklar 0.50m. mekansal çözünürlüğe sahip bir uydu görüntüsü için tatmin edici olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç ile WorldView-1 stereo uydu görüntüleri ile yeterli doğrulukta yer kontrol noktaları sağlandığı takdirde 1:5000 veya 1:7500 ölçekli topoğrafik haritalar üretmek mümkündür.

**Anahtar Kelimeler:** WorldView-1, Stereo Sayısal Yükseklik, Doğruluk



## **ACCURACY ASSESMENT OF DIGITAL ELEVATION MODEL DERIVED FROM WORLDVIEW-1 STEREO IMAGERIES**

### **SUMMARY**

In this study, the accuracy of digital elevations derived from WorldView-1 stereo ortho-ready images covering an area of 25km<sup>2</sup> was examined. WorldView-1 satellite has been controlled by Digital Globe company. Worldview-1 satellite was launched in 2007 with 50cm. spatial resolution and 11bits radiometric resolution. WorldView-1 has only pancromatic camera with also stereo capability. WorldView-1 has a Lineer Array Sensor (pushbroom) so it captures in a narrow strip. WorldView-1 has the vertical accuracy (LE90) of 4m. and horizontal accuracy (CE90) of 5m. without control points in the nadir range less than 30 degrees. The area of this study consists of an elevation range between 118-243m including cumulative heights. These images are ortho-ready images that contains only horizontal (X,Y) geometric translation. Rational functions are often applied in photogrametric and remote sensing processing to represent the transformation between the image space and the object space whenever the satellite model is not available to the users. The physical parameters for rigorous model are most commonly not supplied with the high resolution imagery. Even as an example, the geometric model of IKONOS takes pages and pages so not to be prefered to supply to the end users by satellite vendors. As the imagery vendors do not prefer to supply meta data for the end users, users have to rely on mathematical sensor models for extracting 3D geospatial information from imageries. Satellite imagery sellers of push broom sensors such as WORLDVIEW-1 and QUICKBIRD provide users with RPC files which are called as rational polynomial coefficients During the study, a digital elevation model with a 1m spatial resolution was derived using the Rational Polynomial Coefficients (RPC) of the stereo images from 14 (including 2 check points) ground control points (GCP) and 50 tie points. In accordance with these parameters, a parallax error of about 1 resulted from the processing of the images. Accuracy assessment was performed between the vertical accuracy of the absolute digital elevation model and the ground control points measured on site.

Istanbul is a city in the northern-western Turkey. It bridges two continents and has a rich historical past. The study area is located on the eastern part of Istanbul, and is approximately 25km<sup>2</sup>. The area consists of highways and buildings with fewer topographical regions and can be classified as an urban area.

The coordinates of the area are; West Longitude: 29° 07' 50.1083" E, North Latitude: 41° 01' 45.9392" N, East Longitude: 29° 11' 34.7314" E, South Latitude: 40° 58' 55.8890" N.

The collected mean ground sampling distances (GSD) are as follows:

For imagery ID- 09JUL07090420-P2AS-12EUSI-0368-01; The Mean Row Ground Sampling Distance is 0.551m. and Mean Column Ground Sampling Distance is 0.555m.

For imagery ID-09JUL07090513-P2AS-12EUSI-0368-01; The Mean Row Ground Sampling Distance is 0.632m. and Mean Column Ground Sampling Distance is 0.573m.

The acquisition dates of the stereo images are 09 July 2007. They both have the reverse direction acquisition modes.

Both images show no cloud cover over the area. The map projection of the images are UTM at map zone 35 in the WGS84 datum. The images come with meta files that include the Rational Polynomial Coefficients to be used for the Rational Functional Model.

The data set used in this study consists of two stereo images. During the model, firstly the stereo images with rational polynomial coefficients were placed in a Rational Functional Model. The model automatically determines the rational polynomial coefficients for each imagery. In this model there is no requirement for interior orientation information or exterior orientation. If there are ground measurements, the accuracy can be increased by using them in the system so the Rational Polynomials can be refined easily. Rational Polynomial satellite sensor models are simple empirical mathematical models relating image space (line and column position) to latitude, longitude, and surface elevation. The name of Rational Polynomial comes from that the model that is expressed as the ratio of two cubic polynomial expressions. However it has been seen that using Rational Polynomial Coefficients with out the aid of ground control points give rise to geo-location errors. This can be related to the interior and exterior orientation bias errors in the rigorous sensor model, which give rise to the residuals in the Rational Polynomial Coefficients. As we know that RPCs are provided instead of physical parameters with high resolution satellite images as standard, if one would want to generate DSM from the recently launched high resolution imagery he would have to use the RPCs. However with the supplied RPCs, one can generate DEM with limited accuracy because of the residuals defined above. So these needs to be refined to achieve higher accuracy levels. It has been defined that with the recent modification of bias-compensated RPC adjustment, the sensor orientation of sub-pixel level can be achieved with minimal ground control points.

The field measurements on the study site were made by other group that had worked on another project that consists of the site area. 12 of gcp measurements were made by Leica GPS 1200. But the distribution of the ground control points that were on the study site were not well distributed according to the site coordinates, there was the necessity of more ground control points on the north site of the study area so the additional ground control points measurement were acquired. These additional measurements were made by Satlab SL 300 DGPS.

A decision was made to create an absolute digital elevation model according to the field GCP measurements. The ground control points were fed into the system and the location of each ground control point was defined on each image. The root mean square of 14 control points was (X) 0.54m. and (Y) 0.58m.

As defined before, 50 tie points were automatically added to the model and the locations of these tie points were corrected one by one manually according to the

error table given by the system in order to reduce the parallax error to approximately. Parallax is a displacement or difference in the current position of an object viewed along two different lines of sight, and it is calculated by the angle or semi-angle of inclination between these two lines. 50 tie points were enough for 25 km<sup>2</sup> study area.

The model allows the creation of epipolar images if there is a parallax error of less than 10. Epipolar images are stereo pair images in which both the left and right images are oriented in such a way that ground feature points have the same y-coordinates on both images. Using epipolar images removes one floating, and also these epipolar images greatly increase the speed of image matching processing as well as the reliability of the matching results. The parameters of the digital elevation model that was created were defined after these epipolar images were created. The parameters consists of the pixel resolution, the detail level of the digital elevation model etc. The pixel resolution was choosen as 1 meter as it is double size of the pixel resolution the stereo images used in the project. So a digital elevation model was created at the end.

As a result, a comparison of the height values (meters) of the measured on-site ground control points and the digital elevation model that was derived from the stereo images.

The vertical accuracy varied between 0.016m. and 1.47m. When we look at the accuracies of the points, ten of the points have the accuracy less than 1 meter and four of them have the accuracy of a litte bit more than 1 meter. The vertical RMSE of the height differences is 0.83m.

In conclusion, this study examined the vertical accuracy of WorldView-1 stereo images and has found that although the area is an urban area and the changes in the height vary greatly due to urban structures such as highways, apartments etc., the accuracy of the absolute digital elevation data is satisfactory for using in different applications especially for the topographic applications. Also when you have enough number of ground control points, you can have an absolute dem data with 1 meter accuracy. Moreover if you try to make topographical maps with traditional methods, the cost of this will be more than analyzing the stereo images and create a dem data. Besides, for the areas that you do not have a chance to get ground control points, you can have a relative dem data with 5 meter accuracy. This is a satisfactory result when you do not have any data of such kind of areas.

**Keywords:** WorldView-1, Stereo Digital Elevation, Accuracy



## 1. GİRİŞ

SPOT Uydusunun uzaya fırlatılmasından itibaren stereo uydu görüntüleri birçok çalışmada önemli veri kaynağı oluşturmaktadır. Farklı uydu teknolojileri ile üretilen sayısal yükseklik modelleri ihtiyaç duyulan doğruluğa paralel olarak yer bilimlerinden çeşitli mühendislik alanlarına kadar geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Zaman içinde uydu teknolojilerindeki gelişmeler üretilen verinin kalitesinin artmasını sağlamıştır. Özellikle mekânsal çözünürlük konusundaki gelişmeler elde edilecek sayısal yükseklik modellerinin doğruluğunu da arttırmıştır. Arazi çalışmaları ile üretimi yoğun emek ve zaman isteyen yükseklik bilgisi üretimi gelişen uydu teknolojisi ile daha kısa sürede ve güvenilir doğrulukta veri sağlamaktadır. Üretilen sayısal yükseklik modelinin doğruluğu kullanılacak çalışmaya göre farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle sayısal yükseklik modeli doğruluğunun belirlenmesine yönelik birçok çalışma bulunmaktadır.

Son yıllarda bilişim sektöründeki hızlı gelişme, internet çağının getirdiği yenilikler, fotogrametri kavramını daha çok dijital fotogrametri ortamına taşımış olup, bu teknoloji sayesinde hem harita, hem de topoğrafik verilerde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Uydu ya da hava algılayıcıları ile yapılan dijital stereo görüntülemeler yardımıyla elde edilmeye başlanan sayısal yükseklik modelleri birçok alanda önemli yardımcı veri durumuna gelmiştir. Sayısal yükseklik modelleri gelişen bu teknoloji, çeşitli yükseklik ve platformlardaki algılama sistemleri doğrultusunda yüksek çözünürlüklü görüntüler ile daha iyi doğrulukla sonuçlar ile üretilmeye başlanmıştır.

Stereo uydu görüntülerinden elde edilen sayısal yükseklik modelleri, birçok mühendislik dalında kullanılmaya başlanmış olmasına rağmen farklı uydu çözünürlükleri, konumsal doğrulukları gibi parametreler nedeniyle elde edilen verilerin doğrulukları ve kaliteleri hakkında gerçekten farklı sonuçlar elde edilmiştir. Sayısal yükseklik modellerinin üretimi gerçekten zor ve zahmetli bir sürece gerek duysa da aynı verinin arazi şartlarında elde edilmesine göre çok büyük avantajlar sağlamaktadır. Elde edilen sayısal yükseklik modelleri, topoğrafik

analizler (eğim,bakı vb.), görüntü ortorektifikasyonu, uzaktan algılama analizleri, arazi çalışmalarında ve de sayamadığımız birçok yeni sektörde aktif olarak kullanılmaktadır.

## **1.1 Tezin Amacı**

Bu çalışmada amaç, WorldView-1 stereo görüntüleri kullanılarak elde edilecek sayısal yükseklik modeli doğruluğunun, arazi ölçmeleri ile karşılaştırılarak araştırılmasıdır.

## **1.2 Literatür Araştırması**

Stereo görüntüler ve üretilen sayısal yükseklik modelleri ve benzer konular üzerine daha önceleri bu konularda birçok araştırma yapılmıştır. Bolstad ve Stowe (1994) tarafından stereo SPOT uydu görüntüleri kullanılarak otomatik yöntemlerle SYM verileri oluşturulmuş ve bunlar üzerinde eğim bakı analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen SYM verileri karşılaştırıldığında birçok parametreye bağlı olarak farklılıklar gözlemlendiği belirlenmiştir. Tao (2002), RFM'e bağlı olarak yaptığı çalışmada RFM'in rigorous modelin son kullanıcıya saklı olduğu durumlarda iyi bir alternatif olduğu ve yeterli yer kontrol noktasının mevcut olması gerektiğini bildirmiştir. Yine aynı yılda, Fraser (2002) DLT ve affin modelleri kullanarak RPC'lerin iyileştirilmesi üzerine birçok çalışma yapmıştır ve affin dönüşüm modelini rölyef düzeltmeli affin model olarak geliştirmiştir. Cho (2003), RPC'leri kullanarak IKONOS verisi üzerinden doğruluğu yüksek bir sayısal yükseklik modeli üretimi için az sayıda yer kontrol noktası ile iyi sonuçlar elde edilebileceğini belirtmiştir. Sonuçta IKONOS verisinde beş yer kontrol noktası ile hatayı %50 azalttığını ileri sürmüştür. Toutin (2004), QuickBird stereo verilerinden elde edilen SYM verisi ile Lidar verisinden elde edilmiş SYM'yi karşılaştırmış ve doğruluğun 3.4m ile 6.7m. arası değiştiği ve doğruluğun arazi tipi ile direkt olarak ilişkili olduğunu belirtmiştir. Erten ve Musaoğlu (2005) Aster görüntülerinden elde edilen sayısal arazi modelinin kalite değerlendirmesi üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada üretilen sayısal yükseklik modeli 1:25000 ölçekli topoğrafik haritalarla karşılaştırılmış ve  $\pm 15m.$  ile  $\pm 25m.$  yükseklik doğruluğu elde edilmiştir. Ok (2005), Aster görüntülerinden üretilen sayısal yükseklik modellerinin doğruluğu üzerine çalışmış ve arazi eğiminin sayısal yükseklik modelinin doğruluğu ile kesin doğrusal bir ilişkisi olduğunu belirtmiştir.

Fraser (2005)'te yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin algılayıcı yöneltilmeleri için RPC üzerine bir çalışmada DigitalGlobe, Space Imaging vb. tarafından sağlanan RPC'lerin aynı metrik doğruluğu yakaladığını belirtmiştir. Zhang, ve Gruen (2006) yılında IKONOS çoklu görüntüleri eşitleme ile sayısal yüzey modeli oluşturma üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Elde edilen ham sayısal yükseklik modelinin ormanlık ve vejetasyon alanları dışında arazinin durumuna ve arazi örtüsüne göre 1.2m. ve 3.4m aralığında doğruluk verdiği görülmüştür. Reinartz (2006), SPOT HRS stereo verilerin direkt referanslandırarak elde ettiği sayısal arazi modelinin doğruluk analizini gerçekleştirmiştir. Giribabu ve Kumar vd. (2006), Cartosat-1 stereo verisinden elde edilmiş sayısal yükseklik modelinde RMSE'nin 11 adet yer kontrol noktası ile düşey doğrulukta 7.8m. civarında olduğunu ve üçlü (triplet) çekiminin doğruluğu arttıracığını belirtmişlerdir. Yanalak, vd.(2008) yaptıkları çalışmada Orbview-3 ve IKONOS stereo görüntülerinin planimetrik ve tematik doğruluklarını incelemişlerdir. Bu incelemede elde edilen sayısal yükseklik modellerinin 1:5000 ölçekli haritalardan elde edilen yükseklik modeli ile örtüştüğü belirlenmiştir. Nowak De Costa (2010) hazır yazılım paketlerini (Erdas LPS, PCI Geomatica, Keystone) kullanarak WorldView-2 uydu görüntülerinin geometrik kalitesini çalışmıştır. Giribabu (2012) Cartosat-1 stereo verilerini hem çift hemde üçlü (triplet) olarak ürettikleri SYM'lerin doğruluklarını karşılaştırdıklarında üçlü verilerden elde edilen SYM'nin doğruluğunun daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.



## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1 Sayısal Yükseklik Modeli**

Sayısal yükseklik modeli, bir alana ait yükseklik noktaları içeren bir veri veya veritabanı olarak tanımlanır (J. Chris McGlone vd., 2004). Aşağıda stereo uydu görüntülerinden SYM üretimi için gerekli teorik bilgiler açıklanmıştır.

### **2.2 Stereoskopi**

Stereoskopi, görüntüleri kullanarak üç boyutlu görsel model oluşturma bilimi olup gerçek binokular görüş kullanılarak mevcut özelliklerin boyutsal olarak bu modele işlenmesidir (Chester C. Slama vd., 1980). Binoküler görüşte iki temel faktör algı alanını etki altına almaktadır:

- (i) Binoküler uyumsuzluk (ayrıca binokular paralaks denir) ve
- (ii) Yakınsama açısı.

Binokular uyumsuzluk her retinaya yansıtılan bir objenin görüntüleri arasındaki fark olarak tanımlanır (Toutin, 2001).

Ayrıca, yakınsama açısı, iki yansıtılmış görüntü arasındaki ayırım derecesini tespit eder. Sayısal yükseklik modeli üretimi, binokular görüş temellerini sağlayan stereo görüntüler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Stereoskopik analizlerin başarısı stereo görüntüler içindeki paralaks katılımları ile yakından ilgilidir. Bu bağlantıda, stereoskopik çekim geometrisi çok önemli bir etken olup, bu geometri direkt olarak paralaks derecesini belirlemektedir.

### **2.3 Stereoskopik Çekim Geometrisi**

Görüntüler yardımıyla stereoskopik çalışmaların yapılması için üç çözüm mevcuttur: (Toutin, 1999).

- Komşu iz (adjacent-track) stereoskopi- iki farklı yörünge üzerinden
- Karşı iz (across-track) stereoskopi - iki farklı yörünge üzerinden

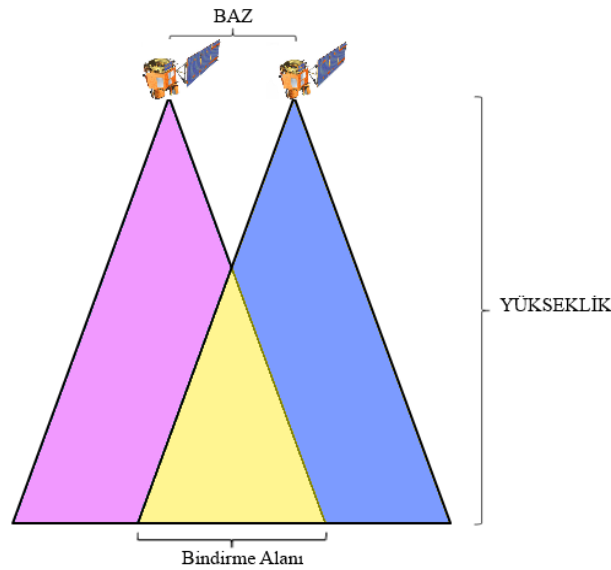
- Boyunca iz (along-track) stereoskopi- aynı yörünge üzerinden ön(ore) ve arka (aft) şeklindedir.

### 2.3.1 Komşu-iz (adjacent-track) stereoskopi

Uydulardan ilk yükseklik verisi elde etme çabaları, sadece nadir görüş özelliğine sahip algılayıcılar yardımıyla başlamıştır. Bu tip algılayıcıların yönlendirme mekanizmalarının eksiklikleri yüzünden, bu algılayıcılar sadece belirli yörüngelerde stereo görüntü çekimi yapabilmışlerdir. Bu başarılı çekim tekniğine komşu-iz (adjacent-track) adı verilmiş olup sık olarak LANDSAT (MSS veya TM) üzerinde kullanılmıştır. Stereo görüntüler iki komşu quasipolar yörüngeden elde edildiği için, görüntülerdeki bindirme oranı ekvator da %10 iken 80° enlemde bu değer %85'lere ulaşabilmektedir. Kuzey ve güney 50°'lerde ise bindirme oranı %45 lerde iken yükseklik elde edilmes için birçok denemeler gerçekleştirilmiştir (Toutin, 2001).

Bu metodun geometrisinden kaynaklandığı üzere zayıf baz/yükseklik (B/H) elde edilmektedir.

Yüksek B/H oranı, görüntülerden elde dilercek sayısal yükseklik modellerinde yüksek doğruluk sağlar. Şekil 2.1'de görüldüğü üzere B/H oranı basit olarak görüntü çekimleri arası mesafe ile algılayıcı yüksekliğinin bölünmesi ile elde edilen orandır. B/H oranı 0.5 ile 1.0 genelde tatmin edici doğrulukta stereo geometri sağlamaktadır.



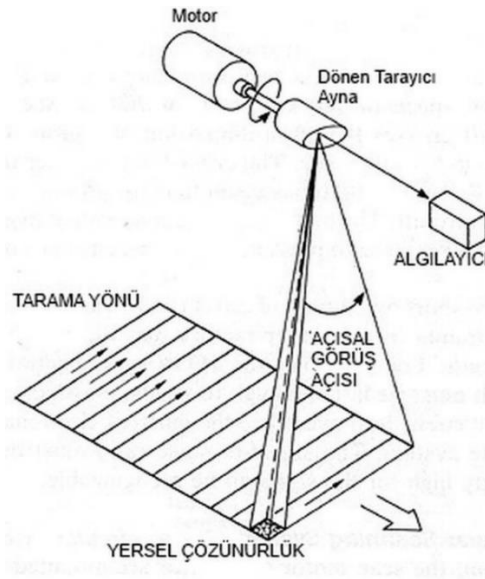
Şekil 2.1 : B/H Oranı.

Stereoskopik kabiliyeti ve uygulanabilirliği açısından komşu-iz stereoskopik uydu verisi sınırlı olarak kabul edilmektedir (Toutin, 2001).

Çünkü:

- Sadece geniş alanlar için sadece kuzey ve güneyde  $45^\circ$  ile  $50^\circ$  arasında sağlıklı çekim olabilmesi,
- B/H oranından dolayı 50m.den fazla yükseklik hatalarına neden olup sadece orta ve yüksek rölyef alanlar için yeterli düşey paralaksların oluşturulması için uygundur.

### 2.3.2 Karşı-iz (across-track) stereoskopi



Şekil 2.2 : Karşı-iz Stereoskopi.

Daha geniş kesişim açıları ile daha iyi bir stereo geometri elde etmek için karşı-iz(across-track) stereoskopi kullanılabilmektedir. Önceki metotta olduğu gibi, farklı yörüngeler kullanılmakta olup fakat bu sefer ardışık yörüngeler yerine ardışık olmayan yörüngeler kullanılmaktadır. Bu sadece algılayıcının döndürülebilme avantajı olmayıp ayrıca uydunun çevrilme özelliği ile sağlanmakta olup yeryüzünün yükseklik tespiti sağlayan hatasız B/H oranları da beraberinde sağlamaktadır.

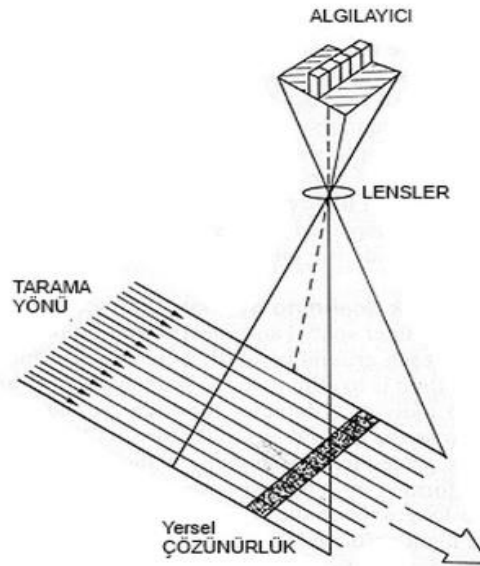
0.6 ile 1.2 aralığı topoğrafik haritalama için gerekli şartları sağlayan tipik değerlerdir (Light, 1980). Bu stereoskopik yöntemi kullanan SPOT ve IKONOS uydu sistemleri uydunun algılayıcı döndürebilme özelliği sayesinde , IRS sistemleri ise çevrilme özelliği sayesinde bu B/H oranlara sahip stereo çekim yapabilmektedirler.

Karşı-iz stereo verisi kullanılarak daha simetrik görünen görüntüler elde edilir. Bunun yanında farklı tarih, çevresel koşullar veya mevsimlere bağlı olarak oluşacak farklı radyometrik değişkenlikler bu tip yöntemin ana kusuru olarak kabul edilmektedir (Toutin, 2002). Görüntüler arası zaman farkı, otomatik eşleme sırasında güneş ışığı farkı, vejetasyonun büyümesi, su yapıları gibi etkenlere bağlı olarak sorunlar çıkartabilir (Şekil 2.2).

### 2.3.3 Boyunca-iz (along-track) stereoskopisi

Önceki metodların aksine, stereo görüntü çekimi algılayıcının aynı yörüngede döndürülmesi veya öne ve arkaya doğru hareket etmesi ile elde edilmektedir. Bu tekniğe boyunca-iz (along-track) stereoskopisi denilmektedir ve birçok uyduda (Örneğin Terra/Aster) kullanılmaktadır. Bu stereoskopisi metodunda da yeterli B/H oranları topoğrafik haritalama için rahatlıkla elde edilmektedir.

Boyunca-iz (along-track) stereo çekim yöntemi, karşı-iz(across-track) stereoskopisi metoduna göre radyometrik değişkenliklerde çok güçlü bir avantaja sahiptir. (Toutin, 2001) Çünkü, stereo görüntüler saniyelik süreler içinde çekilmekte ve diğer metodlara göre daha kaliteli görüntüler elde edilmektedir. Sonuçta da görüntü eşleme analizinde çok daha iyi ve doğru sonuçlar elde edilmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Boyunca İz Stereoskopisi.

## 2.4 Stereoskopik Analiz

Stereo görüntülerden SYM oluşturulması aşağıdaki işlem adımları ile gerçekleştirilmektedir (Toutin, 2001).

- Stereo görüntülerin çekilmesi ve mevcut ise yükseklik ve gök günlüğü verilerinin sağlanması
- Stereo model geometrisinin iyileştirilmesi için yer kontrol noktalarının belirlenmesi ve ölçülmesi
- Yükseklik paralaksının oluşturulması
- 3B stereo kesişimleri kullanarak 3B kartografik koordinatların hesaplanması
- Sayısal yükseklik modelinin oluşturulması ve sonrası düzeltme analizleri (filtreleme, 3B düzenleme ve düzleme)
- Sayısal yükseklik modelinin istenilen harita projeksiyonuna dönüştürülmesi.

## 2.5 Stereo Görüntü Çekimi Distorsiyonları

Farklı çekim sistemlerinden çekilen ham görüntüler birçok distorsiyonlar içermektedir. Bu distorsiyonlar birçok farklı faktör ile oluşabilmektedir. Fakat bu durum iki temel grup altında toparlanabilir (Toutin, 2004).

- Algılayıcı sistem distorsiyonları
- Algılanan sistem distorsiyonları

Bu hatalara ait bir özet bilgi Çizelge 2.1’de gösterilmektedir:

**Çizelge 2.1 : Stereo Görüntü Hata Kaynakları (Toutin,2004).**

| Kategori           | Alt-Kategori | Hata Kaynaklarının Açıklaması                            |
|--------------------|--------------|----------------------------------------------------------|
|                    |              | Hareket halindeki ve platform yüksekliğindeki değişimler |
| Algılayıcı Sistemi | Platform     | Algılayıcı                                               |
|                    | Algılayıcı   | mekanizmasındaki değişiklikler, bakış açısı              |

**Çizelge 2.1** (devamı) : Stereo Görüntü Hata Kaynakları. (Totutin,2004)

|                  |                 |                                            |
|------------------|-----------------|--------------------------------------------|
|                  |                 | farklılıkları, panoramik<br>efekti         |
|                  | Ölçme Cihazları | Zaman değişimleri, saat<br>senkronizasyonu |
|                  | Atmosfer        | Işık kırılımı ve türbülans                 |
|                  |                 | Yeryüzü eğriliği, rotasyon                 |
| Algılanan sistem | Yeryüzü         | ve topoğrafik etkiler                      |
|                  |                 | Jeoid – Elipsoid-Harita                    |
|                  | Harita          | Dönüşümleri                                |

Bu distorsiyonlar ve hatalar hem stereo hem de mono görüntülerde bir matematik modele göre modellenmeli ve düzeltilmelidir.

## 2.6 Fotogrametrik Analiz

Fotogrametri, fotogrametrik prensiplere bağlı kalarak elde edilen görüntüleri yorumlayarak ya da çeşitli tekniklerle işleyerek fiziksel nesnelerden yüksek doğrulukta bilgi elde edilmesini sağlar.

Fotogrametrik analiz, iki temel sorunun çözülmesi için vardır. Bu sorunlardan birincisi uzay kesişimi (space intersection) olup çözümü sayısal yükseklik modelleri üretimine yardımcı olmaktır. Bu, bir noktanın obje-uzay koordinatlarının (x,y,z) görüntü uzayında (l,s) belirlenmesi temel sorununu çözer. Diğer sorun ise uzay geriden kestirme(space resection) olarak adlandırılmaktadır. Yapılan çözüm ile orto-görüntülerin oluşturulmasına yardımcı olur. Burada yapılan, nokta piksel veya görüntü koordinatlarını obje-uzay koordinatlarından hesaplamaktadır. İç yöneltme, dış yöneltme gibi bazı kavramlar tez içerisinde kullanılacağı için, fotogrametri ile ilgili olarak bazı temel kavramlar aşağıda açıklanmıştır.

### 2.6.1 İç yöneltmeler

İç yöneltme, asıl nokta yardımıyla ve asıl mesafe ile, görüntü ile ilgili algılayıcının perspektif merkezi konumunu yeniden yapılandırır. Bu, görüntü çekimi sırasında mevcut olarak kamera veya algılayıcının iç geometrisini belirler. Ayrıca algılayıcı pozisyonları için parametreler, asal nokta odak uzunluğunu, perspektif merkezi, optik



yönünü tanımlamak için kullanılır. Bunlar sırasıyla, omega ( $\Omega$ ), phi ( $\Phi$ ) ve kappa ( $K$ ) olarak adlandırılırlar.

Omega ( $\Omega$ ): X aksı üzerindeki dönüklük,

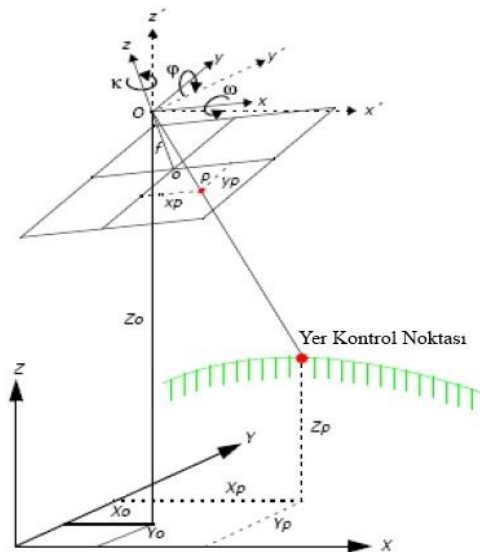
Phi ( $\Phi$ ): Y aksı üzerindeki dönüklük,

Kappa ( $K$ ): Z aksı üzerindeki dönüklük (PCI Geomatica, 2006)

Bu üç dönüklük açısı kullanılarak görüntü uzay koordinat sistemi (x,y,z) ile yersel uzay koordinat sistemi (X,Y,Z) arasındaki ilişki belirlenebilir. Dönüklük ve dönüşüm matrisi (M) olarak 3\*3 bir matris aralarındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılabilir (2.1).

$$M = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

Bu matris, x-ekseninde omeganın, y-ekseninde phi'nin ve z-ekseninde ise kappanın sıralı dönmesi ile elde edilmiştir. Doğrusal dizin algılayıcıları dikkate alırsak dış yöneltmeler, her tarama çizgisi için farklı poz istasyonu bulunmakta olup bundan dolayı her tarama kendi dış yöneltme parametrelerine sahiptir (Şekil 2.5) (Erdas,2005).



Şekil 2.5 : Kamera Dış Yöneltmeler (Erdas,2005).

Ayrıca dış yöneltme parametreleri, konum ve yükseklik bilgilerini de barındırır. Uydular üzerinde bulunan GPS alıcıları zamana göre uydu gök günlüğünü ve kamera pozisyonunu belirlemek üzere kullanılırlar. Uydu üzerinde bulunan yıldız izleyiciler ve cayro, zamanın bir fonksiyonu olarak kamera yüksekliğini ölçer (Grodiecki ve Gene,2003).

### 2.6.3 Doğrusallık denklemi

Doğrusallık denklemi, fotogrametrik uygulamalarda en önemli eşitliklerden biridir. Bu denklem, kamera /algılayıcı, görüntü ve yeryüzü arasındaki ilişkiyi tanımlar. Bu denklem, birçok fotogrametrik işlemde kullanılan çoklu bağlantı durumunun temelini oluşturur. Cisim noktası, izdüşüm merkezi ve görüntü noktasının ideal olarak bir doğru üzerinde olmasının matematik olarak ifadesi doğrusallık modeli yaklaşımıdır (Tudes, 2010). Ölçülen her yer kontrol noktası için x ve y olmak üzere iki değer olması gereklidir **(2.2) (2.3)**. Bundan dolayı iki adet eşdoğrusallık eşitliği, yer kontrol noktası ve ilgili görüntü üzerinde formüle edilmelidir. Işın demetleri ile dengeleme sırasında bu eşitlikler gözlem eşitlemeleri olarak kabul edilmektedir (Erdas, 2005).

$$X - X_0 = -f \left( \frac{m_{11}(X-X_L) + m_{12}(Y-Y_L) + m_{13}(Z-Z_L)}{m_{31}(X-X_L) + m_{32}(Y-Y_L) + m_{33}(Z-Z_L)} \right) \quad (2.2)$$

$$Y - Y_0 = -f \left( \frac{m_{21}(X-X_L) + m_{22}(Y-Y_L) + m_{23}(Z-Z_L)}{m_{31}(X-X_L) + m_{32}(Y-Y_L) + m_{33}(Z-Z_L)} \right) \quad (2.3)$$

f, X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub> : İç Yöneltme parametreleri  
m<sub>ij</sub>, X<sub>L</sub>, Y<sub>L</sub>, Z<sub>L</sub> : Dış Yöneltme parametreleri  
X, Y : Ortofoto koordinatları  
Z : SYM'den alınan yükseklik

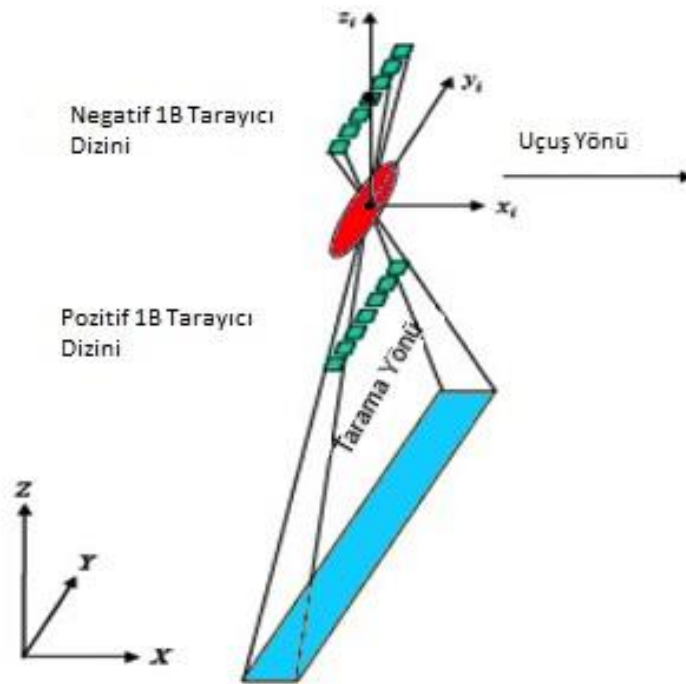
### 2.7 Doğrusal Dizin (Pushbroom) Algılama Modelleri

Bilindiği üzere yüksek çözünürlüklü yer gözlem uydularının algılayıcıları genelde doğrusal dizin dedektörlerden oluşmaktadır.

Doğrusal dizin dedektörlerin arkasında yatan prensip elektromagnetik enerjiyi ölçmek için CCD algılayıcıları kullanmasıdır. CCD algıyıcılarda, bir tabakanın üstüne dizilmiş ışığa duyarlı foto diyotlardan oluşur. Bunlar, düşen ışığı elektrik gerilimine çevirir. Ne kadar aydınlık olursa ışık hücresinde (fotosel) biriken gerilim

de o kadar yüksek olur. Matris gerilimi, bir analog-dijital çevirici (ADC) ve işlemci vasıtası ile görüntüye çevrilir (Bakker vd., 2004).

Doğrusal dizin tarayıcılarda çekim 1-boyutlu olarak gerçekleştirilir. Her enstantane için yeryüzünden çok dar bir şeritin çekimi gerçekleştirilir. Bu algılayıcılar 1 boyutlu dizinde daha fazla piksel olarak yersel kapsamı ve çözünürlüğü elde etmektedirler. Yeryüzünden alınan başarılı çekimler kamera ilerledikçe uçuş yönü boyunca alınan görüntülerdir. Her set çekim 1-boyutlu görüntü, tek poz istasyonuna sahip olduğundan her set ayrı dış yöneltmelere sahiptir (Morgan, 2004). Şekil 2.6'da doğrusal dizin tarayıcıların çalışma prensibi gösterilmektedir.



**Şekil 2.6 :** Doğrusal Dizin Tarayıcı (Morgan,2004).

Doğrusal dizin algılayıcıların modellemeleri iki gruba ayrılmaktadır:

- Rigorous veya parametrik algılayıcı modelleri
- Parametrik olmayan veya genelleştirilmiş algılayıcı modelleri şeklindedir (Tonolo and Poli, 2003).

Aşağıda bu modellere ait açıklamalar bulunmaktadır.

### **2.7.1 Rigorous veya parametrik algılayıcı modeli**

Doğrusal dizin algılayıcı rigorous modeli, çekim sırasında çerçevenin gerçek oluşumu hakkında bilgi verir. Bu model tamamen nesne alanı ile görüntü alanı arasındaki görüntüleme geometrisini betimleme yeteneğine sahiptir (Chen vd., 2006). Rigorous algılayıcı modelleri en hassas modeller olarak kabul edilmiştir. Bu algılayıcı modelleri doğrusallık denklemleri baz alınarak oluşturulmuşlardır (Di vd., 2003). Doğrusal dizin algılayıcılar için bu model, alan içindeki her görüntüye ait dış yöneltme parametrelerine ihtiyaç duyar. Yer gözlem uydularında bu parametreler görüntüye göre farklılık göstermemektedir. Bundan dolayı çoğu rigorous model doğrusallık denklemlerini kendilerine göre adapte etmişlerdir (Morgan, 2004).

Rigorous yaklaşımı, geometrik algılayıcı modelinin (iç yöneltmeler), algılayıcı pozisyon modelinin (algılayıcı koordinatları, dışyöneltmeler) ve algılayıcı yüksekliğinin dahil olduğu bir görüntü fiziksel modellemesi olarak değerlendirilir (Fraser, 2006).

### **2.7.2 Genelleştirilmiş veya parametrik olmayan algılayıcı modeli**

Parametrik olmayan yaklaşım görüntü ve yer koordinatları arasındaki dönüşümü kullanır ve fiziksel görüntüleme işlemini kullanmayan bazı genel fonksiyonları ile temsil edilir (Tonolo and Poli, 2003). Genelleştirilmiş algılayıcı modeli, görüntü ve nesne koordinatları arasındaki yaklaşık dönüşümleri veren bir modeldir. Bu tip modeller, rasyonel fonksiyon modelleri, direk lineer dönüşüm modelleri, 2B ve 3B affin dönüşüm modelleri vb. kapsar. Tez konusu ile ilgili parametrik algılayıcı modellerinin açıklamaları aşağıda verilmektedir.

#### **2.7.2.1 Rasyonel fonksiyonlar (RFM)**

Rasyonel fonksiyon modeli, günümüz dünyasında sıklıkla kullanılan bir genelleştirilmiş dönüşüm modelidir. Bu model Amerikan İstihbaratı kullanmaya başlayınca çok popüler olmuş bir modeldir (OGC, 1999). Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin dünya üzerinde sıklıkla kullanılmaya başlamasıyla, güvenlik sebepleri nedeniyle uydu satıcıları uydulara ait iç ve dış yöneltme dönüşüm parametrelerini son kullanıcıya vermek istemediklerinden dolayı bu genelleştirilmiş algılayıcı

modelini rasyonel fonksiyonel model (RFM) formu şeklinde vermeye başlamışlardır. RFM, fiziksel algılayıcı model parametrelerini elde etme durumunu biraz daha uygun hale getirmiştir (Fraser and Hanley, 2005). Rasyonel fonksiyon modeli, nesne nokta koordinatları (X, Y, Z) ile görüntü piksel koordinatları (l,s) arasında diğer fiziksel modeller gibi ilişki kuran fakat polinom oranları içeren rasyonel fonksiyonlar formu şeklinde bunu gerçekleştiren bir modeldir (Hu, 2004). Di (2003)'ye göre Rasyonel Fonksiyon dönüşümleri, iki polinom oranı aracılığıyla görüntü ve nesne uzayı arasında gerçekleşen bir dönüşüm modelidir (Di vd., 2003). Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinde küçük görüş alanları (FOV) ve yüksek yörünge özellikleri doğrultusunda bu model ile geometrik analizlerde yüksek doğruluklu sonuçlar alındığı gözlenmiştir. Model, aşağıdaki denklemlerde gösterilen iki polinomdan elde edilmiş oranlar çiftini kullanır (Chen, 2006; Di vd., 2003; Grodecki ve Dial, 2003; Hu vd., 2004). Bu denklemler, nesne koordinatlarından görüntü koordinatlarına doğru olan ileri yönlü dönüşümü temsil eder **(2.4)**. Rasyonel fonksiyonel modeli ayrıca geri yönlü olarak görüntü koordinatlarından nesne koordinatlarına dönüşüm yapmaktadır (Di vd. 2003; Morgan, 2004) **(2.5)**. Genel olarak aşağıdaki denklemlerde aşağı doğru rasyonel fonksiyonlar, ve yukarı doğru rasyonel fonksiyonlar olarak isimlendirilir.

$$X = \frac{Pa(X,Y,Z)}{Pb(X,Y,Z)} = \frac{\sum_{i=0}^{m1} \sum_{j=0}^{m2} \sum_{k=0}^{m3} aijk.Xi.Yi.Zk}{\sum_{i=0}^{a1} \sum_{j=0}^{a2} \sum_{k=0}^{a3} bijk.Xi.Yi.Zk} \quad \text{Yukarı doğru fonksiyonlar} \quad (2.4)$$

$$Y = \frac{Pc(X,Y,Z)}{Pd(X,Y,Z)} = \frac{\sum_{i=0}^{m1} \sum_{j=0}^{m2} \sum_{k=0}^{m3} cijk.Xi.Yi.Zk}{\sum_{i=0}^{n1} \sum_{j=0}^{n2} \sum_{k=0}^{n3} dijk.Xi.Yi.Zk} \quad \text{Aşağı Doğru fonksiyonlar} \quad (2.5)$$

$$X = \frac{B_1^T(x,y,Z)}{B_2^T(x,y,Z)} \quad (2.6)$$

$$Y = \frac{B_3^T(x,y,Z)}{B_4^T(x,y,Z)} \quad (2.7)$$

x, y= görüntü uzayında piksellerin sütun indeksi ve normalize edilmiş satır indeksi, X, Y, Z Yeryüzündeki nesne noktalarının normalize edilmiş koordinat değerleri, Normalize değerler görüntü ve geometrik genişliklerine göre -1 ile 1.0 arasında değişkenlik gösterir (Di vd., 2003; NIMA, 2000).

Denklem içindeki polinom katsayılar,  $a_{ijk}$ ,  $b_{ijk}$ ,  $c_{ijk}$ ,  $d_{ijk}$  rasyonel fonksiyonel katsayıları (RFC) olarak isimlendirilirler. Denklemdeki  $X$  ve  $Y$  normalize edilmiş planimetrik nesne koordinatlarını ve  $x$ ,  $y$ ,  $Z$  ise görüntü sütun, satır ve yersel yükseklik değerini belirtmektedir. Polinom katsayılar ayrıca Rasyonel Polinom Katsayılar (RPC) olarakta isimlendirilmektedirler (Hu, 2004) (2.6 , 2.7).

### 2.7.2.2 Doğrudan lineer dönüşüm (DLT)

Doğrudan lineer dönüşümler, dış yönelimleri her görüntü için farklı olan doğrusal dizin tarayıcılar için ve çerçeve kameralar için rigorous model olarak değerlendirilmektedir (Fraser, 2002). Bu durumda rigorous model ile rasyonel fonksiyon arasında lineer bir ilişki olduğu kabul edilir.

$$x' - \delta_x = \frac{L_1 X + L_2 Y + L_3 Z + L_4}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} \quad (2.8)$$

$$y' - \delta_y = \frac{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + L_8}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} \quad (2.9)$$

Görüntü koordinat sistemi içinde,  $x'$  ve  $y'$  görüntü koordinatları,  $(X, Y, Z)$  nesnenin bulunduğu koordinat sistemi,  $\delta_x$  ve  $\delta_y$  sistematik hatalar (genelde lens distorsiyonları) olarak kabul edilir. Bu denklemler 11 bilinmeyen parametreler ile gözlem denklemleri olarak kabul edilebilir ve aynı düzlemde olmayan altıdan fazla kontrol noktası yardımıyla çözülebilirler (Grussenmeyer, 2002) (2.8 , 2.9).

### 2.7.2.3 Rasyonel polinom katsayılar (RPC) modeli

Görüntü sağlayıcıları son kullanıcılar için uyduya ait parametre, gök günlüğü gibi değerleri vermek istemediğinden dolayı doğrusal dizin algılayıcıları rasyonel polinom katsayılar olarak adlandırılan RPC dosyaları ile birlikte gelmektedir. RPC modeli, rigorous algılayıcı modelinden ve ilgili arazi bilgisinden elde edilmiş iki polinomun oranı olup algılayıcı parametrelerini göstermeyen bir modeldir. Ancak

RPC'nin yer kontrol noktaları olmaksızın kullanımının, jeo-lokasyon hatalarının artmasına neden olduğu görülmüştür. Bu durum rigorous algılayıcı modeli içinde bulunan iç ve dış yöneltmelerde kaynaklanıp böylece model içindeki hatanın artmasına neden olmaktadır. Jeo-lokasyon hataları, görüntü uzayı içindeki ek parametreler yardımıyla telafi edilebilir. İç yöneltmelerde algılayıcı pozisyonu, lens distorsiyonları, odak uzaklığı, dış yöneltmelerde pozisyon ve yükseklik gibi ek parametreler bu sistematik sapmaların (bias) giderilmesinde önemli rol oynamaktadır (Grodecki ve Gene, 2003).

Bilindiği üzere yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri fiziksel parametreleri yerine RPC dosyaları ile birlikte gelmektedir. Bu görüntülerden sayısal yüzey modeli üretilmek istendiğinde kullanıcı RPC parametrelerini kullanmak zorundadır. Fakat üretilen sayısal yüzey modeli polinom katsayılarıdaki sistematik sapmalardan (bias) dolayı limitli bir doğrulukla gelmektedir. Bundan dolayı, daha yüksek doğruluk seviyeleri için bu RPC'lerin iyileştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Cho et al., 2003). Gözlendiği üzere minimum yer kontrol verisi ile bile piksel altı doğruluklarda algılayıcı oryantasyonu RPC düzeltimi ile birlikte sağlanabilmektedir (Fraser, 2006). Modifiye edilmiş RPC'ler yardımıyla görüntülerden yüksek doğruluklu mekansal bilgi elde edilebilmektedir. Böylece modifiye edilmiş/düzeltilmiş RPC'ler doğruluğu yüksek fotogrametrik ürünlerin üretilmesi için olanak sağlayacaktır.

RPC model deyimi, Rasyonel Fonksiyon Model'in özel bir durumu olup üçüncü dereceden polinomlara sahiptir ve genellikle arazi bağımsız senaryo ile çözüme ulaşılmaktadır (Hu vd., 2004).

RPC modeli, bir coğrafik referans sisteminde görüntüden nesne uzay koordinatlarına dönüşüm yapan bir sistem olarak kabul edilir. Öncelikle, RPC'lerin oluşturulması ile ilgili tahmini sayısal koşullara bağlı olarak, iki üçüncü dereceden polinomun normalize (ölçeklendirilmiş ve ofset) edilmiş satır ve sütun koordinatlarının ( $l_n$ ,  $s_n$ ) normalize edilmiş enlem, boylam ve elipsoyidal yüksekliğe ilişkilendirilmesidir ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) (2.12 , 2.13 , 2.14 , 2.15 , 2.16).

$$l = l_n L_s + L_0 \quad (2.10)$$

$$s = s_n S_s + S_0 \quad (2.11)$$

$$x = (\phi - \phi_0) / \phi_s \quad (2.12)$$

$$y = (\lambda - \lambda_0) / \lambda_s \quad (2.13)$$

$$z = (h-h_0) / h_s \quad (2.14)$$

$$l_n = \text{Num}_l(x,y,z) / \text{Den}_l(x,y,z) \quad (2.15)$$

$$s_n = \text{Num}_s(x,y,z) / \text{Den}_s(x,y,z) \quad (2.16)$$

$$\begin{aligned} \text{Num}_l(y, x, z) = \\ a0+a1x+a2y+a3z+a4xy+a5xz+a6yz+a7x^2+a8y^2+a9z^2+a10xyz+a11x^3+a12xy^2+ \\ 3xz^2+a14yx^2+a15y^3+a16yz^2+a17x^2z+a18y^2z+a19z^3 \end{aligned} \quad (2.17)$$

$$\begin{aligned} \text{Den}_l(y, x, z) = \\ b0+b1x+b2y+b3z+b4xy+b5xz+b6yz+b7x^2+b8y^2+b9z^2+b10xyz+b11x^3+b12xy^2+ \\ b13xz^2+b14yx^2+b15y^3+b16yz^2+b17x^2z+b18y^2z+b19z^3 \end{aligned} \quad (2.18)$$

$$\begin{aligned} \text{Num}_s(y, x, z) = \\ c0+c1x+c2y+c3z+c4xy+c5xz+c6yz+c7x^2+c8y^2+c9z^2+c10xyz+c11x^3+c12xy^2+c \\ 13xz^2+c14yx^2+c15y^3+c16yz^2+c17x^2z+c18y^2z+c19z^3 \end{aligned} \quad (2.19)$$

$$\begin{aligned} \text{Den}_s(y, x, z) = \\ d0+d1x+d2y+d3z+d4xy+d5xz+d6yz+d7x^2+d8y^2+d9z^2+d10xyz+d11x^3+d12xy^2+ \\ 3xz^2+d14yx^2+d15y^3+d16yz^2+d17x^2z+d18y^2z+d19z^3 \end{aligned} \quad (2.20)$$

Bu denklemlerde;

$l$  ve  $s$  görüntü satır ve sütun koordinatları (2.10)

$L_s$  ve  $L_o$  satır ölçek ve ofset terimleri(2.10)

$S_s$  ve  $S_o$  ilgili sütun terimleri (2.11)

$\phi, \lambda, h$  enlem, boylam, yükseklik (2.12)

$\phi_s, \lambda_s, h_s$  ilgili ölçek ve ofset terimleri (2.12 , 2.13 , 2.14)

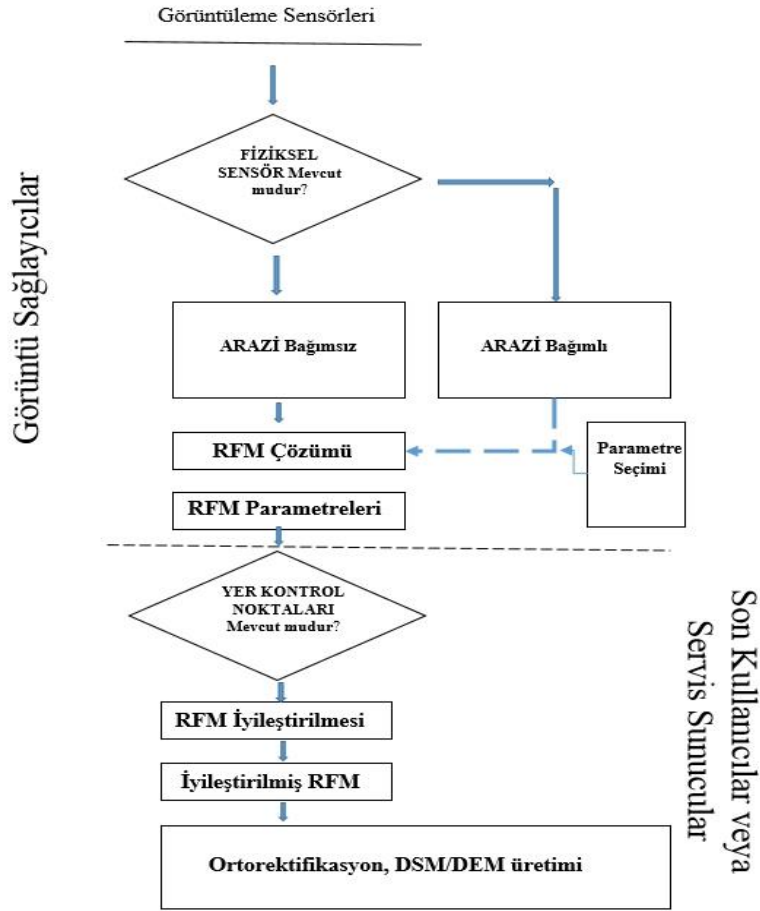
$\phi_o, \lambda_o, h_o$  ilgili ölçek ve ofset terimleri (2.12 , 2.13 , 2.14)

$\text{Num}_l, \text{Den}_l, \text{Num}_s, \text{Den}_s$  benzer şekilde oluşturulmuş ifadeler olup,  $a[20], b[20], c[20]$  ve  $d[20]$  tarafından gösterilen 80 RPC katsayısının oluşturulmasına sebebiyet vermektedir (2.17 , 2.18 , 2.19 , 2.20).

Sembolojiler, Fraser (2006) çalışmasından alınmıştır.

## 2.8 RPC Sağlanması ve Yaklaşımlar

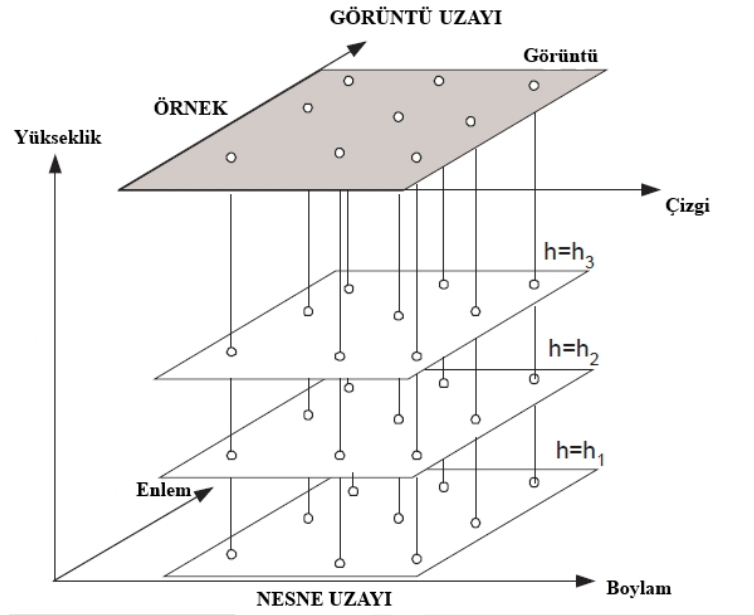
Uydu görüntüleri sağlayıcıları görüntüler ile gelen RPC dosyalarını, aşağıdaki Şekil 2.7’te gösterildiği biçimde üretmektedir:



Şekil 2.7 : RPC Sağlanması (Hu, 2004).

RPC'leri belirlemek üzere temelde iki ana yaklaşım mevcuttur. Birinci yaklaşım çok fazla yer kontrol noktası kullanıp fiziksel parametreleri kullanmamaktadır. Bu yaklaşım, grid oluşturmada fazla polinom terimleri kullanır ve çözüm yer kontrol noktalarının dağılımı, sayısı ve mevcut arazi rölyefine oldukça bağımlıdır. Bu yaklaşım eğer yüksek doğruluk isteniyor ise algılayıcı modeli yerine kullanılması pek tercih edilmemektedir. Bu yaklaşım, **arazi bağımlı yaklaşım** olarak isimlendirilmektedir. İkinci yaklaşım ise yeterli sayıda dönüşüm dayanak noktası oluşturmak üzere yörüngesel parametreleri ve durum verisini içeren uydu üstündeki yönelmeleri kullanmaktadır. Bu metod, uydu üstündeki yörüngesel parametre ve durum ne kadar doğru ise okadar yüksek doğruluk sağlar. Ve çoğu yüksek çözünürlüklü uydu, GPS, INS ve yıldız takipçisi gibi cihazlara sahip olduğu için yeterli dönüşüm ölçmelerini sağlayabilmektedirler (Chen et al., 2006). 3-B bir nesne gridine ait bir noktanın yatay koordinatları (X, Y) belirtilen yükseklik değeriyle (Z) birlikte fiziksel algılayıcı modeli kullanılarak görüntü gridindeki bir noktadan (l, s)

hesaplanmaktadır. RPC'ler nesne gridi noktaları ve görüntü gridi noktalarının girilmesi ile doğrudan en küçük kareler çözümü kullanılarak tahmin edilirler. Bu yaklaşıma ise **arazi bağımsız yaklaşım** adı verilmektedir. Bu araziden bağımsız hesaplanabilen RPC'ler fiziksel algılayıcı modellerinin yerini alacak en güvenli ve doğru yaklaşım olarak kabul edilmektedir ve yaygın olarak RPC'lerin üretiminde kullanılmaktadır (Hu, 2004). Bu konsept, uydu yönelme parametrelerini kullanarak çoklu katman sanal yer kontrol noktaları seti için görüntü koordinatlarını saptamak üzere dayanak noktasını kullanır. Öncelikle uydu üstündeki veri fiziksel bir algılayıcı modeli geliştirmek üzere kullanılır. Daha sonra farklı yüksekliklerle dağıtılmış olan sayısız üç boyutlu grid noktası nesne uzayında oluşturulur. Bu fiziksel algılayıcı modelini kullanarak üç boyutlu grid noktaları için ilgili görüntü koordinatlarının oluşturulmasına yardımcı olur. Bu oluşturulan noktalara sanal dayanak noktaları (VAP) denir. Bu durum, Şekil 2.8' da görülmektedir (Grodecki ve Dial, 2003).



**Şekil 2.8 :** Rasyonel Polinom Katsayıların Oluşturulması (Grodecki ve Dial, 2003).

Arazi bağımsız yaklaşım RPC üretimi için gerçekten çok doğru olarak kabul edilse de pozisyon ve kamera durumu gibi iç ve dış yönelme parametrelerinde bazı hatalar olabilmektedir. Bu hataların iyileştirilmeleri gerekebilir.

### **2.8.1 Doğrusal dizin tarayıcılarda dış yöneltme parametre hataları**

Yüksek çözünürlüklü uydu sistemlerinin karşı-iz ve boyunca-iz pozisyonel hataları yunuslanma (pitch) ve yuvarlanma (roll) konumları ile tamamen ilişkili olduğu doğrulanmıştır. Böylece ayrı ayrı bir tahminde bulunulması gerçekten zordur ve dahası sapma (yaw) ve radyal hataları önemsizdir. Dolayısıyla yunuslama ve yuvarlanma değerlerini tahmin etmek gereklidir (Grodecki ve Dial, 2003).

#### **2.8.1.1 Konum hataları**

Konum hataları, kamera açısının konumundaki hatalar olarak değerlendirilebilir. Bu konum açıları, yuvarlanma (iz-boyunca rotasyon), yunuslama (karşı-iz rotasyon) ve sapma (görüş çizgisi ile ilgili rotasyon) olarak kabul edilir (Grodecki ve Dial, 2003).

#### **2.8.1.2 Gök günlüğü hataları**

Gök günlüğü hataları, radyal hataların ihmal edilebilir olduğu yerlerde geleneksel olarak iz boyu ve karşı-iz boyuna ayrıştırılabilirler. Dar görme açısına (FOV) sahip kameralar için küçük yatay yer değiştirmeler küçük açısal rotasyonlara eşit durumdadır. Sonuç olarak yuvarlanma hataları tamamen karşı-iz boyu hataları ile ilişkilidir. Aynı durum iz hataları içinde yunuslama hareketi için geçerlidir (Grodecki ve Dial, 2003).

#### **2.8.1.3 Kayma hataları**

Konum ve Gök günlüğü hataları büyük sapma hataları olup, bu hatalar zaman fonksiyonu olarak sapma gösterebilmektedir. Cayro hataları konum oranında hatalara neden olabilmektedir. Örneğin Ikonos uydusu için bu hatalar 10km. için birkaç pikselden az olduğu için bu hata düşük olarak düşünülmektedir (Grodecki ve Dial, 2003).

### **2.8.2 RPC iyileştirme**

Yukarıda da anlatıldığı üzere doğrusal dizin tarayıcılarda dış yöneltme parametrelerinde bazı hatalar olabilmektedir. Bu hatalarda RPC'lere miras olarak

kalmaktadırlar. Bundan dolayı, RPC'lerde alınan görüntünün ve koordinatlarının doğruluğunu etkileyen sistematik sapmaların (bias) giderilmesi için RPC'lerin iyileştirilmesi gereklidir. RPC'lerin ek yer kontrol noktaları yardımıyla iyileştirildiği önerilmektedir. RPC'ler, doğrudan ve dolaylı olarak iki şekilde iyileştirilmektedir. Doğrudan iyileştirme metodu, orjinal rasyonel polinom katsayıları güncellemekte olup böylece güncellenmiş RPC'ler mevcut transfer formatını değiştirmeye gerek duymaz. Dolaylı olarak yapılan iyileştirmede ise, görüntü veya nesne uzayında da tamamlayıcı veya birleştirilmiş dönüşümler olacağından orjinal RPC'ler doğrudan değişmemektedirler (Hu vd. 2004).

Doğrudan iyileştirme metodu, orijinal ve araziden alınan yer kontrol noktaları birlikte mevcut iken hesaplanarak gerçekleştirilir. İyileştirme hem orjinal yer kontrol seti ile hem de ek yer kontrol noktalarının çözüm içinde birleştirilmesi ile gerçekleştirilir.

Dolaylı olarak iyileştirme metodları, çeşitli modeller ile test edilmişlerdir. Bianconi vd. (2007), Chen vd. (2006), Cho vd. (2003), Fraser vd. (2006), Fraser ve Hanley (2003), Grodecki ve Dial (2003), Tonolo ve Poli (2003); araştırmalarında arazi bağımsız RPC'leri modelleme sırasında kullanmışlardır.



### 3. GEREÇLER VE YÖNTEM

#### 3.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı, İstanbul ili sınırları içinde Asya Yakası'nda olup yaklaşık 25km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 3.1). Alan şehir metropolü içinde yer almakta olup alan üzerinde birçok insan yapımı yapı bulunmaktadır. Çalışma alanının seçilme nedeni ise daha önce aynı bölgede yapılan benzer çalışmaların devamı niteliğinde olması, farklı yüksekliklerde objeleri içermesi ve alana ait arazi ölçme verilerinin kullanılabilmesidir. Alandaki yükseklikler genel olarak 115m. ile 225m. arasındadır. Alanda ani topoğrafik değişimler mevcut değildir.

**Çizelge 3.1:** Çalışma Alanı Koordinatları.

| Enlem               | Boylam             | Uzunluğu | Yönü   |
|---------------------|--------------------|----------|--------|
| 29° 07' 55.3254" E, | 41° 01' 41.9893" N | 5 km     | 90.0°  |
| 29° 11' 29.3580" E  | 41° 01' 41.9290" N | 5 km     | 180.0° |
| 29° 11' 29.3515" E  | 40° 58' 59.8461" N | 5 km     | 270.0° |
| 29° 07' 55.3187" E  | 40° 58' 59.9063" N | 5 km     | 0.0°   |

şeklindedir.

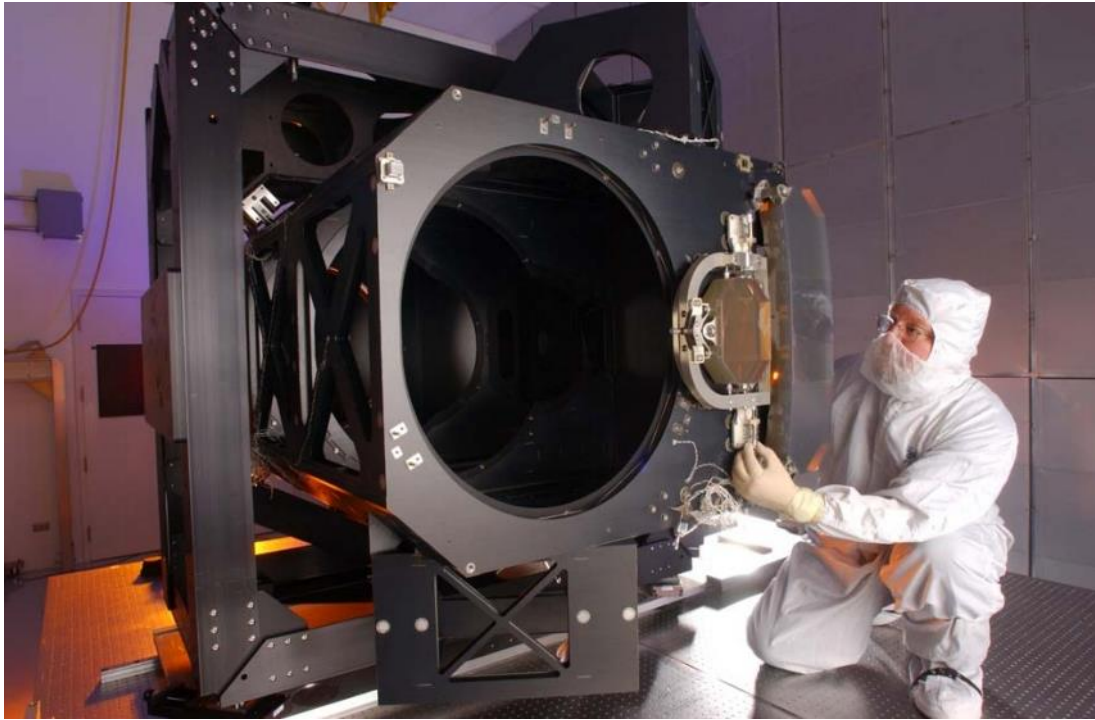


**Şekil 3.1 :** Çalışma Alanı.

### 3.2 WorldView-1 Uydu Görüntüleri

WorldView-1 uydusu ticari bir yer gözlem uydusu olup DigitalGlobe firması idaresini elinde bulundurmaktadır. WorldView-1, 18 Eylül 2007 tarihinde fırlatılmış olup, ilk görüntülerini Ekim 2007 tarihinde vermeye başlamıştır. QuickBird (DigitalGlobe bir önceki uydusu) altıncı yıldönümünden önce Ball Aerospace & Technologies firması tarafından üretilmiştir.

Ball Aerospace firması hem uyduyu hem de kamerayı üretmiş olup, daha evvel QuickBird uydusunda olan ve ITT Exelis tarafından odak düzlemi sağlanan eksen-dışı (*off-axis*) kamera dizaynı kullanılmıştır (Şekil 3.2). Bu dizaynda yapısında diyaframın, optik eksen açıklığı mekanik merkezi ile çakışık olmadığı bir optik sistemdir.



**Şekil 3.2 :** ITT Exelis Eksen-Dışı Kamera.

Kamera pankromatik görüntüleme sistemine sahip olup 50cm. mekansal çözünürlüğe sahiptir. Uydunun ortalama yeniden ziyaret süresi 1.7 gün olarak belirtilmiştir. Bu ortalama değer ile WorldView-1 uydusu günlük 50cm. çözünürlükte 750.000km<sup>2</sup>'lik bir çekim kapasitesine sahiptir.

WorldView-1 uydusu'nun finansal yönden bir kısmı National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) tarafından karşılanmış olup çekilen görüntü arşivinin bir kısmı kullanıma açık değildir. Uyduya ait teknik özellikler Çizelge 3.2'de gösterilmektedir.

**Çizelge 3.2 : WorldView-1 Teknik Özellikleri (2010, www.nik.com.tr).**

|                                                   |                                                                                                              |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fırlatma Bilgileri:                               | 18 Eylül 2007/ Delta 7920/ Vandenberg Hava Üssü                                                              |
| Yörünge:                                          | 496 km yükseklikte, Güneş senkronize, Periyot: 94.6 dakika                                                   |
| Uydu Ömrü (Tahmini):                              | 7-25 yıl                                                                                                     |
| Uydu boyutu ve güç özellikleri:                   | 3.6m x 2.5m boyutlarında 7.1m. güneş panel uzunluğu<br>2500 kg. 3.2kW güneş enrjisi, 100Ahr batarya          |
| Algılayıcı Özelliği:                              | Pankromatik                                                                                                  |
| Radyometrik Çözünürlük:                           | 11 bit                                                                                                       |
| Çerçeve Genişliği:                                | 17.6 km -nadir                                                                                               |
| Kontrol Sistemi:                                  | 3 eksenli stabilize                                                                                          |
| Noktalama doğruluğu:                              | Algılayıcılar: Yıldız izleyiciler (star trackers), GPS<br>500m. den az görüntü başlama ve durma durumlarında |
| Veri Depolama Kapasitesi:                         | 2199 GB Solid state disk                                                                                     |
| Maksimum Görüş açısı:                             | +/- 45 derece off nadir = 1036 km geniş çerçeve                                                              |
| Tek geçişte devamlı toplanabilecek en fazla Alan: | 60 x 110 km mono 30 x 110 km stereo                                                                          |
| Yeniden Geçiş sıklığı:                            | 1 metre veya altı yersel çözünürlükte 1.7 gün 25' off-nadir veya altı 4.6 gün - 0.59 yersel çözünürlük       |

WorldView-1 uydusu yüksek konumsal doğruluğu ile kartografik uygulamalarda çok tercih edilen bir yüksel çözünürlüklü yer gözlem uydusudur.

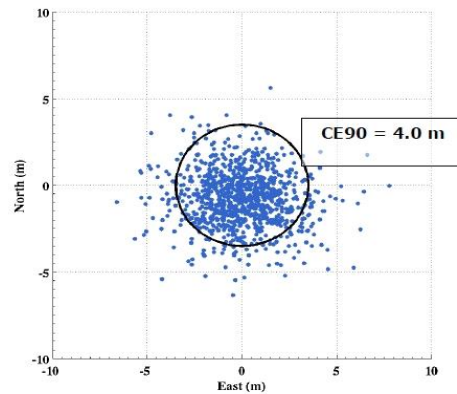
DigitalGlobe CE90 ve LE90 standartlarını kullanarak konum belirleme doğruluğunu belirtmektedir. CE90, 90.cı yüzdelik değerdeki dairesel hata değeridir.

Bunun anlamı, ölçülen noktaların minimum yüzde 90'ı CE90 değerinde belirtilen değerin altında yatay doğruluğa sahiptir. LE90 ise yine aynı şekilde LE90 değerinde belirtilen değerin altında doğruluğa sahip olan düşey hata oranı yüzde 90'nın değerinin altındadır (DigitalGlobe, 2010).

Yatay doğruluğunu belirlemek için, koordinatları bilinen bir yer kontrol noktası (YKN) görüntüde tanımlanır. Bu yer kontrol noktasını temsil eden piksel, yer kontrol noktasının yüksekliğine tanımlanır ve pikselin sonuç lokasyonu hesaplanır. Bu tanımlanan piksel lokasyonu ile yer kontrol noktası arasındaki hata bu nokta için kabul edilen hata olur (DigitalGlobe, 2010).

Bir uydu görüntüleme sisteminin jeolokasyon doğruluğunu ölçerken, yeterli güven ile birlikte CE90 değerini belirlemek üzere çok sayıda görüntü kullanılır. Bu değer içinde kalan hata payları bir çember içinde gösterilir (DigitalGlobe, 2010).

WorldView-1 uydusu, 83 görüntü üzerinde 818 nokta hata değerleri değerlendirilerek orto ürünlerde Basic ve Standart ürünlerde CE90 değeri 4m. olarak belirtilmiştir (Şekil 3.3).



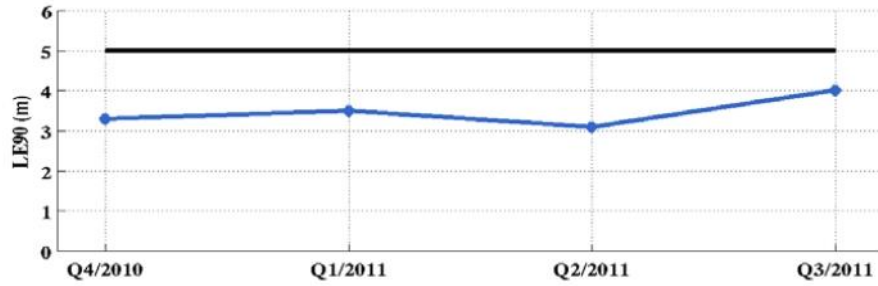
**Şekil 3.3 : WorldView-1 CE90 Doğruluğu (Digital Globe).**

Düşey doğruluk için Basic Stereo ürünler kullanılarak ölçülmektedir. Düşey doğruluk için, her stereo görüntü için yer kontrol noktasına karşı gelen piksel lokasyonları tahmini yüksekliği belirlemek üzere birleştirilir. Daha sonra bilinen

yüksekliğe göre düşey hata belirlenir. Bir set kontrol noktası için LE90 doğruluğu hesaplanır (DigitalGlobe, 2010).

Farklı deney ve testlerin sonuçları gösterdiği üzere Basic ve Ortho-ready standart ürünler için düşey doğruluğun piksel boyutlarında olduğu belirlenmiştir.

Düşey doğruluk için 181 adet WorldView-1 Basic ürünü ölçülmüş olup, 3.7 metre LE90 değeri elde edilmiştir (Şekil 3.4) (DigitalGlobe, 2010).



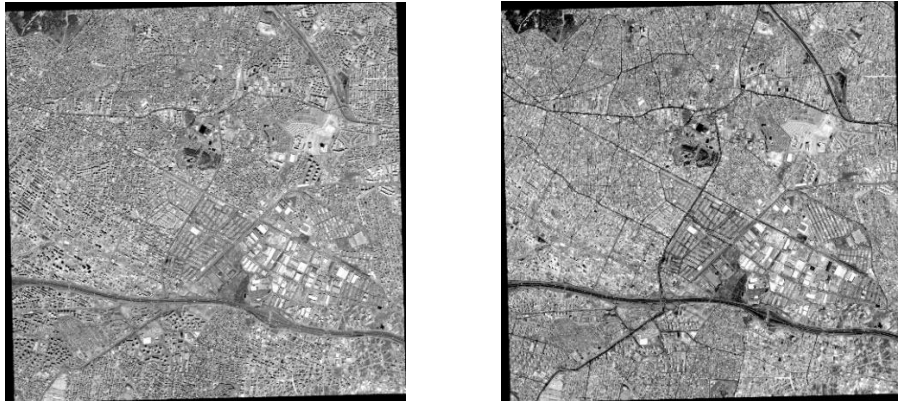
**Şekil 3.4 :** WorldView-1 LE90 Doğruluğu (Digital Globe).

Belirtilen bu doğruluklar 30 derece altı nadir açısı olan görüntüler için geçerlidir. Çalışma sırasında kullandığımız 25 km<sup>2</sup>'lik alana sahip WorldView-1 stereo görüntüleri ortho-ready ürünlerdir (Şekil 3.5).

Görüntülerin çekim tarihi 9 Temmuz 2007 olup görüntülere ait ID numaraları aşağıda belirtilmiştir:

09JUL0709090420-P2AS-12EUSI-0368-01

09JUL0709090513-P2AS-12EUSI-0368-01



**Şekil 3.5 :** Stereo WorldView-1 Ön Görüntüleri.

Kullanılan stereo görüntüler, 11-bit radyometrik (16-bit teslim) çözünürlüğe sahiptirler. Ayrıca görüntüler 50cm. mekansal çözünürlüğe sahip olsada çekilen ortalama örnekleme aralığı aşağıda Çizelge 3.3'te gösterilmiştir:

**Çizelge 3.3 : Çalışmada Kullanılan Görüntülere Ait Yersel Örnekleme Aralığı.**

| <b>Görüntüler</b>                       | <b>Ortalama Satır Yersel<br/>Örnekleme Aralığı (m.)</b> | <b>Ortalama Sütun Yersel<br/>Örnekleme Aralığı (m.)</b> |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 09JUL0709090420-P2AS-<br>12EUSI-0368-01 | 0.551                                                   | 0.555                                                   |
| 09JUL0709090513-P2AS-<br>12EUSI-0368-01 | 0.632                                                   | 0.573                                                   |

Her iki görüntüde ters yönlü (reverse) tarama yaparak çekim yapmış olup, verilerin harita projeksiyonu UTM 35 (6 derece) WGS84 Datum şeklindedir. Görüntüler rasyonel polinom katsayıları (.rpc veya .rpb) dosyaları ile birlikte gelmektedir.

Görüntüler ile birlikte gelen .imd dosyaları görüntülerin meta bilgilerini içeren dosyalar olup içerikleri aşağıdaki gibidir:

Görüntü ID:09JUL07090420-P2AS-12EUSI-0368-01:

Sürüm = "23.5";

Üretim Zamanı = 2012-03-15T09:09:26.000000Z;

ÜrünsiparişId = "12EUSI-0368-01\_I006302\_ST02-P014733";

ÜrünKatalogId = "Yok";

GörüntüAçıklama = "StereoOR2A";

bandId = "P";

**(içerik devam ediyor)**

SatırSayısı = 10241;

SütunSayısı = 10248;

ÜrünSeviyesi = "Stereo OR2A";

ÜrünTipi = "Stereo";

Bakış Sayısı = 2;

RadyometrikSeviye = "Düzeltildi";

RadyometrikZenginleştirme = "Hayır";

PikselbaşınaBitSayısı = 16;

SıkıştırmaTipi = "Yok";

GRUP BAŞLANGICI = BAND\_Pankromatik

ÜsSBoy = 29.13207440;

ÜsSEnl = 41.02942525;

ULHAE = 176.23;

ÜsSağBoy = 29.19297790;

ÜsSağEnl = 41.02828202;

URHAE = 176.23;

AltSağBoy = 29.19144983;

AltSağEnl = 40.98219371;

LRHAE = 176.23;

AltSolBoy = 29.13058869;

AltSolEnl = 40.98333510;

LLHAE = 176.23;

absCalFaktörü = 6.243908e-02;

EfektifBandGenişliği = 3.720000e-01;

TDİSeviyesi = 16;

**(içerik devam ediyor)**

ÇıkışFormatı = "GeoTIFF";

BAŞLANGIÇ\_GRUBU = GÖRÜNTÜ\_1

UyduAdı = "WV01";

Modu = "TamÇerçeve";

TaramaYönü = "Ters";

KatalogId = "1020010008C86200";

İlkSatırZamanı = 2009-07-07T09:04:17.147378Z;

ortÇizgiOranı = 12000.02;

Pozsüreci = 0.00133333;

minToplananSütunYÖA = 0.551;

maksToplananSütunYÖA = 0.557;

ortToplananSütunYÖA = 0.555;

minToplananSütunYÖA = 0.565;

maksToplananSütunYÖA = 0.569;

ortToplananSütunYÖA = 0.567;

ortToplananSütunYÖA = 0.561;

satırBelirsizliği = 25.68;

sütunBelirsizliği = 27.29;

minGüneşAz = 138.7;

maksGüneşAz = 138.8;

ortGüneşAz = 138.8;

minGüneşYük = 67.3;

maxGüneşYük = 67.3;

ortGüneşYük = 67.3;

minUyduAzimuth = 47.4;

**(içerik devam ediyor)**

ortUyduAzimuth = 47.8;

minUyduYük = 67.3;

maxUyduYük = 67.8;

ortUyduYük = 67.6;

minTrakGörüşAçısı = 15.6;

maksTrakGörüşAçısı = 16.7;

ortTrakGörüşAçısı = 16.2;

minCrossTrakGörüşAçısı = 13.3;

maksCrossTrakGörüşAçısı = 13.4;

ortCrossTrakGörüşAçısı = 13.4;

minOffNadirAçısı = 20.8;

maxOffNadirAçısı = 20.8;

ortOffNadirAçısı = 20.8;

PNIIRS = 4.8;

BulutKapsamı = -999.000;

Örnekleme Tipi = "BL";

pozisyonBilgiKaynağı = "R";

yükseklikbilgiKaynağı = "R";

revSayısı = 10016;

GRUP\_BİTİŞ = GÖRÜNTÜ\_1

BAŞLANGIÇ\_GRUBU = HARİTA\_PROJEKLENDİRİLMİŞ ÜRÜN

enerkençekimSaati = 2009-07-07T09:04:20.550135Z;

engeççekimSaati = 2009-07-07T09:04:20.550135Z;

datumAdı = "WE";

semiMajorAksisler = 6378137.0000;

**(içerik devam ediyor)**

datumOffset Değeri = (

0.000,

0.000,

0.000 );

haritaProjAdı = "UTM";

haritaProjKodu = 1;

haritaZonu = 35;

haritaHemi = "N";

Ürünbirimleri = "M";

orijinX = 679236.75003252;

orijinY = 4544213.24999921;

dönüşüm açısı = 0.0;

SatırÖrnekleme = 0.50;

SütunÖrnekleme = 0.50;

ürünYerselÖrneklemeAralığı = 0.50;

ULX = 679236.75003252;

ULY = 4544213.24999921;

ULH = 176.23;

URX = 684360.25003958;

URY = 4544213.24999913;

URH = 176.23;

LRX = 684360.25003937;

LRY = 4539093.24999914;

LRH = 176.23;

LLX = 679236.75003235;

**(içerik devam ediyor)**

LLH = 176.23;

SYMDüzeltilmesi = "Baz Yükseklik";

AraziOrt.Değeri = 176.23;

GCPSayısı = 0;

BİTİŞ\_GRUBU = HARİTA\_PROJEKLENDİRİLMİŞ ÜRÜN  
SON;

Görüntü ID:09JUL0709090513-P2AS-12EUSI-0368-01:

Sürüm = "23.5";

Üretim Zamanı = 2012-03-15T09:09:17.000000Z;

ÜrünsiparişId = "12EUSI-0368-01\_I006302\_ST02-P014733";

ÜrünKatalogId = "Yok";

GörüntüAçıklama = "StereoOR2A";

bandId = "Pan";

panSharpenAlgoritması = "Yok";

SatırSayısı = 10241;

SütunSayısı = 10248;

ÜrünSeviyesi = "Stereo OR2A";

ÜrünTipi = "Stereo";

Bakış Sayısı = 2;

RadyometrikSeviye = "Düzeltilmiş";

RadyometrikZenginleştirme = "Off";

PikselbaşınaBitSayısı = 16;

SıkıştırmaTipi = "Yok";

GRUP BAŞLANGICI = BAND\_Pankromatik

ÜsSBoy = 29.13207440;

**(içerik devam ediyor)**

ÜsSEnl = 41.02942525;

ULHAE = 176.23;

ÜsSağBoy = 29.19297790;

ÜsSağEnl = 41.02828202;

URHAE = 176.23;

AltSağBoy = 29.19144983;

AltSağEnl = 40.98219371;

LRHAE = 176.23;

AltSolBoy = 29.13058869;

AltSolEnl = 40.98333510;

LLHAE = 176.23;

absCalFaktörü = 6.243908e-02;

EfektifBandGenişliği = 3.720000e-01;

TDILevel = 16;

GRUP BİTİŞ = BAND\_Pankromatik

ÇıkışFormatı = "GeoTIFF";

BAŞLANGIÇ\_GRUBU = GÖRÜNTÜ\_1

UyduAdı = "WV01";

mode = "FullSwath";

Modu = "TamÇerçeve";

TaramaYönü = "Ters";

KatalogId = "1020010008E0E000";

İlkSatırZamanı = 2009-07-07T09:05:10.147699Z;

ortÇizgiOranı = 11999.99;

Pozsüreci = 0.00133333;

**(içerik devam ediyor);**

$\text{maksToplananSütunYÖA} = 0.639;$

$\text{ortToplananSütunYÖA} = 0.632;$

$\text{minToplananSütunYÖA} = 0.570;$

$\text{maksToplananSütunYÖA} = 0.575;$

$\text{ortToplananSütunYÖA} = 0.573;$

$\text{ortToplananSütunYÖA} = 0.602;$

$\text{satırBelirsizliği} = 44.06;$

$\text{sütunBelirsizliği} = 16.23;$

$\text{minGüneşAz} = 139.2;$

$\text{maksGüneşAz} = 139.2;$

$\text{ortGüneşAz} = 139.2;$

$\text{minGüneşYük} = 67.4;$

$\text{maxGüneşYük} = 67.4;$

$\text{ortGüneşYük} = 67.4;$

$\text{minUyduAzimuth} = 165.0;$

$\text{maksUyduAzimuth} = 165.5;$

$\text{ortUyduAzimuth} = 165.2;$

$\text{minUyduYük} = 61.1;$

$\text{maxUyduYük} = 61.5;$

$\text{ortUyduYük} = 61.4;$

$\text{minTrakGörüşAçısı} = -24.3;$

$\text{maksTrakGörüşAçısı} = -23.4;$

$\text{ortTrakGörüşAçısı} = -23.8;$

$\text{minCrossTrakGörüşAçısı} = 11.3;$

$\text{maksCrossTrakGörüşAçısı} = 11.3;$

**(içerik devam ediyor);**

minOffNadirAçısı = 26.2;

maxOffNadirAçısı = 26.2;

ortOffNadirAçısı = 26.2;

PNIIRS = 4.7;

BulutKapsamı = -999.000;

Örnekleme Tipi = "BL";

pozisyonBilgiKaynağı = "R";

yükseklikbilgiKaynağı = "R";

revSayısı = 10016;

GRUP\_BİTİŞ = GÖRÜNTÜ\_1

BAŞLANGIÇ\_GRUBU = HARİTA\_PROJEKLENDİRİLMİŞ ÜRÜN

enerkençekimSaati = 2009-07-07T09:05:13.209314Z;

engeççekimSaati = 2009-07-07T09:05:13.209314Z;

datumAdı = "WE";

semiMajorAksisler = 6378137.0000;

TersDüzleştirme = 298.257223563;

datumOffset Değeri = (

0.000,

0.000,

0.000 );

haritaProjAdı = "UTM";

haritaProjKodu = 1;

haritaZonu = 35;

haritaHemi = "N";

Ürünbirimleri = "M";

**(içerik devam ediyor)**

orijinY = 4544213.24999921;

dönüşüm açısı = 0.0;

SatırÖrnekleme = 0.50;

SütunÖrnekleme = 0.50;

ürünYerselÖrneklemeAralığı = 0.50;

ULX = 679236.75003252;

ULY = 4544213.24999921;

ULH = 176.23;

URX = 684360.25003958;

URY = 4544213.24999913;

URH = 176.23;

LRX = 684360.25003937;

LRY = 4539093.24999914;

LRH = 176.23;

LLX = 679236.75003235;

LLY = 4539093.24999921;

LLH = 176.23;

SYMDüzeltilmesi = "Baz Yükseklik";

AraziOrt.Değeri = 176.23;

GCPSayı = 0;

### **3.3 Arazi Ölçmeleri**

Doğruluk analizinde, Yanalak vd. (2008) 'nin gerçekleştirmiş olduğu arazi ölçme verileri kullanılmıştır.

Belirtilen çalışmada gerçekleştirilmiş olan arazi ölçmelerinden 12 adeti yer kontrol noktası çalışma alanı içinde yer aldığı için kullanılmıştır. Fakat görüntü alanının kuzey kısmına gelen kısımlarda herhangi bir yer kontrol noktası ölçülmemiş olduğundan o bölgede daha sonra 2 adet ek yer kontrol noktası ölçümü DGPS yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

Arazi ölçmeleri statik olarak gerçekleştirilmiş olup kullanılan GPS, Leica GPS 1200 olup özellikleri Çizelge 3.4'deki gibidir:

**Çizelge 3.4 : Leica GPS 1200 Teknik Özellikleri.**

| Özellik                                                                         | LEICA GPS 1200                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Leica Geo Office ile Değerlendirme Çift Frekanslı Alıcılar İçin Ölçme Doğruluğu | Yatay: 10 mm+1ppm, kinematik<br>Düşey : 20 mm+1ppm, kinematik<br>Yatay: 5 mm + 0.5 ppm, statik<br>Düşey: 10 mm + 0.5 ppm, statik<br><br>Çok Uzun Mesafeli Gözlemler için,<br>Yatay: 3 mm + 0.5 ppm, statik<br>Düşey: 6 mm + 0.5 ppm, statik |
| Maks. Baz Uzunluğu                                                              | 30 km.                                                                                                                                                                                                                                      |

Şekil 3.6'da ölçmelerde kullanılan donanım gösterilmektedir.



**Şekil 3.6 : Leica GPS 1200 Ve Arazide Kullanıma Bir Örnek.**

İGNA ağına ait F222H413, F222H391, G222H013, F222H360, G222H039, G222H047, F222H421 ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli gözlem istasyonunda

bulunan KANT (Sabit istasyon) noktası kullanılarak çalışma bölgesini kapsayan bir ağ oluşturulmuştur (Yanalak vd., 2008).

Ölçülen noktalardan çalışma alanı içinde olan nokta sayısı 12 adet olup çalışma alanının kuzey kesimlerine ait herhangi bir yer kontrol noktası bulunmadığından ek iki adet yer kontrol noktası statik yöntemle ölçülmüştür.

Satlab SL300 GPS Teknik Özellikler:

#### Veri Yönetimi

- RTK Ağ Desteği (NTRIP, UDP-IP, TCP-IP)
- NMEA Çıkışı
- RTCM 2.x ve RTCM 3.x desteği
- CMR ve CMR+ desteği

#### Arayüz ve Donanımlar

- Dahili 3G GSM modem
- 3.7'' dokunmatik LED ekran, 640 x 480 piksel
- Mini USB girişi
- DC Harici güç girişi
- Bluetooth
- Wi-Fi 802.11 b/g
- MicroSD kart yuvası (32 GB'a kadar destekler)
- Dahili 5 megapiksel kamera
- Dahili mikrofon ve hoparlör
- Dahili G algılayıcı

#### Çevresel Özellikler

- IP67 su geçirmezlik standardı
- Çalışma Sıcaklığı: -30 C - +70 C
- Depolama Sıcaklığı: 40 C - +80 C
- Darbe: 1.5 metreden düşmeye dayanıklı kasa

### Fiziksel Özellikler

- Boyutlar: 23,6 cm x 10,5 cm x 6,2 cm
- Ağırlık: 835 gr (batarya dahil)

### Güç

- DC 12 V Giriş
- 8800 mAh Li-Ion dahili batarya
- Batarya Süresi : 12 saatten fazla (Şekil 3.7).



**Şekil 3.7 : SatLab SL 300 GPS.**

Ölçülen yer kontrol noktalarının ITRF datum ve UTM projeksiyon unda hesaplanmış konum değerleri Çizelge 3.5’te gösterilmektedir. Elipsoid olarak GRS80 seçilmiştir (Yanalak vd., 2008).

**Çizelge 3.5 : GPS Ölçmeleri Ve Doğrulukları.**

| YKN  | Easting     | Northing     | Elipsoidal Yükseklik | Pozisyonel Doğruluk | Yükseklik Doğruluk |
|------|-------------|--------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| P102 | 678279.2128 | 4544424.9230 | 164.6624             | 0.0010              | 0.0019             |
| P103 | 677165.7157 | 4544103.1298 | 170.2954             | 0.0015              | 0.0024             |
| P106 | 679147.7659 | 4544116.4698 | 180.3721             | 0.0011              | 0.0020             |
| P110 | 680151.1426 | 4544490.6509 | 206.9159             | 0.0014              | 0.0022             |
| P111 | 678965.1598 | 4543281.7217 | 200.1810             | 0.0014              | 0.0023             |
| P116 | 678922.0977 | 4542079.7039 | 166.4687             | 0.0016              | 0.0025             |
| P117 | 678108.0080 | 4540630.7951 | 110.8956             | 0.0015              | 0.0022             |
| P118 | 678769.4691 | 4539660.1035 | 130.5377             | 0.0014              | 0.0022             |

**Çizelge 3.5 (devamı) : GPS Ölçmeleri ve Doğrulukları.**

|       |             |              |          |        |        |
|-------|-------------|--------------|----------|--------|--------|
| P119  | 677091.2652 | 4539348.2717 | 87.1042  | 0.0014 | 0.0022 |
| P124  | 679969.6488 | 4539833.9740 | 136.5763 | 0.0015 | 0.0030 |
| P126  | 680280.3819 | 4538192.5264 | 182.4123 | 0.0015 | 0.0022 |
| P127  | 681453.1934 | 4538592.7506 | 230.7574 | 0.0015 | 0.0022 |
| P129  | 681199.4490 | 4540116.1407 | 158.4720 | 0.0017 | 0.0032 |
| P131  | 681792.9482 | 4541813.3988 | 194.3081 | 0.0014 | 0.0022 |
| P132  | 681746.0797 | 4541277.6160 | 178.9390 | 0.0014 | 0.0022 |
| P133  | 681985.1902 | 4542471.2731 | 183.0264 | 0.0015 | 0.0024 |
| P136  | 682470.1802 | 4544427.6356 | 150.7344 | 0.0014 | 0.0021 |
| P137  | 681380.8167 | 4544753.1633 | 149.9551 | 0.0014 | 0.0021 |
| P201  | 683009.2084 | 4541808.2080 | 168.2290 | 0.0023 | 0.0043 |
| P202  | 683786.0283 | 4541324.7788 | 192.3631 | 0.0014 | 0.0021 |
| P203  | 684467.4551 | 4542043.2028 | 180.7156 | 0.0014 | 0.0023 |
| P204  | 683478.3908 | 4542861.1381 | 165.9703 | 0.0014 | 0.0023 |
| P206  | 683840.9130 | 4539939.4713 | 194.9127 | 0.0014 | 0.0021 |
| P207  | 683538.4775 | 4539575.1967 | 209.8758 | 0.0015 | 0.0023 |
| P208  | 684150.8314 | 4540286.9179 | 187.0100 | 0.0014 | 0.0022 |
| P209  | 683098.1385 | 4538508.2487 | 243.3970 | 0.0015 | 0.0022 |
| P210  | 684477.7872 | 4539719.1925 | 195.6794 | 0.0014 | 0.0021 |
| P211  | 685494.8726 | 4539210.3132 | 175.3550 | 0.0014 | 0.0021 |
| P216  | 686442.9969 | 4543902.2166 | 159.7748 | 0.0015 | 0.0023 |
| P219  | 688585.1882 | 4544412.6085 | 148.6678 | 0.0014 | 0.0022 |
| P220  | 687640.7742 | 4540297.0604 | 165.7948 | 0.0015 | 0.0023 |
| P222  | 688998.4660 | 4540688.2261 | 159.0127 | 0.0015 | 0.0022 |
| P223  | 688296.3527 | 4541619.5672 | 169.9490 | 0.0015 | 0.0026 |
| P225  | 688822.6940 | 4542755.1075 | 177.5337 | 0.0014 | 0.0022 |
| P226  | 687476.4701 | 4542139.8913 | 148.5131 | 0.0015 | 0.0024 |
| P227  | 687309.6193 | 4542968.3865 | 152.8004 | 0.0014 | 0.0022 |
| P228  | 684128.2387 | 4544465.1458 | 199.2965 | 0.0014 | 0.0023 |
| P229  | 684531.2541 | 4543794.7193 | 199.6043 | 0.0014 | 0.0022 |
| P2000 | 681235.595  | 4540695.153  | 182.1037 | 0.0014 | 0.0022 |
| P2001 | 681257.021  | 4540812.549  | 189.3465 | 0.0015 | 0.0022 |
| P2007 | 682048.384  | 4541657.872  | 184.0561 | 0.0014 | 0.0025 |
| P2012 | 684120.789  | 4540463.164  | 191.3152 | 0.0014 | 0.0023 |

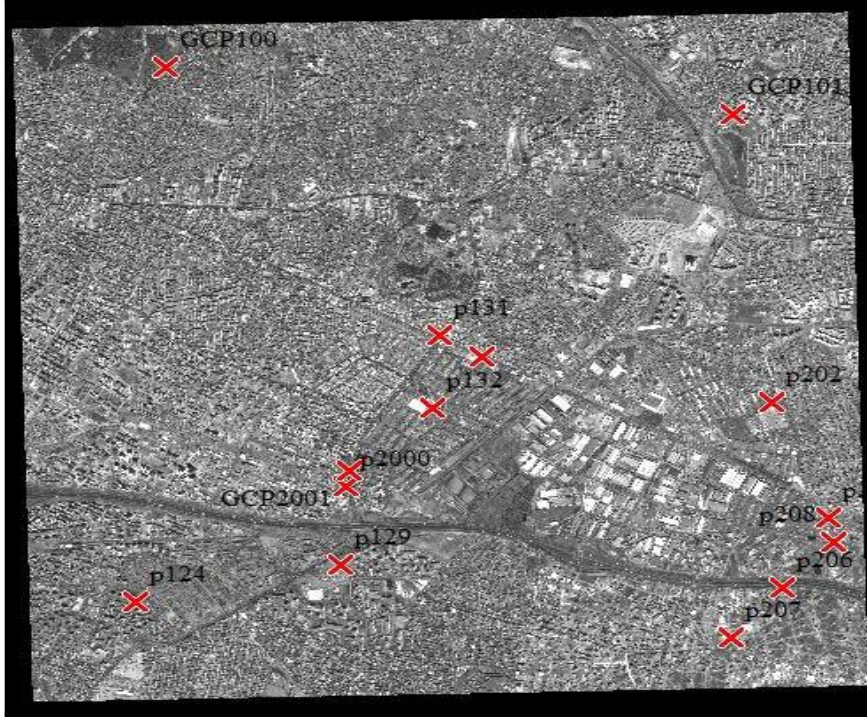
Bu yer kontrol noktalarından çalışma alanı içinde kalanlar tabloda gri olarak gösterilmiştir.

DGPS ölçmelerine ait konum değerleri de Çizelge 3.6'da gösterilmektedir:

**Çizelge 3.6 : DGPS Ölçmeleri Ve Doğrulukları.**

|        |            |             |         |        |        |
|--------|------------|-------------|---------|--------|--------|
| GCP100 | 680156.438 | 4543804.322 | 156.000 | 0.0120 | 0.0400 |
| GCP101 | 683547.680 | 4543454.300 | 168.000 | 0.0100 | 0.0600 |

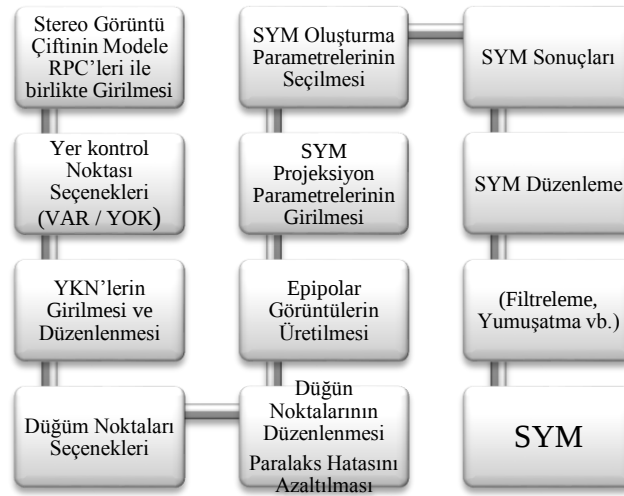
Çalışma alanı içine giren yer kontrol noktalarının dağılımı aşağıda Şekil 3.8’de gösterilmektedir:



Şekil 3.8 : Görüntü Üzerinde Yer kontrol Noktalarının Dağılımı.

### 3.4 Stereo Verilerden Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi

Stereo WorldView-1 görüntülerinden sayısal yükseklik modeli üretilirken uygulanan metoda ait akış diyagramı aşağıda Şekil 3.9’da gösterilmektedir:



Şekil 3.9 : SYM Üretimi Akış Diyagramı.

Analiz sırasında Envi 4.8 yazılımı kullanılmış olup, sayısal yükseklik modelinin perspektif ve normal gösterimi sırasında Global Mapper 15.1 yazılımları kullanılmıştır.

Stereo sayısal yükseklik üretimi için RPC modeli kullanılacağından, RPC dosyalarına (.rpb) sahip WorldView-1 görüntüleri öncelikle sisteme tanıtılmış ve otomatik olarak sistem tarafından tanınmıştır. Daha önce açıklandığı üzere bu metodun iç ve dış yöneltmelere ihtiyacı yoktur. Bu polinom katsayılarının sisteme eklenmesi ile otomatik olarak görüntüler sisteme tanıtılmıştır.

Görüntüler sisteme tanıtıldıktan sonra sayısal arazi modelini üretileceği çalışma alanında en yüksek en alçak yükseklik değerleri girilmiştir. Çalışma alanında yükseklikler 115m. ile 240m. arası değişkenlik göstermektedir.

RPC katsayılarındaki sistematik hataları gidermek ve doğruluğu arttırmak üzere arazi çalışmalarından elde edilen 12 (+2 adet test noktası) adet yer kontrol noktası dahil edilmiştir ve bu yer kontrol noktalarının dağılımı Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Stereo yer kontrol noktalarına ait karesel ortalama hataları (RMSE) Çizelge 3.7’de gösterilmektedir:

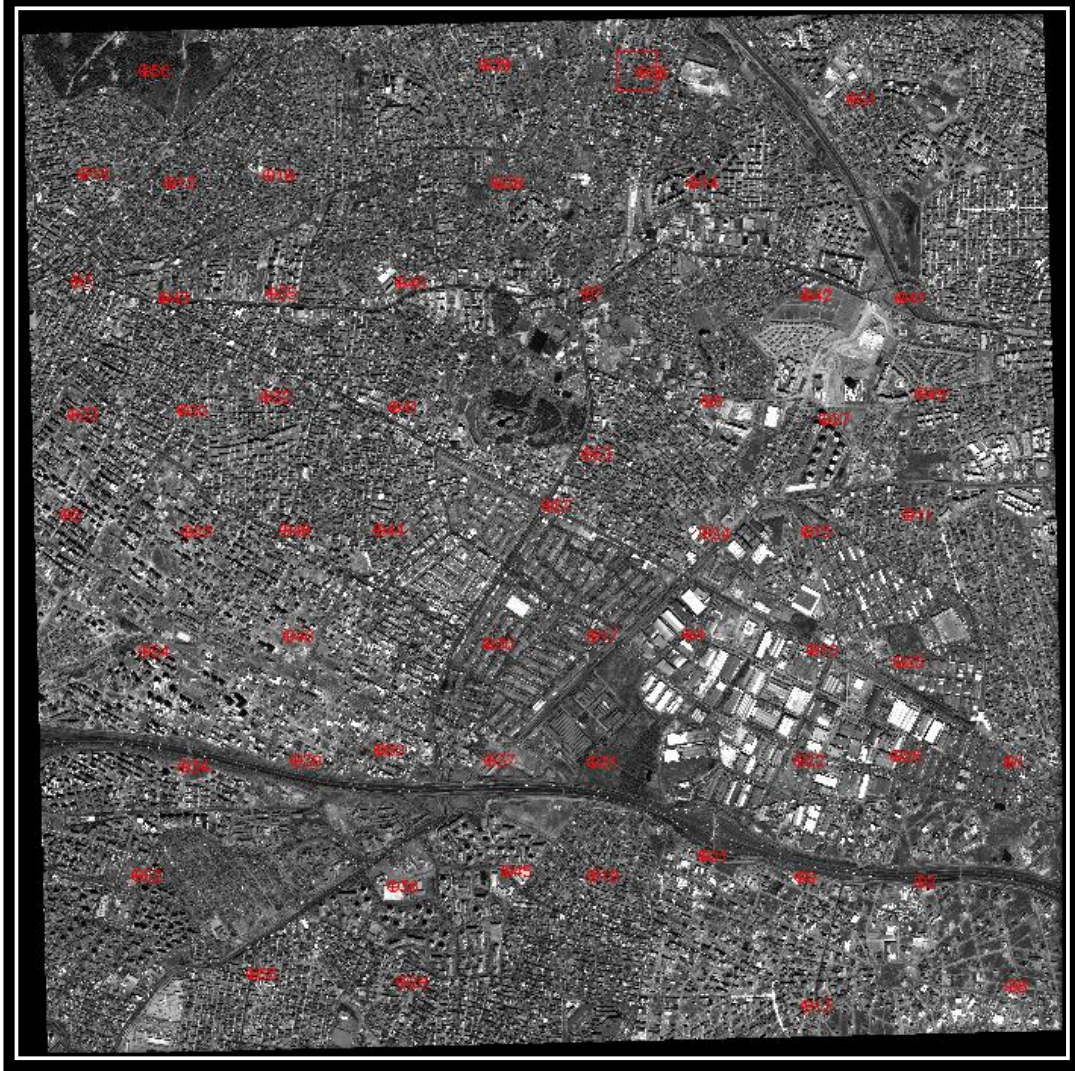
**Çizelge 3.7 : Stereo Yer Kontrol Noktaları Karesel Ortalama Hataları.**

| YKN   | Hata X | Hata Y | Hata Z | X          | Y           | Z      | Comp X    | Comp Y     |
|-------|--------|--------|--------|------------|-------------|--------|-----------|------------|
| p2007 | -1.055 | -0.199 | -0.550 | 682048.384 | 4541657.872 | 184.06 | 682047.33 | 4541657.67 |
| p2000 | 0.030  | 0.889  | -1.110 | 681235.595 | 4540695.153 | 182.10 | 681235.63 | 4540696.04 |
| p132  | 0.029  | -0.879 | -0.405 | 681746.080 | 4541277.616 | 178.94 | 681746.11 | 4541276.74 |
| p2012 | -0.698 | 0.512  | 0.490  | 684120.789 | 4540463.164 | 191.32 | 684120.09 | 4540463.68 |
| p2001 | 0.543  | 0.532  | 1.300  | 681257.021 | 4540812.549 | 189.35 | 681257.56 | 4540813.08 |
| p202  | 0.436  | 0.593  | 0.020  | 683786.028 | 4541324.779 | 192.36 | 683786.46 | 4541325.37 |
| p131  | 0.665  | -0.273 | -0.45  | 681792.948 | 4541813.399 | 194.31 | 681793.61 | 4541813.13 |
| p129  | -0.647 | 0.219  | 0.128  | 681199.449 | 4540116.141 | 158.47 | 681198.80 | 4540116.36 |
| p208  | 0.203  | -0.644 | -0.740 | 684150.831 | 4540286.918 | 187.01 | 684151.03 | 4540286.27 |
| p206  | -0.027 | -0.621 | -0.622 | 683840.913 | 4539939.471 | 194.91 | 683840.89 | 4539938.85 |
| p207  | 0.427  | 0.316  | -1.460 | 683538.478 | 4539575.197 | 209.88 | 683538.91 | 4539575.51 |
| p124  | 0.100  | -0.350 | -0.190 | 679969.649 | 4539833.974 | 136.58 | 679969.75 | 4539833.62 |

Toplam RMSE hatası ise; X:0.54m. Y:0.58m., Z:0.79m. şeklindedir.

Daha sonra 50 adet düğüm noktası sisteme otomatik olarak atanmıştır (Şekil 3.10). Bu düğüm noktalarının düzenlenmesi sonucunda Y paralaks hatası 1.98 olarak düzenlenmiştir.

Y paralaksı, görüntü çiftleri arasında her iki görüntüdeki bir noktanın düşey doğrulukları arasındaki farktır. Yüksek paralaks değerinin bulunması her iki ya da bir görüntüde bir kayma değeri olduğunu gösterir (Glossary of Mapping).

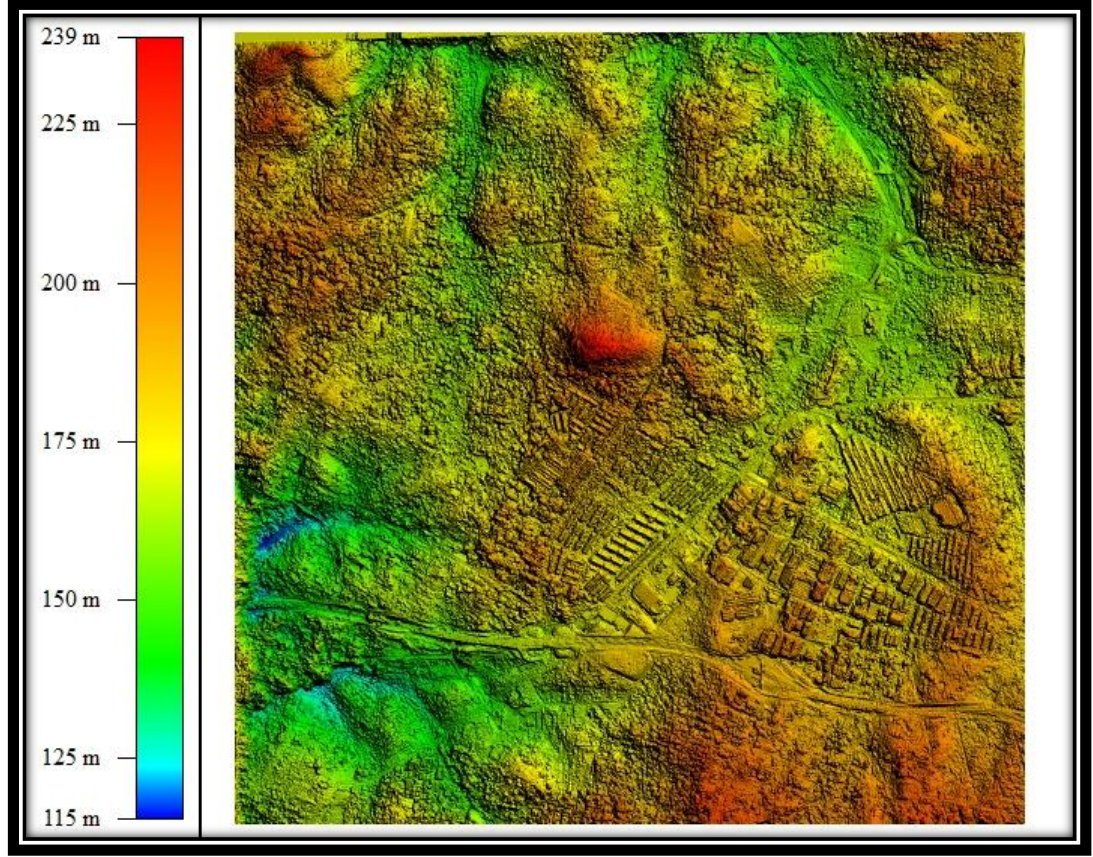


**Şekil 3.10 : 50 Adet Düğüm Noktası Dağılımı.**

Sistemin istediği y paralaks hatası istenilen değerler altında elde edildiğinden (10'dan az) epipolar görüntülerin oluşturulmasına devam edilmiştir.

Epipolar görüntüler, stereo çiftler olup sağ ve sol görüntülerin yer özellik noktaları her iki görüntüde de aynı y-koordinatlarına sahip olacak şekilde döndürülmesi ile oluşturulmaktadır. Epipolar görüntülerin kullanılması bir değişkenin azalmasını sağlamaktadır. Böylece görüntü eşleme analiz süresinde fazlaca performans artışı sağlanmasında eşleştirme sonuçlarının daha güvenilir olması sağlanmaktadır (Envi, 2010).

Epipolar görüntülerin üretiminden sonra sayısal yükseklik modelinin üretimi, verilecek parametrelere göre gerçekleştirilmiştir. Üretilecek SYM'nin piksel çözünürlüğü stereo görüntülerin mekânsal çözünürlüğünün iki katı olarak alınmıştır. Böylece 1m. mekânsal çözünürlüğe sahip mutlak sayısal yükseklik modeli üretilmiştir (Şekil 3.11).



**Şekil 3.11 : Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modeli.**



#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Elde edilen sayısal yükseklik modeli ve araziden alınan yer kontrol noktalarını karşılaştırdığımızda 0.016m. ile 1.47m. arası değişkenlikler olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrulukların 14 adet yer kontrol noktası ele alındığında bu noktalardan 10 tanesinin doğruluğu 1 metrenin altında diğer dört tanesi ise 1 metrenin çok az üstündedir.

Arazi ölçmelerinin ve sayısal yükseklik modelinin karşılaştırması Çizelge 4.1’de gösterilmektedir.

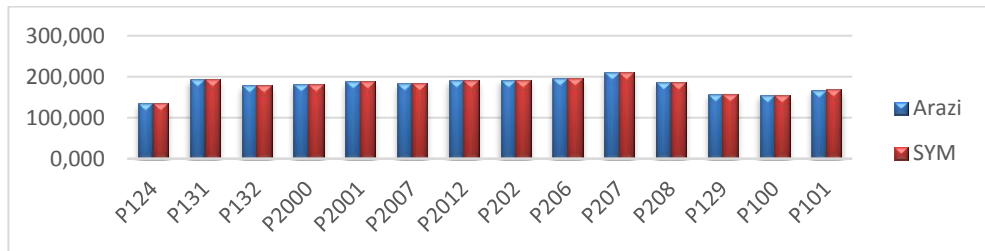
**Çizelge 4.1 : Yer Kontrol Noktaları Ve SYM Karşılaştırması.**

|                   | <b>P124</b> | <b>P131</b> | <b>P132</b> | <b>P2000</b> | <b>P2001</b> | <b>P2007</b> | <b>P2012</b> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>ARAZİ (m.)</b> | 136.576     | 194.308     | 178.939     | 182.104      | 189.347      | 184.056      | 191.315      |
| <b>SYM (m.)</b>   | 136.38      | 194.808     | 179.341     | 183.295      | 187.877      | 184.61       | 190.817      |

|                   | <b>P202</b> | <b>P206</b> | <b>P207</b> | <b>P208</b> | <b>P129</b> | <b>P100</b> | <b>P101</b> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>ARAZİ (m.)</b> | 192.363     | 194.913     | 209.876     | 187.010     | 158.472     | 156.000     | 168.000     |
| <b>SYM (m.)</b>   | 192.347     | 195.538     | 211.333     | 186.275     | 158.343     | 155.760     | 169.04      |

Aşağıda Şekil 4.1’de sonuçların grafiksel dağılımı gösterilmektedir:



**Şekil 4.1 : Grafiksel Ölçme Karşılaştırması.**

Üretilen sayısal yükseklik modelinin ölçülen yer kontrol noktalarının ölçme değerlerine göre farklılıklar Çizelge 4.2’de gösterilmektedir. Çizelgeden anlaşılabileceği gibi yer kontrol noktalarından hata payı 1 metre üzerinde olan lokasyonların herhangi bir topoğrafik yükseklik farkına bağlı ya da herhangi bir kentleşme yapısına bağlı olarak farklılık oluşturması gibi bir sonuca ulaşılmamıştır. Burada kullanılan stereo uydu görüntülerinin her ikisinde çekim yönünün ters olması bir etken oluşturabilir. Geri kalan metre altı doğruluğa sahip yer kontrol noktaları, zaten üretilen sayısal yükseklik modelinin piksel çözünürlüğünün altında bulunduğu için tatmin edici olarak kabul edilmektedir. Elde edilen düşey doğruluklar kentleşmenin böyle yoğun yaşandığı bir bölgede bile stereo verilerinden üretilen sayısal yükseklik modelinin etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

**Çizelge 4.2 : Yer Kontrol Noktaları Ve SYM Hata Farklılıkları (m.\*).**

| <b>YKNler</b> | <b><u>P124</u></b> | <b><u>P131</u></b> | <b><u>P132</u></b> | <b><u>P2000</u></b> | <b><u>P2001</u></b> | <b><u>P2007</u></b> | <b><u>P2012</u></b> |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <b>Fark</b>   | +0,201             | -0,500             | -0,402             | -1,191              | +1,470              | -0,554              | +0,498              |
| <b>YKNler</b> | <b><u>P202</u></b> | <b><u>P206</u></b> | <b><u>P207</u></b> | <b><u>P208</u></b>  | <b><u>P129</u></b>  | <b><u>P100</u></b>  | <b><u>P101</u></b>  |
| <b>Fark</b>   | +0,016             | -0,625             | -1,457             | +0,735              | +0,129              | +0,240              | -1,039              |

\*m:metre

Yer kontrol noktaları ve sayısal yükseklik modeli farklılıklarının mutlak hatalar ortalaması 0.646m. olarak gelmektedir. Bu mutlak ortalama değer üstünde 5 adet yer kontrol noktası bulunmaktadır. Bu değerlendirmeye göre noktaların %35.7’si ortalama üstünde olup yüzde %64.3’ü ortalama hata farkının altındadır.

Noktalar ve sayısal yükseklik modeli arası metrik doğruluk Şekil 4.2’de gösterilmektedir:



**Şekil 4.2 : Metrik Olarak Doğruluk.**

X,Y ve h olarak hata farklarının aşağıdaki denklemden faydalanarak hesaplanan karesel ortalama hataları Çizelge 4.3'te gösterilmektedir **(4.1)**.

$$\sqrt{\frac{a^2 + b^2 \dots n^2}{(n-1)}} \quad (4.1)$$

**Çizelge 4.3 : YKN ve SYM Hata Farkları K.O.H. (m.\*).**

| YKN    | m(X)   | m(Y)   | m(h)                 |
|--------|--------|--------|----------------------|
| p2007  | -1.055 | -0.199 | -0.554               |
| p2000  | 0.030  | 0.889  | -1.191               |
| p132   | 0.029  | -0.879 | -0.402               |
| p2012  | -0.698 | 0.512  | 0.498                |
| p2001  | 0.543  | 0.532  | 1.47                 |
| p202   | 0.436  | 0.593  | 0.016                |
| p131   | 0.665  | -0.273 | -0.5                 |
| p129   | -0.647 | 0.219  | 0.129                |
| p208   | 0.203  | -0.644 | 0.735                |
| p206   | -0.027 | -0.621 | -0.625               |
| p207   | 0.427  | 0.316  | -1.457               |
| p124   | 0.100  | -0.350 | 0.201                |
| K.O.H. | 0.54   | 0.58   | 0.83 m. şeklindedir. |

\*m:metre

En olasılıklı hata olarak bakıldığında;

**Çizelge 4.4 : (X) İçin En Olasılıklı Hata Çizelgesi (m.\*).**

| YKN   | m(X)   |
|-------|--------|
| p2007 | -1,055 |
| p2012 | -0,698 |
| p129  | -0,647 |
| p206  | -0,027 |
| p132  | 0,029  |
| p2000 | 0,030  |
| p124  | 0,100  |
| p208  | 0,203  |
| p207  | 0,427  |
| p202  | 0,436  |
| p2001 | 0,543  |
| p131  | 0,665  |

(X) için en olasılıklı hata: 0.065m.

\*m:metre

**Çizelge 4.5 : (Y) İçin En Olasılıklı Hata Çizelgesi (m.\*).**

| YKN   | m(X)   |
|-------|--------|
| p132  | -0,879 |
| p208  | -0,644 |
| p206  | -0,621 |
| p124  | -0,350 |
| p131  | -0,273 |
| p2007 | -0,199 |
| p129  | 0,219  |
| p207  | 0,316  |
| p2012 | 0,512  |
| p2001 | 0,532  |
| p202  | 0,593  |
| p2000 | 0,889  |

(Y) için en olasılıklı hata: 0.01m.

\*m:metre

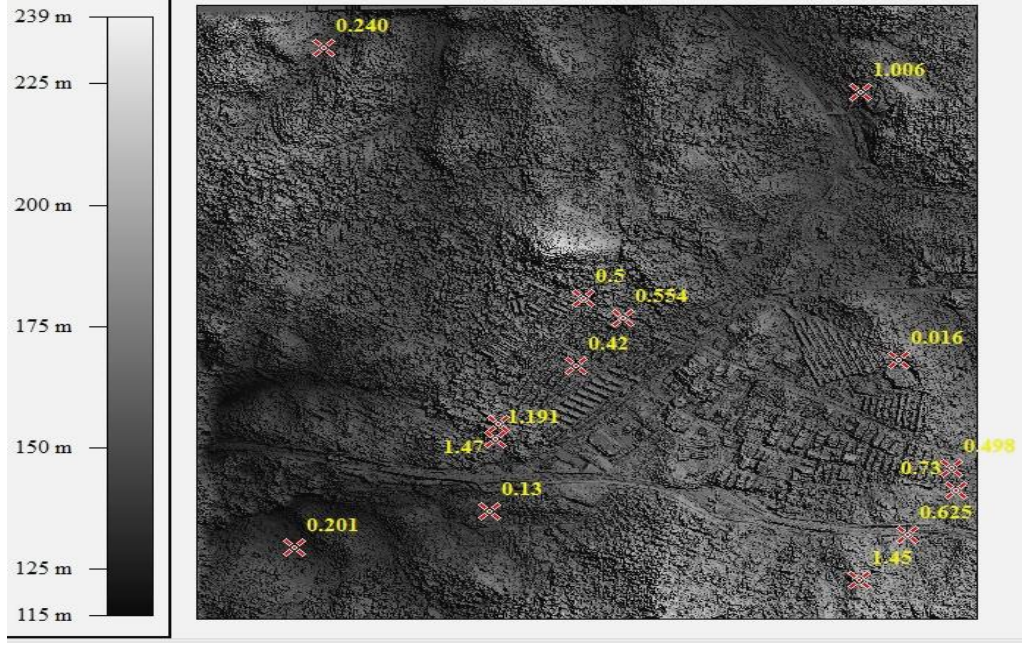
**Çizelge 4.6 : (h) İçin En Olasılıklı Hata Çizelgesi (m.\*).**

| YKN   | m(X)   |
|-------|--------|
| p207  | -1,457 |
| p2000 | -1,191 |
| p206  | -0,625 |
| p2007 | -0,554 |
| p131  | -0,500 |
| p132  | -0,402 |
| p202  | 0,016  |
| p129  | 0,129  |
| p124  | 0,201  |
| p2012 | 0,498  |
| p208  | 0,735  |
| p2001 | 1,470  |

(h) için en olasılıklı hata: -0193m. şeklindedir.

\*m:metre

Çalışmada kullanılan yer kontrol noktaları ve sayısal yükseklik modeli arasındaki doğrulukların dağılımı Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



**Şekil 4.3 :** Yer Kontrol Noktaları Hata Farklarının SYM üzerinde Gösterilmesi.

Sonuç olarak elde edilen doğruluklar şartlar uygun olduğu takdirde çalışmada kullanılan veri seti ile 1:5000 ve 1:7500 ölçekli topoğrafik harita üretiminin mümkün olabileceğini göstermektedir.

WorldView-1 stereo görüntüleri ve yeterli sayıda hassas yer kontrol noktası yardımıyla RPC'ler üzerinden 1m. düşey doğruluğa sahip sayısal yükseklik modeli üretimi sağlanabilmektedir. Ayrıca çalışılan herhangi bir arazide yer kontrol noktası temini ile ilgili bir sıkıntı olduğunda ve ilgili alana ait bir sayısal yükseklik modeli ihtiyacı olduğunda sadece RPC'ler yardımıyla relatif olarak üreteceğiniz bir sayısal yükseklik modeli kullanıcıya 5m. civarında bir doğruluk sunacaktır.

Arazi çalışmalarının maliyetini, aldığı süreç göz önüne alındığında, stereo yüksek çözünürlüklü görüntülerden elde edilecek sayısal yükseklik modeli iyi bir alternatif olarak çözüm sunmaktadır.



## KAYNAKLAR

- Bakker, H.W. et al.,**(2004). Principles of Remote sensing ITC Educational Textbook Series, 2004. ITC, Enschede.
- Chen, L.-C., Teo, A.-T. and Liu, C.-L.,** (2006). The Geometrical Comparisons of RSM and RFM for FORMOSAT-2 Satellite Images. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
- Chester C. Slama vd.,** (1980). Manual Of Photogrammetry, Published by American Society of Photogrammetry.
- Cho, W., Bang, I.K., Jeong, S. and Kim, K.-O.,** (2003). Automatic DEM Generation Using IKONOS Stereo Imagery. IGRASS 7(21): 4289-4291
- Di, K., Ma, R. and Li, X.R.,**(2003). Rational Functions and Potential for Rigorous sensor Model Recovery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 69(1): p.33-41.
- Erdas Guide** (2005).User Guide of Erdas Imagine –Leica.
- Envi** (2010). Help and User Manuals.Dem Extraction Tutorial.
- Erten, E., Musaoglu, N., Erbay, Y.,**(2005). Quality assesment of Digital Elevation Model Produced from ASTER Images, 6th Geomatic week, Proceedings, Barcelona
- Fraser, C., Baltsavias, E. and Gruen, A.,**(2002). Processing of IKONOS imagery for sub metre 3D positioning and building extraction. ISPRS Journal of Photogrammetry and remote sensing, 56: p.177-194.
- Fraser, C.S., Dial, G. and Grodecki, J.,**(2006). Sensor orientation Via RPCs. ISPRS Journal of Photogrammetry and remote sensing, 60: 182-194.
- Fraser, C.S. and Hanley, H.B.,**(2005). Bias-compensated RPCs for sensor Orientation of Highresolution Satellite Imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 71(8): 909915.
- Giribabu D. and Kumar P.**(2006). DEM generation using Cartosat-1 stereo data: issues and complexities in Himalayan terrain, European Journal of Remote Sensing - 2013, 46: 431-443 d.
- Giribabu D. and Rao S.,**(2012). Improving Cartosat-1 DEM Accuracy Using Syntetic Pair and Triplet, ISPRS Journal of Photogrammetry and RemoteSensing 77(2013)31-43.
- Grussenmeyer P., O. Al Khalil,**(2002). Solutions for Exterior Orientation In Photogrammetry, A Review ENSAIS, Photogrammetry and Geomatics Group, Strasbourg, France.p.5
- Grodecki, J. and Dial, G.,**(2003). Block adjustment of high -resolution satellite images described by rational functions. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 69(1): 5968.

- Hu, Y., Tao, V. and Croitoru, A.,** (2004). Understanding the Rational Functional Model: Methods and Applications. GeoICT Lab, York University, Toronto, p.6.
- J. Chris McGlone vd.,**(2004). Manual Of Photogrammetry 5th Edition, Published by ASPRS
- Li Zhang, Armin Gruen,**(2006). Multi-image matching for DSM generation from IKONOS imagery, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 60, Issue 3, May 2006, p.195–211.
- Morgan, M.,** (2004). Epipolar Resampling of Linear Array Scanner Scenes, University of Calgary, CALGARY, ALBERTA, p.187.
- Nowak Da Costa, J.K.,**(2010). Geometric Quality Testing of the WorldView-2 Image Data Acquired over the JRC Maussane Test Site using ERDAS LPS, PCI Geomatics and Keystone digital photogrammetry software packages – Initial Findings. ECJRC Scientific and Technical Reports EUR 24525 EN, p.26.
- Peter Reinartz, Rupert Müller, Manfred Lehner, Manfred Schroeder,**(2006). Accuracy analysis for DSM and orthoimages derived from SPOT HRS stereo data using direct georeferencing, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 60 (2006) 160–169.
- PCI Geomatica,** (2006) Help and User Manuals.
- Tao, V., Hu, Y.,**(2002).Image Rectification Using A Generic Sensor Model – Rational Function Model, Department Of Geomatics Engineering, The University Of Calgary, Canada
- Tao, V., Hu, Y.,** (2002).3D reconstruction methods based on rational function model.Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 68 (7), p.705–714.
- Toutin, T.,**(1999).Map Making with Remote Sensing Data, Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Remote Sensing for Environmental Data in Albania: A Strategy for Integrated Management, p. 65-87.
- Toutin, T., and Cheng, P.,**(2001), DEM Generation with ASTER Stereo Data, Earth Observation Magazine, Vol. 10, No. 6, p. 10-13.
- Toutin, T., and Cheng, P.,**(2002).Comparison of Automated Digital Elevation Model Extraction Results using Along-track ASTER and Across-track SPOT images, SPIE Journal, Optical Engineering, Vol. 41, No. 9, p. 2102-2106.
- Tonolo, G., F and Poli, D.,**(2003).Georeferencing of Eros - A1 high resolution images with rigorous and rational function model, Hannover
- Tudes A., Ayhan E.,**(2010). Yakın Resim Fotogrametrisi Yöntemleriyle Koordinat Belirleme.
- Yanalak,M., Musaoglu, N.,vd.** (2008).Investigation of the Accuracy and Engineering Applications of Orbview-3 Images, TUBITAK Project, No:105Y124 (in Turkish). (11)
- Digital Globe Geolocation Accuracy of WorldView Proudcts.**  
<[http://www.digitalglobe.com/sites/default/files/WorldView\\_Geolocation\\_Accuracy.pdf](http://www.digitalglobe.com/sites/default/files/WorldView_Geolocation_Accuracy.pdf)>, alındığı tarih:12.11.2013
- Envi Orthorectification of WorldView-1 Imagery Using the Rational Polynomial Coefficients(RPCs).**<[http://www.digitalglobe.com/downloads/partner\\_info/exelis/RP\\_C\\_Orthorectification\\_using\\_ENVI\\_4\\_8\\_and\\_DigitalGlobe\\_Imagery.pdf](http://www.digitalglobe.com/downloads/partner_info/exelis/RP_C_Orthorectification_using_ENVI_4_8_and_DigitalGlobe_Imagery.pdf)>, alındığı tarih:10.10.2013

**Glossary of Mapping.**

<<http://www.geoworkforce.olemiss.edu/tools/glossaryASPRS>>).



## ÖZGEÇMİŞ



**Ad-Soyad : TULUHAN ŞIPKA**

**Doğum Tarihi ve Yeri: 11-02-1973**

**E-posta : tuluhan@gmail.com**

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 1992- 1998, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh.
- **Yükseklisans** : 2004-2014, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

#### **2002- Günümüz : NİK İnşaat Tic. Ltd. Şti. –Teknik Müdür**

- Uydu görüntülerinin geometrik düzeltmelerinin yapılması, uydu görüntü analizleri, ortorektifikasyon
- ASD spektrometrelerin destek ve eğitimlerinin verilmesi,
- Global Mapper destek ve eğitimlerinin verilmesi,
- ER Mapper Görüntü Analiz yazılımı destek ve eğitimlerinin verilmesi (2008 yılına kadar)
- Şirket bilgi işlem IT desteği (network)
- 

#### **2002-2000: Garanti-Koza İnşaat – Teknik Çevirmen ve Kalite Kontrol**

##### **Mühendisi**

- İşveren ile kontrolör arası yabancı yazışmaların kontrolü ve gerekli bölümlere tercüme edilip bildirilmesi,
- Kalite kontrol testleri için numunelerin hazırlanması
- Test sonuçlarını takibi ve raporlarının hazırlanması

**1997-1999: Persona Eğitim ve Danışmalık Şti: Çevirmen ve Kontrollör**

Çevirileri yapılan metin ve yazıların kontrol edilmesi ve düzenlenmesi

**ALINAN ÖZEL EĞİTİMLER:**

**2002 – Microsoft- MCSE Sistem Mühendisliği 2000 Eğitimi**

**2008- Hyperteach-Hiperspektral Verilerin İşlenmesi ve analizi**

**2010- ASD Spektroradyometre – Spektroradyometre ve spektral ölçümler, Kayaç ve mineral spektroskopisi, bitki spektroskopisi ve arazide ölçmelerin yapılması**

**2012- TerraSarx –SAR Data Analysis Course**

**TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:**

- Sipka T.,Musaoglu N. 2013 .Accuracy Assesment of WorldView-1 Digital Elevation Model – *Asian Conference on Remote Sensing* October 20-24, 2013 Bali, Endonesia.