

DİJİTAL ve ANALOG HAVA KAMERALARININ GEOMETRİK  
POTANSİYELLERİNİN FOTOGRAMETRİK AÇIDAN  
İRDELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Osman SELÇUK

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA

JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

2008

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİJİTAL ve ANALOG HAVA KAMERALARININ GEOMETRİK  
POTANSİYELLERİNİN  
FOTOGRAMETRİK AÇIDAN İRDELENMESİ

Osman SELÇUK

DANIŞMAN  
Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA

JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

MAYIS 2008

## ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA danışmanlığında, Osman SELÇUK tarafından hazırlanan “Dijital ve Analog Hava Kameralarının Geometrik Potansiyellerinin Fotogrametrik Açıdan İrdelenmesi” başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 30/05/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

	Unvanı, Adı, SOYADI	İmza
Başkan	Yrd. Doç. Dr. Özşen ÇORUMLUOĞLU	
Danışman	Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA	
2. Danışman	Yrd. Doç. Dr. Fevzi KARSLI	

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetin Kurulu'nun  
...../...../2008 tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Zehra BOZKURT  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Fotogrametri, kısa sürede yersel olarak yapımı güç yada çok büyük alanların doğru bir şekilde haritalandırılmasına ve ortofoto haritaların üretilmesine olanak sağlaması ve teknolojideki gelişmelerin uygulamaları daha kolay hale getirmesi sebebi ile her geçen gün daha fazla uygulama alanı bulmaktadır.

GPS teknolojisindeki gelişmeler; fotoğraf alımlarının kinematik olmasına, dolayısı ile jeodezik hazırlıkların azalmasına, fotogrametrik iş istasyonlarının dijital teknoloji sayesinde daha kullanışlı ve süratli hale gelmesine olanak sağlamıştır.

Konunun daha iyi şekilde kavranmasını sağlamak amacıyla; fotogrametri bilimine ve gelişim sürecine bir göz atılmıştır. Halen kullanılır durumda olan dijital fotogrametrik sistemler tanıtılmış, dijital görüntü ve kalitesi hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Çalışmanın temel konusunu oluşturan arazi ve resim koordinatları arasındaki bağıntılar ve ışın demetleri ile dengeleme yöntemi irdelenmiştir. Fotogrametride kullanılan kameralar hakkında geniş çaplı bilgiler verilmiş ve çalışmada kullanılan Zeiss/Jena LC0030 fotogrametrik analog kamera ile Vexcel Ultracam D fotogrametrik dijital kameranın özellikleri aktarılmıştır. Ayrıca uygulamada kullanılan Inpho Match-AT havai nirengi programı hakkında bilgiler verilmiş ve projenin işlem adımları ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Çalışmada, Zeiss/Jena fotogrametrik analog kamera ve Vexcel fotogrametrik dijital kameraların geometrik performanslarının belirlenmesi amacıyla; aynı bölgenin, yakın zamanlı çekimi yapılmış fotoğrafların incelenmesi sonrası, hem analog hem dijital resimlerde en uygun dağılımda bulunan GPS ile ölçüm ve hesapları yapılan 20 adet kontrol noktası çalışmanın temel altlığını oluşturmaktadır. Uygulama aşamasında; fotogrametrik nirengi ve dengeleme çalışmaları Inpho Match-AT programı ile yapılmıştır. Bunun için, önce analog kamera resimleri kullanılarak oluşturulan projede, kontrol ve denetleme noktaları farklı sayı ve yönde değişik kombinasyonlar oluşturacak şekilde test edilmiştir. Noktaların arazi koordinatları (jeodezik koordinatlar) ile dengeleme sonucu bulunan koordinatları arasındaki farkların üç boyutlu hata vektörleri oluşturulmuştur. Bu vektörler yardımı ile her bir dengelemenin X, Y ve Z eksenlerinde maksimum hataları tespit edilmiş ayrıca tüm noktaların hata ortalamaları alınarak

analog kamera ile yapılan diğer kombinasyonlar ile irdelemesi yapılmıştır. Sonrasında da dijital kamera resimleri kullanarak proje oluşturulmuş, analog kamera resimleri kullanarak yapılan projedeki işlem adımları ve kombinasyonların aynıları dijital kamera için de tekrarlanarak noktaların arazi koordinatları ile dengeleme hesabıyla bulunan koordinatları arasındaki farkların üç boyutlu hata vektörleri oluşturulmuştur. Bu vektörler yardımı ile her bir dengelemenin, eksenlerde maksimum hataları ve hata ortalamaları alınarak dijital kamera ile yapılan diğer kombinasyonlar ile irdelemesi yapılmıştır. Çalışma, bu değerlerin diğer kamera kombinasyonları ile kıyaslanarak söz konusu kameraların geometrik doğruluk analizi ve farklı nitelikteki (analog ve dijital) kameralarla elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır. Dijital kameranın geometrik doğruluk açısından daha iyi sonuç verme nedenleri ve dijital kameranın sağladığı yeniliklere değinilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Dijital kamera, analog kamera, geometrik doğruluk, ışın demetleri ile blok dengeleme.

## ABSTRACT

Photogrammetry helps us to mapping of great fields or hard terrains and producing ortophoto maps. By the way, technological developments make easier applications done, because of these, photogrammetry, takes more part in our subjects.

The progress in kinematic GPS technologies make possible taking of photographs and reducing of geodesic preparations also more speedy the photogrammetric workstations. To make the subject more understandable, we went through at progress session of photogrammetry. First of all, it was introduced the photogrammetric systems used in this study and it's digital image and quality, and then, examined the connections between object space and image coordinates and bundle block adjustment.

It has been given comprehensive information about cameras for photogrammetry and adapted specifications of Zeiss/Jena photogrammetric analog camera and Vexcel photogrammetric digital camera used in this study. At least, it was given an information about Inpho Match-AT program, and presented the procedures of the study.

In this study, it was aimed to determine the performance of Zeiss/Jena analog photogrammetric camera and Vexcel digital photogrammetric camera each of one. Digital and analog photographs taken recently of the same area were used with 20 control points measuring by GPS in these photographs. In the stage of application, AT and bundle block adjustment studies made by Inpho Match-AT program.

It has been tested the project prepared with digital and analog photographs according to control and balance points, and created there dimensional deviation vectors between aerial and image coordinates. The maximum deviations in X, Y, and Z axis for each balance operations were determined using these vectors we. With these vectors, it were determined the maximum deviations in X, Y, and Z axis for each balance operation in digital cameras.

At least, it has been compared these results with other camera combinations and reached the geometric linear analysis. It has ended this study with the comparison of digital and analog camera's results.

**Keywords** : Digital camera, analog camera, geometric accuracy, bundle block adjustment.

## TEŞEKKÜR

“Dijital ve Analog Hava Kameralarının Geometrik Potansiyellerinin Fotogrametrik Açıdan İrdelenmesi” başlıklı tez çalışmam süresince bana yol gösteren ve değerli katkılarını esirgemeyen tez danışmanım ve Bölüm Başkanımız Sayın Yrd. Doç. Dr. Tamer BAYBURA’ya, Sayın Yrd. Doç. Dr. Fevzi KARSLI’ya, Sayın Yrd. Doç. Dr. Özsen ÇORUMLUOĞLU’na, yardım ve desteği bulunan değerli bölüm hocalarıma, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Fotogrametri ve Geodezi Dairesi Başkanı Sayın Sedat BAKICI ve mesai arkadaşlarıma, çalışmanın fotogrametrik nirengi ve dengeleme aşamasında özverili bir şekilde yardımlarını sunan Sayın Recep ALBAYRAK’a ve aileme en içten teşekkürlerimi sunarım. 30/05/2008

**Osman SELÇUK**  
AFYONKARAHİSAR  
Mayıs 2008



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b>	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>vi</b>
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ</b>	<b>ix</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	<b>x</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b>	<b>xi</b>
<b>RESİMLER DİZİNİ</b>	<b>xii</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. FOTOGRAMETRİK GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİNİN TARİHİ</b>	<b>3</b>
<b>3. FOTOGRAMETRİ</b>	<b>4</b>
3.1 Plançete Fotogrametrisi	4
3.2 Analog Fotogrametri	4
3.3 Analitik Fotogrametri	4
3.4 Dijital Fotogrametri	4
<b>4. DİJİTAL FOTOGRAMETRİK SİSTEMİN ANA ELEMANLARI</b>	<b>6</b>
<b>5. DİJİTAL GÖRÜNTÜ ve ÖZELLİKLERİ</b>	<b>7</b>
5.1 Fotogrametrideki Koordinat Sistemleri	8
5.2 Dijital Görüntünün Kalitesi	9
<b>6. ARAZİ ve RESİM KOORDİNATLARI ARASINDAKİ BAĞINTILAR</b>	<b>11</b>
6.1 İç Yönelme (Interior Orientation)	11
6.2 Dış Yönelme (Exterior Orientation)	11
6.3 Karşılıklı Yönelme (Relative Orientation)	12
6.4 Mutlak Yönelme (Absolute Orientation)	13

<b>7. IŞIN DEMETLERİ ile BLOK DENGELEME</b>	<b>14</b>
<b>8. KAMERALAR</b>	<b>20</b>
8.1 Analog Fotogrametrik Kameralar	20
8.2 Dijital Fotogrametrik Kameralar	21
8.3 Analog ve Dijital Fotogrametrik Kameraların Karşılaştırılması	23
<b>9. UYGULAMA</b>	<b>24</b>
9.1 Amaç	24
9.2 Match AT Sayısal Fotogrametri Yazılımı	24
9.3 Match AT Sayısal Fotogrametri Yazılımı İşlem Adımları	24
9.3.1 Match AT Yazılımında Proje Oluşturulması	24
9.3.2 Resimlerin Match AT Yazılımı Çalışma Ortamına Taşınması	25
9.3.3 Match AT Yazılımında Kamera Verilerinin Girilmesi	26
9.3.4 Match AT Yazılımında İç Yönelme	26
9.3.5 Match AT Yazılımında Dış Yönelme	26
<b>8. DEĞERLENDİRME</b>	<b>30</b>
10.1 Analog Kamera için 20 Kontrol Noktası ile Yapılan Değerlendirme	31
10.2 Analog Kamera için 15 Kontrol ve 5 Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme	33
10.3 Analog Kamera için 10 Kontrol ve 10 Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme	35
10.4 Analog Kamera için 5 Kontrol ve 15 Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme	37
10.5 Analog Kamera için 10 (Kuzey) Kontrol ve 10 (Güney) Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme	39
10.6 Dijital Kamera için 20 Kontrol Noktası ile Yapılan Değerlendirme	41
10.7 Dijital Kamera için 15 Kontrol ve 5 Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme	43

10.8 Dijital Kamera için 10 Kontrol ve 10 Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme	45
10.9 Dijital Kamera için 5 Kontrol ve 15 Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme	47
10.10 Dijital kamera için 10 (Kuzey) Kontrol ve 10 (Güney) Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme	49
<b>9. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	<b>52</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>54</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>55</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### 1. Simgeler

$\eta$	Resim koordinatı x bileşeni
$\xi$	Resim koordinatı y bileşeni
$\omega$	X eksenine ait dönüklük parametresi
$\varphi$	Y eksenine ait dönüklük parametresi
$\chi$	Z eksenine ait dönüklük parametresi
N	Normal denklemler
$f$	Kamera sabiti (Odak uzaklığı)

### 2. Kısaltmalar

AT	Aerial triangulation (Fotogrametrik nirengi)
CAD	Computer aided design (Bilgisayar destekli tasarım)
CCD	Charge couple device (Yük bağlamalı düzen)
GIS/LIS	Geographic information system/Land information system (Coğrafi bilgi sistemi / Arazi bilgi sistemi)
GPS	Global positioning system (Küresel konumlandırma sistemi)
IR	Infrared (Kızılötesi)
RGB	True color (Gerçek renk)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa No</b>
Şekil 3.1 Fotogrametri gelişim evreleri	5
Şekil 4.1 Dijital fotogrametrik sistemlerde iş akış diyagramı	6
Şekil 5.1 Dijital görüntünün yapısı, piksel ve görüntü koordinat sistemleri	7
Şekil 5.2 Piksel koordinatlarından resim koordinatlarına geçiş	8
Şekil 7.1 Işın demetleri ile blok dengelemede ölçüm noktası ve arazi bağlantısı	14
Şekil 9.1 Analog ve dijital kamera uçuş yönleri ve resim numaraları	25

## TABLULAR DİZİNİ

	<b>Sayfa No</b>
Tablo 10.1 Analog kamera I. dengeleme sonrası koordinat farkları	31
Tablo 10.2 Analog kamera II. dengeleme sonrası koordinat farkları	33
Tablo 10.3 Analog kamera III. dengeleme sonrası koordinat farkları	35
Tablo 10.4 Analog kamera IV. dengeleme sonrası koordinat farkları	37
Tablo 10.5 Analog kamera V. dengeleme sonrası koordinat farkları	39
Tablo 10.6 Dijital kamera I. dengeleme sonrası koordinat farkları	41
Tablo 10.7 Dijital kamera II. dengeleme sonrası koordinat farkları	43
Tablo 10.8 Dijital kamera III. dengeleme sonrası koordinat farkları	45
Tablo 10.9 Dijital kamera IV. dengeleme sonrası koordinat farkları	47
Tablo 10.10 Dijital kamera V. dengeleme sonrası koordinat farkları	49
Tablo 10.11 Analog kamera dengelemeleri sonrası, arazi ve resim koordinat farkları	51
Tablo 10.12 Dijital kamera dengelemeleri sonrası, arazi ve resim koordinat farkları	51

## RESİMLER DİZİNİ

	<b>Sayfa No</b>
Resim 8.1 Zeiss/Jena LC0030 analog fotogrametrik hava kamerası	21
Resim 8.2 Vexcel UltraCam D dijital fotogrametrik hava kamerası	22
Resim 9.1 Fotogrametrik nirengi çalışması	28
Resim 10.1 Çalışma alanında kontrol noktalarının üç boyutlu dağılımı	30
Resim 10.2 Analog kamera I. hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterilmesi	32
Resim 10.3 Analog kamera II. hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterilmesi	34
Resim 10.4 Analog kamera III. hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterilmesi	36
Resim 10.5 Analog kamera VI. hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterilmesi	38
Resim 10.6 Analog kamera V.hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterilmesi	40
Resim 10.7 Dijital kamera I. hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterilmesi	42
Resim 10.8 Dijital kamera II. hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterilmesi	44
Resim 10.9 Dijital kamera III. hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterilmesi	46
Resim 10.10 Dijital kamera IV. hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterilmesi	48
Resim 10.11 Dijital kamera V. hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterilmesi	50

## 1. GİRİŞ

Fotogrametri eski Yunan'daki fotos (ışık), gramma (çizim), metron (ölçme) kelimelerinin birleşmesinden meydana gelmiş "ışık yardımı ile ölçme ve çizim" anlamına gelmektedir (Gürbüz 1981).

Haritacılık yönünden fotogrametri, genellikle % 60 boyuna ve % 30 enine bindirmeli olarak çekilmiş arazinin merkezsel izdüşümü olan fotoğraflar yardımı ile harita elde etme bilimidir. Fotogrametri, çok kısa sürede büyük alanların doğru bir şekilde haritalanmasına ve ortofoto haritaların üretilmesine olanak sağlaması sebebi ile uygulama alanı bulmakta ve her geçen gün bu olanaklarını arttırmaktadır.

Öncelikle, fotogrametrinin tarihi süreçte ki gelişimine bakılmış ve özellikle dijital fotogrametrinin temel özellikleri, çalışma algoritması ve prensiplerine değinilmiştir. Değerlendirme programı hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiş, bu çalışmada kullanılan kameralar ayrıntılı olarak incelenerek temel bilgiler verilmiştir. Sonrasında da, analog ve dijital resimlerin değerlendirilmesinde kullanılan matematiksel modele değinilmiştir.

Bu çalışmada, İstanbul şehrinde halihazır ve ortofoto harita yapımı amacıyla yakın zamanlı alımı yapılmış; aynı bölgenin, Zeiss/Jena LC0030 Analog Fotogrametrik hava kamerası ve Vexcel UltraCam D Dijital Fotogrametrik hava kamerası resimleri temin edilmiştir.

Proje blok bazda ve kinematik GPS yöntemi ile uçulduğu için, bu çalışma alanında nirengi sıklaştırılmasına gerek duyulmuştur. Resimlerin incelenmesi sonrası; hem analog hem dijital resimlerde ortak dağılımda ve nitelikte gözüken 20 objenin kontrol noktası olmasına karar verilmiştir. Başlangıç olarak bu 20 adet noktanın GPS ölçülerini yapmak amacıyla bölgeye gidilmiştir.

GPS ölçüm ve hesapları yapılan 20 adet kontrol noktası çalışmanın temel altlığını oluşturmuştur. Bu noktalarla kontrol ve denetleme noktaları olacak şekilde farklı kombinasyonlar oluşturulmuştur.

Önce; analog hava kamerası için, I. kombinasyonda; 20 kontrol, 0 denetleme, II. kombinasyonda; 15 kontrol, 5 denetleme, III. kombinasyonda; 10 kontrol, 10



denetleme, VI. kombinasyonda; 5 kontrol, 15 denetleme ve V. kombinasyonda; 10 kontrol noktası kuzeyde, 10 denetleme noktası güneyde olacak Şekilde; 5 kombinasyonda ayrı ayrı test ve dengeleme yapılmıştır.

Sonrasında; noktaların arazi koordinatları ile fotogrametrik koordinatları arasındaki farkların üç boyutlu hata vektörleri oluşturulmuştur. Bu vektörler yardımı ile her bir dengelemenin X, Y ve Z eksenlerinde maksimum hataları tespit edilmiş ayrıca tüm noktaların hata ortalamaları alınarak aynı kamera için diŐer kombinasyonlar ile irdelemesi yapılmış; yine bu deŐerler diŐer kamera kombinasyonları ile karŐılaŐtırılmıŐtır.

Çalışma, Zeiss/Jena LC0030 Analog Fotogrametrik hava kamerası ve Vexcel UltraCam D Dijital Fotogrametrik hava kamerası ile yakın zamanlı çekimi yapılmış resimleri kullanarak söz konusu kameraların geometrik doŐruluk analizi ve farklı nitelikteki (analog ve dijital) kameralarla elde edilen sonuçların karşılaştırılması ile tamamlanmıŐtır.

## 2. FOTOGRAMETRİK GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİNİN TARİHİ

Fotogrametri temelde fotoğrafın icadı ile başlayan bir bilimdir. Fotoğrafın icadı 1838 yılında Fransız Louis Daguerre tarafından yapılmıştır. 1851 yılında Fransız Binbaşı Alme Laussedat ölçme amacı ile ilk fotoğraf makinesini kullandı. 1864'de Laussedat'ın öğrencisi Yüzbaşı Javari tarafından Fransız savunma bakanlığı emriyle "iki noktadan çekilen resimlerden noktaların önden kestirme ile çizimi yöntemi" araziye uygulanarak 20 km<sup>2</sup>'lik arazinin 18 noktadan çekilen resimlerinden yararlanarak 1/5000 ölçeğinde oldukça sıhhatli bir haritası yapıldı. 1867 tarihinden itibaren fotogrametri, kesin olarak ve resmen topografik harita yapımında kullanılmaya başlandı. 1892'de Prof. Stolze tarafından ilk ölçü makarası yapıldı. 1901 yılında Carl Pulfrich bir stereokomparatör yaptı ve stereofotogrametrinin prensiplerini kurdu, Stolze tarafından bulunan ölçü makarasını geliştirdi. 1915'de Oskar Messter tarafından hava resim kamerası yapımı ile hava fotogrametrisi kurulmuş oldu. 1917'de ilk fotogrametrik hava alımından eş yükseklik eğrili harita yapıldı. 1923'de Otto Von Gruber, karşılıklı yöneltme yöntemini buldu. 1926 yılında Hegershoff tarafından hava resimlerini kıymetlendirme aleti "Autokartograf" geliştirildi. 1970'lere kadar NISTRİ, ZEISS, WILD ve HILGER WATTS firmaları tarafından değişik modellerde ve yeni teknolojide stereo kıymetlendirme cihazları geliştirildi. Günümüzde ise; elektronik sistemlerin de kullanılmasıyla bir çok yazılım geliştirilmiştir ve fotogrametrik çalışmalar tamamıyla sayısal ortamda başarıyla uygulanmaktadır. Fotogrametrik resim elde edilmesi ve elde edilen resimlerin değerlendirilmesindeki otomasyon ve doğruluk, üç boyutlu cisim koordinatlarının resimlerdeki ölçmelerden elde edilmesindeki kolaylık ve sürat, artık fotogrametrinin gelişim yönünü belirleyen en önemli etkidir (SÜ Jeodezi ve Fotogrametri Ders Notları 1999).

### **3. FOTOGRAMETRİ**

Fotogrametri bilimi tarihi açıdan incelendiğinde Plançete Fotogrametrisi, Analog Fotogrametri, Analitik Fotogrametri ve Dijital Fotogrametrisi olmak üzere dört ana başlık altında toplanmaktadır.

#### **3.1 Plançete Fotogrametrisi**

Plançete fotogrametrisi yersel fotogrametride kullanım alanı bulmuştur. Kamera ile teodolitlerin birleştirildiği foto-teodolitler kullanılarak iki noktadan, daha da ideali üç noktadan çizimi yapılacak arazinin resme alınmasıdır. Plançete fotogrametrisi özellikle mimaride kullanılmıştır.

#### **3.2 Analog Fotogrametri**

Analog kameralarla çekilen fotoğraf çiftlerinin optik mekanik aletlerle yöneltilerek stereo-modelin oluşturulmasını, değerlendirilmesini ve bu aletlere bağlanmış çizim masaları kullanılarak istenilen ölçekte çizim üretilmesini kapsar. Analog fotogrametride çizgisel ürün ile tek tek arazi noktalarının koordinatları elde edilebilir.

#### **3.3 Analitik Fotogrametri**

Analitik fotogrametride veri olarak film bazlı kameralardan alınan resimler kullanılmaktadır. Bu sistemlerde, optik mekanik aletler bilgisayarlarla desteklenmiş ve bu şekilde fotogrametrik hesaplamalar yapılmıştır. Ayrıca ürün bilgisayarlar da elde edildiğinden, bu ürünlerin bilgisayar destekli tasarım (CAD) sistemlerine aktarılması ve görsel efektler eklenmesi mümkün olmuştur.

#### **3.4 Dijital Fotogrametri**

Dijital fotogrametride, analog ve analitik fotogrametride üzerine görüntü aktarılan film veya emülsiyonlu kağıtlar yerine, elektronik aletler yardımı ile dijital bir ortamda saklanan görüntüler kullanılır. Bunun sonucu olarak dijital fotogrametride görüntü optik olarak değil dijital olarak işlenir. Elektronik araçlarla kaydedilen görüntü daha sonra insan gözü ve algılamasını taklit eden bilgisayar teknikleriyle devam eder. Bu yöntem, Computer Vision (bilgisayar görüşü), Image Understanding (görüntü anlama), Pattern Recognition (detay tanıma), Softcopy Photogrammetry gibi isimler de verilmektedir. Dijital görüntüler, normal kameralardan alınmış film veya cam üzerine basılmış

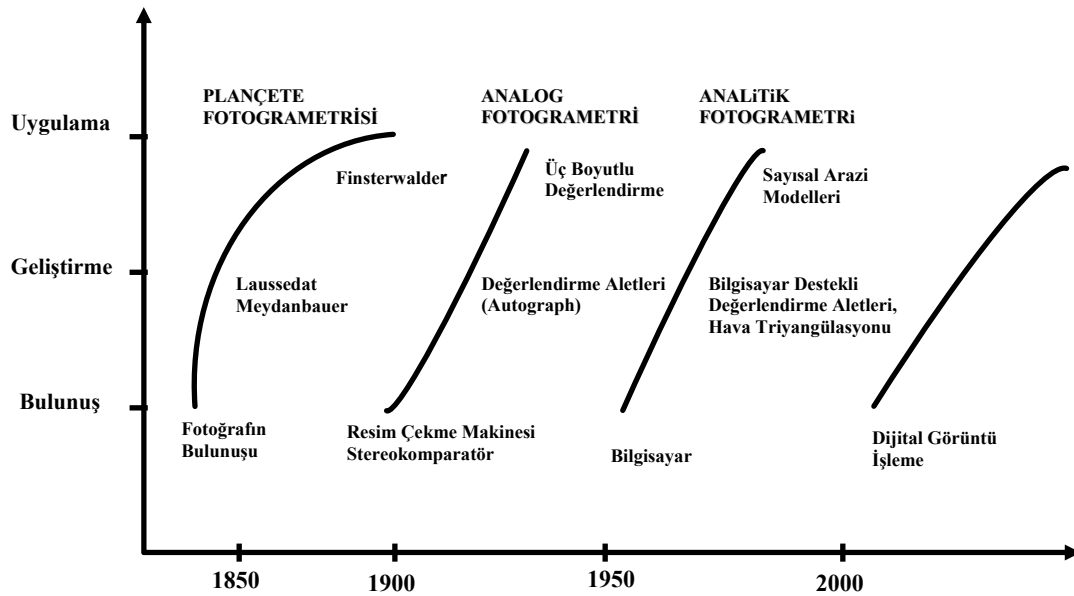
resimlerin yüksek ayırma gücüne sahip tarayıcılar yardımı ile dijital bir ortamda depolanabileceği gibi dijital kameralar ile de doğrudan üretilip depolanabilir. Dijital fotogrametrinin en önemli özelliği verilerin dijital ortamda saklanması ve işlenmesidir. Dijital fotogrametrinin kazandırdığı bazı özellikler şunlardır.

**Görüntünün İyileştirilmesi:** Görüntü, bilgisayar ortamında kontrast ve ışık şiddeti gibi özelliklerinin değiştirilmesiyle daha anlaşılabilir bir duruma getirilebilir.

**İşlem Kolaylığı:** Dijital, fotogrametrik sistemlerde işlemler, analog ve analitik sistemlere göre daha kolay bir şekilde yapılmaktadır. Ayrıca otomatik ölçmelerle de işlemler daha süratli ve hassas şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

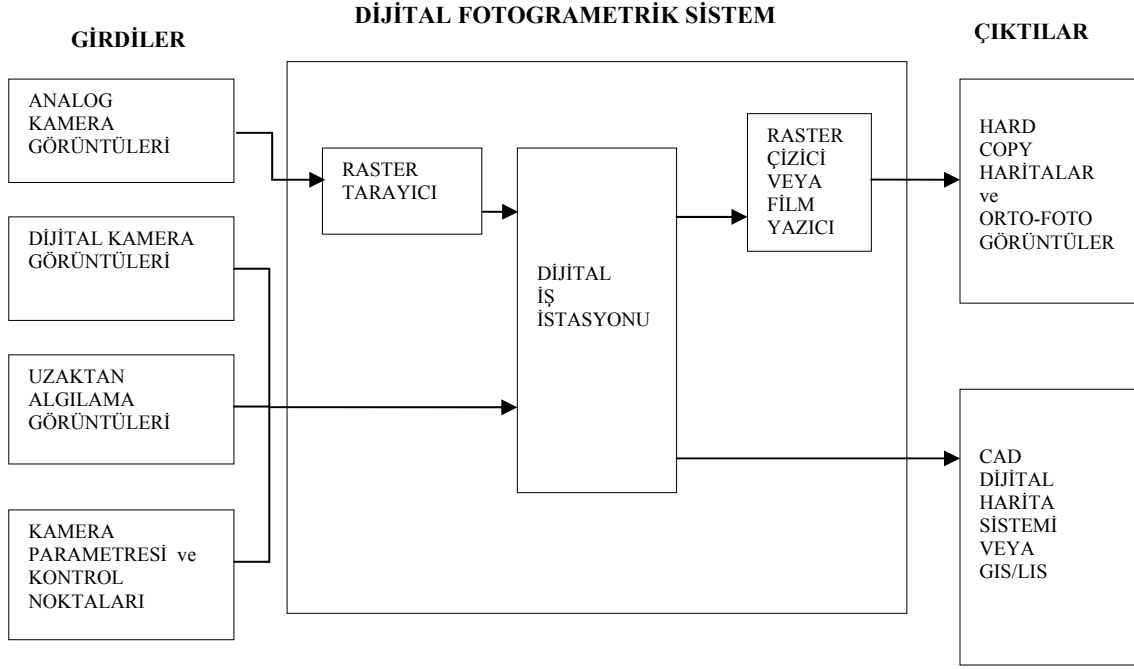
**CAD Sistemleri ile Eş Zamanlı Çalışabilme:** Bu özellik, değerlendirme esnasında çizimin de eş zamanlı olarak görüntülenebilmesi ve bu şekilde olası hataların erken fark edilmesini sağlamaktadır.

**Ürünlerin Saklanması:** Dijital fotogrametrik değerlendirme sonrasında elde edilen ürünler, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sonucunda daha güvenli bir şekilde ve daha az mekan kaplayan arşivlerde depolanabilmektedir.



Şekil 3.1 Fotogrametri gelişim evreleri

#### 4. DİJİTAL FOTOGRAMETRİK SİSTEMİN ANA ELEMANLARI



Şekil 4.1 Dijital fotogrametrik sistemlerde iş akışı diyagramı

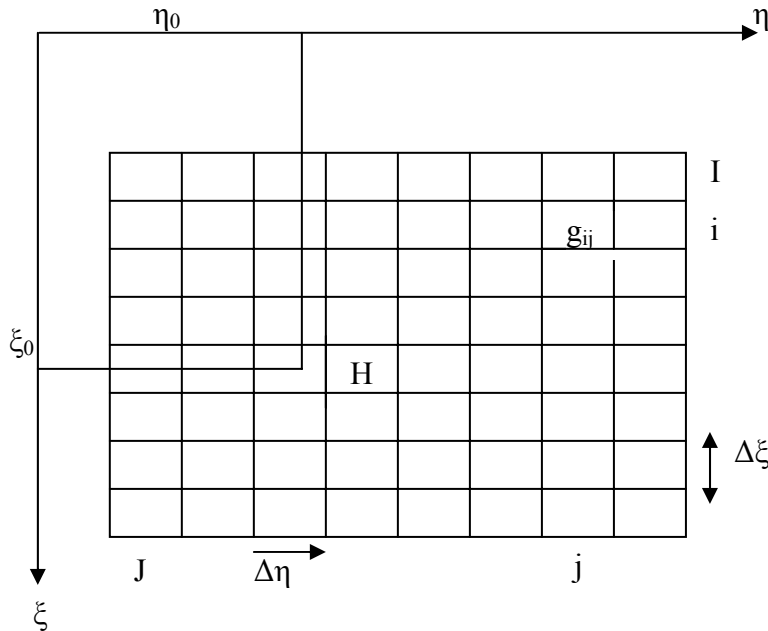
Dijital fotogrametrik sistemler; üzerinde gerçekleştirilecek fotogrametrik çalışmalara izin verecek bilgisayar yazılımını ve donanımını birleştiren sistemlerdir. Bu sistemde girdiler; büyüklükleri ve boyutları sabit resim elemanlarından (piksellerden) oluşan resim verileri ve kullanılan kameranın parametreleri ile arazide tesis edilip, ölçüleri yapılan kontrol noktalarının koordinat değerleridir.

Bir dijital fotogrametrik sistemin, ana elemanı dijital fotogrametrik iş istasyonudur. Dijital fotogrametrik iş istasyonunda analitik (hesap ve matematiğe dayalı) fotogrametrik işlemler gerçekleştirilir. İş istasyonlarında, harita üretimi ve revizyonunda yer alan detay çıkarma, detay ekleme gibi operatör kontrollü işlemler, otomatik veya yarı otomatik çalışmalar (dijital yükseklik modeli verisi oluşturmak) gibi işlemler gerçekleştirilir.

Dijital fotogrametrik sistemlerde çıktılar; dijital harita sistemlerine, kent bilgi sistemlerine, GIS/LIS sistemlerine vektör yapıda haritalar olabildiği gibi dijital arazi modeli verileri ve dijital ortofoto görüntüler de olabilir.

## 5. DİJİTAL GÖRÜNTÜ TANIMI ve ÖZELLİKLERİ

Bir bilginin vektör veri modelinde olduğu gibi, raster veri modelinde de bilgisayar ortamında saklanabilmesi için, koordinat bilgisine ihtiyaç vardır. Raster veri modelinde her bir konum ayrı bir piksel ile ifade edilir. Bu tür gösterimlerde her bir hücrenin koordinatı satır ve sütun numarası ile belirlenir ve koordinat başlangıcı olarak daima ekranın sol üst köşesi alınır. Yatay eksen  $\eta$  ( $x$ ), dikey eksen  $\xi$  ( $y$ ) olarak adlandırılır. Her bir piksel (hücre) taşıdığı özelliğe karşılık gelecek şekilde bir değere sahiptir. Bu nominal değer, arazi sınıflandırmasında kullanılan bir kod değeri olabileceği gibi, o hücrenin rengini tanımlayan bir renk ölçüm değeri de olabilir. Raster yapıda piksel boyutu görüntünün hassasiyetini, ayırma gücünü gösterir. Piksel boyutunun büyümesiyle görüntü kalitesinde bozulma olmasına karşın, görüntünün bilgisayar ortamında saklanabilmesi için gerekli bellek büyüklüğü de azalır. Piksel boyutu ne kadar küçük seçilirse cisimler o kadar net; renk görüntü derinliği ne kadar fazla ise cisim o kadar gerçeğe yakın görünür. Sayısal resmin elemanları  $g_{ij}$  olan iki boyutlu  $G$  matrisinden oluşur.  $i$  satır indeksi 1' den birer birer artarak  $I$ ' ya kadar gider ( $i=1(1)I$ ). Sütun için de aynı biçimde ( $j=1(1)J$ ) indisi kullanılır.



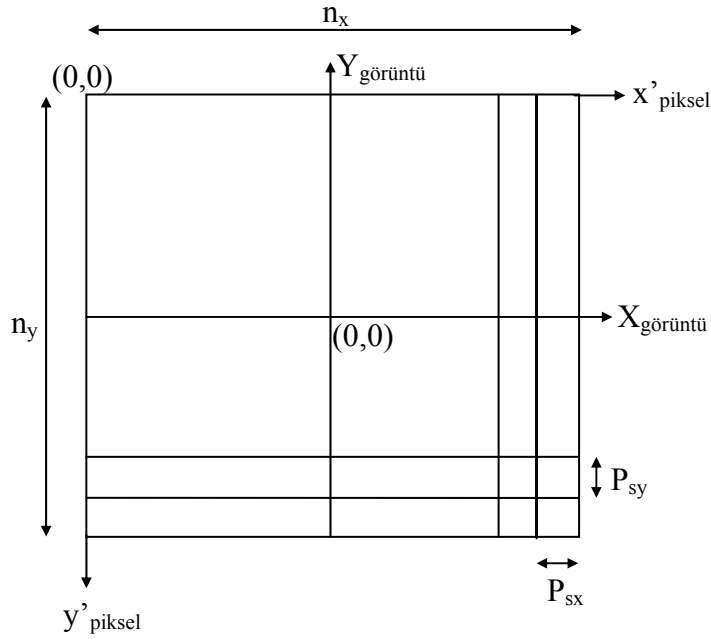
Şekil 5.1 Dijital görüntünün yapısı, piksel ve görüntü koordinat sistemleri

## 5.1 Fotogrametride Kullanılan Koordinat Sistemleri

Fotogrametride kullanılan koordinat sistemleri;

- Komparator koordinat sistemi
  - Görüntü (resim)/piksel koordinat sistemi
  - Model koordinat sistemi
  - Arazi (jeodezik, nirengi) koordinat sistemi
- şeklinde ifade edilebilir.

Dijital görüntüdeki ölçümler bir piksel koordinat sisteminde ifade edilir. Görüntü koordinatları ve piksel koordinatları arasındaki ilişki piksel koordinat sisteminden görüntü koordinat sistemine bir dönüşüm işlemi ile sağlanır.



Şekil 5.2. Piksel koordinatlarından resim koordinatlarına geçiş

Piksel koordinatlarından görüntü koordinatlarına transformasyon,

$$x = \left( x' - \frac{n_x}{2} \right) p_{sx}$$

$$y = \left( -y' + \frac{n_y}{2} \right) p_{sy}$$

eşitlikleri ile sağlanır. Burada,  $x, y$  görüntü koordinatlarını,  $x', y'$  piksel koordinatlarını,  $n_x, n_y$ ,  $x$  ve  $y$  yönündeki piksel sayısını,  $P_{sx}$  ve  $P_{sy}$  ise  $x$  ve  $y$  yönündeki piksel boyutunu göstermektedir.

## 5.2 Dijital Görüntünün Kalitesi

Dijital görüntülerin kalitesine ilişkin sorular optik biliminin temel problemlerinden biri olarak ifade edilmektedir. Görüntü kalitesi, var olan bütün kameralar için bir sınıflandırma niteliği haline gelmiştir. Işık şiddeti, astigmatizm ya da cismin spektral özellikleri görüntü kalitesinin bileşenleri olsa bile, fotogrametri için görüntü kalitesinde en önemli parametre çözünürlük olarak ifade edilmektedir. Çözünürlük, optik sistemin sınır frekans değerini, diğer bir deyişle görüntü üzerinde tek başına ayırt edilebilen en küçük birimin boyutunu ifade eder.

Dijital görüntülerde ayırt edilebilen en küçük birim pikseldir. Piksel boyutu dijital bir görüntünün kalitesindeki en önemli parametredir. Küçük piksel boyutuna sahip görüntülerde detay ayırt etme yeteneği daha yüksek olduğundan çözünürlük de yüksektir. Diğer bir deyişle piksel boyutu ne kadar küçülürse, görüntünün çözünürlüğü ve dolayısıyla kalitesi de o kadar artacaktır.

Bir görüntüdeki tüm pikseller için birinci dereceden yoğunluk fonksiyonu  $p_1(x,y,z)$  olarak ifade edilebilir. Burada  $(x,y)$  değişkenleri piksellerin konumunu,  $z$  değişkeni ise parlaklık değeridir. Radyometrik çözünürlük bir diğer kriterdir. Piksellerin konumları göz ardı edilir ve yoğunluk fonksiyonu  $p_1(z)$  olarak oluşturulursa, söz konusu görüntü için parlaklık histogramı elde edilmiş olur.

Bunun yanında, renkli görüntüler için  $z$  parlaklık değerinin yerini RGB renk değerleri alır. Herhangi bir renk, bu üç rengin belirli yoğunluklarda karıştırılması ile elde edilir. RGB uzayı, koordinat eksenleri kırmızı (red), yeşil (green) ve mavi (blue) olan 3 boyutlu bir uzay olarak düşünülebilir. Oluşturulmak istenen herhangi bir renk, bu üç ana renk koordinatları cinsinden ifade edilebilir. Bu tip görüntülerde her renk tonu için aynı bir histogram söz konusu olur. Histogram, sütunlu grafik olarak gösterilir.

Dijital görüntülerde, görüntü kalitesini etkileyen en önemli etkenlerden biri de noise adı verilen ve aynı grilik değerine sahip olması gereken bölgelerdeki farklı grilik veya RGB



değerleridir. Noise, dijital görüntülerde düzensiz hata olarak ifade edilir. Bu hata dijital görüntünün elde edilmesinde, naklinde veya işlenmesinde oluşabilir. Ayrıca bu hatalar görüntünün içeriğinden bağımlı ya da bağımsız olabilir.

## 6. ARAZİ ve RESİM KOORDİNATLARI ARASINDAKİ BAĞINTILAR

Genel olarak fotogrametrik problem, kameranın iç ve dış yöneltme parametrelerini ayrıca ilgili noktaların cisim uzayı koordinatlarının belirlenmesini içerir.

### 6.1 İç Yöneltme (Interior Orientation)

Resmi oluşturan ışınların, yani resim çekimi sırasında objektiften geçen ışınların küçültülmüş veya büyütülmüş olarak ışın demeti oluşturacak biçimde yeniden elde edilmesidir. İç yöneltme, izdüşüm merkezine göre resim noktalarının konumunu esas alarak cisim uzayındaki ışınların aralarındaki açısal bağıntıyı ifade eder. Böylece resim koordinat sistemine göre izdüşüm merkezinin konumu yöneltmenin geometrik elemanlarıyla ifade edilir. İç yöneltme ile resim çekim anındaki ışın demeti yeniden oluşturulmuş olur.

İç yöneltme elemanları, resim ana noktasının orta noktaya göre konumu ve izdüşüm merkezinin resim düzlemine olan uzaklığıdır.

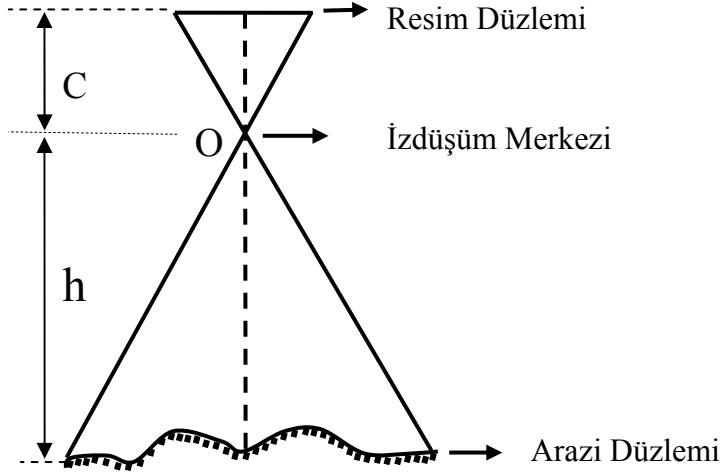
Bu geometrik düşünce yanında iç yöneltme parametrelerine optik izdüşümü belirleyen mercek hatalarının bilinmesi gerekir. İç yöneltme elemanlarının bilinmesi durumunda sabit değer olarak alınırlar. Dengeleme hesabında bilinen olarak kabul edilirler. Eğer bu değerler daha önceden laboratuarlarda kalibrasyon ölçmeleriyle belirlenmiş iseler, o zaman düzeltme getirilecek bilinmeyen değerler olarak dengeleme hesabına katılırlar.

Sayısal ortamda iç yöneltme, kamera bilgilerindeki orta nokta bulucu koordinatlarının görüntü üzerindeki izleri ölçülür, bu ölçülere eşlenen görüntü üzerindeki piksellerin ortalaması alınarak asal nokta koordinatları piksel sisteminde koordinatlandırılmış olur (Marangoz 2002).

### 6.2 Dış Yöneltme (Exterior Orientation)

Dış yöneltme kameranın bir referans sistemine göre (arazi sistemi) konumunun belirlenmesini ve yöneltmesini içerir. Bunun için; bilinen iç yöneltmeli izdüşüm, eğer izdüşüm merkezinin  $X_0$ ,  $Y_0$  ve  $Z_0$  koordinatları ile resim koordinat sisteminin uzay koordinat sistemindeki yöneltmesinin bilinmesi durumunda analitik olarak ve tek

anlamli olarak belirlidir. Bu yöneltme birbirinden bağımsız ve çeşitli şekilde seçilebilen üç  $\omega$ ,  $\varphi$  ve  $\chi$  açıları ile gösterilir.



Şekil 6.1 Merkezi izdüşüm geometrisi ( C Odak uzaklığı, h Çekim yüksekliği)

Bir ışın demetinin uzaydaki konumunun belirlenmesi üç dönme ve ötelenme değerlerinin bilinmesi ile mümkün olur. Bu değerler resim çekme noktasının  $X_0$ ,  $Y_0$  ve  $Z_0$  koordinatları ile ışın demetinin üç dönme parametresi  $\omega$ ,  $\varphi$  ve  $\chi$ 'dir. Bu altı parametreye dış yöneltme elemanları denir.

Üç boyutlu bir cismin yeniden oluşturulması tek bir ölçme resminde mümkün olmayacağı ve bir cismin en az iki merkezi izdüşümünün gerekli olduğu düşünülürse, bir çift ölçme resminde  $6 \times 2 = 12$  dış yöneltme elemanı bulunduğu söylenebilir. Bu 12 bağımsız yöneltme elemanının belirlenmesini amaçlayan dış yöneltme işlemi iki adımda gerçekleştirilir. Bu işlemlere karşılıklı ve mutlak yöneltme adı verilir (Marangoz, 2002).

### 6.3 Karşılıklı Yöneltme (Relative Orientation)

Bir fotoğraf çifti için, fotoğrafların alımı sırasında mevcut olan perspektif koşulların stereo değerlendirme aletlerinde veya matematik eşitlikler ile yeniden oluşturulması işlemidir. Bu işlem stereo çift üzerinde kesişen bütün ışın çiftleri bir düzlemde olduğu zaman başarılabilir. Bunun için; karşılıklı yöneltme ile her iki resimden elde edilen ışın demetleri resim çekim anındaki konuma getirilir. Bu adımda resim kapsamı içinde bulunan bilgilere dayanarak, her iki resimdeki homolog ışın çiftinin kesiştirilmesi

sağlanır. Karşılıklı yöneltme ile bir uzay modeli elde edilir. Bu adım sonunda beş bağımsız dış yöneltme elemanı ( $\chi_1, \chi_2, \phi_1, \phi_2$  ve  $\omega_2$ ) elde edilir.

Karşılıklı yöneltme ile elde edilen uzay modelinin ölçeği belirsiz olduğu gibi, uzaydaki konumu ve yöneltmesi de belirsizdir. Bu modelin istenilen model ölçeğine getirilmesi ve cisim koordinat sistemindeki o cisme ait koordinat değerleri ile model koordinatlarının çakışacağı biçimde ötelenmesi ve döndürülmesi gerekir. Bu adıma da mutlak yöneltme denir (Marangoz 2002).

#### **6.4 Mutlak Yöneltme (Absolute Orientation)**

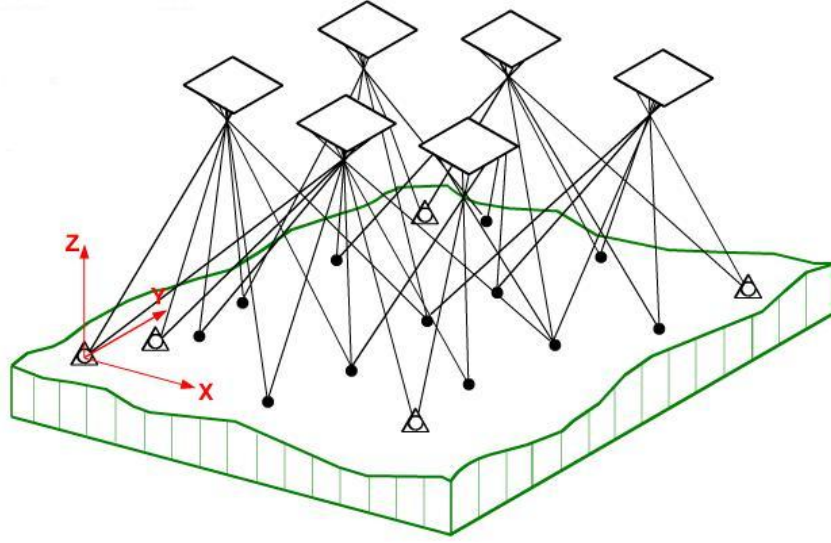
Karşılıklı yöneltme sonucunda oluşturulan modelin üç dönme, üç öteleme ve bir ölçek değişimi ile arazi kontrol sistemine dönüştürülmesidir. Bunun için de; mutlak yöneltme elemanlarının belirlenebilmesi için model ve arazi koordinatları arasında en az 7 denklem oluşturulmalıdır. Bu denklemlerin kurulabilmesi için cisim uzayında koordinatı bilinen en az 3 kontrol noktasına ihtiyaç vardır.

İç ve dış yöneltme ile resim, model ve cisim koordinat sistemleri resim çekim anındaki konumuna getirilmiş olur. Elde edilen bu stereoskopik model ile ölçülen resim koordinatlarından üç boyutlu cisim koordinatları hesaplanabilir.

Sayısal ortamda, resimler üzerinde hem resim hem de cisim koordinatları bilinen kontrol noktaları ile uzaysal geriden kestirme (space resection) hesabı yöntemiyle her bir resmin dış yöneltme parametrelerinin yaklaşık değerleri hesaplanır. Bulunan bu yaklaşık değerler ve resimler üzerinde ölçülmüş olan diğer bağlantı noktalarının resim koordinatları fazla ölçü oluşturduğundan üç boyutlu model için dengeleme hesabına gerek vardır. En küçük kareler yöntemine göre yapılacak dengeleme için iki temel yöntem vardır. Resimlerin dış yöneltme parametrelerinin beraberce hesaplanabilmesi için; Bağımsız modeller yöntemi ile dengeleme ve ışın demetleri yöntemi ile dengeleme yöntemlerinden biri kullanılır (Marangoz 2002).

Uygulamada kullanılan dengeleme hesabı yöntemi olması ve daha iyi sonuçlar vermesi sebebiyle burada ışın demetleri ile dengeleme ele alınacaktır.

## 7. IŞIN DEMETLERİ İLE BLOK DENGELEME



Şekil 7.1 Işın demetleri ile blok dengelemede ölçüm noktası ve arazi bağlantısı

Fotogrametri, merkezsiz izdüşüme dayanmaktadır. Yani izdüşüm merkezi, görüntü noktası, cisim noktasının aynı doğrunun üzerinde bulunması demektir. Resim çekme merkezi, göz önüne alınan cismin veya arazinin bir noktası ile bu noktanın resimdeki görüntüsünün aynı doğru üzerinde bulunmalarıdır. Buna “merkezsiz izdüşüm” denilmektedir. Bu noktaların bir doğru üzerinde bulunmaları koşuluna da “doğrusallık koşulu” denir.

Işın demetleri ile blok dengeleme; bindirmeli olarak çekilmiş şeritvari ya da blok alanlarda yapılan bir dengeleme türüdür. Matematiksel olarak resim koordinatları ile cisim koordinatları arasındaki bağıntının oluşturulmasını esas almaktadır. Bu dengelemede temel birim resimdir.

Ölçülen resim koordinatları ile izdüşüm merkezi bir uzaysal şerit demeti oluşturmaktadır. Bir bloktaki ışın demetinin dış yöneltme elemanları birlikte belirtilmektedir. Bu çalışma için bağlantı noktalarının resim koordinatları ile kontrol noktalarının resim ve jeodezik koordinatları kullanılmaktadır.

Burada,  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$  üç ötelemesi ve  $\omega$ ,  $\phi$ ,  $\chi$  üç dönme açısı, bağlantı noktalarında (fotogrametrik nirengi) ve kontrol noktalarında uygunluğun sağlanması bu dengeleme

yönteminde esas olmaktadır. Bu yöntemde lineer olmayan problem ile karşılaşmakta aynı zamanda pek çok sayısal hesap yapılmaktadır. Bu yöntemde resim ve cisim veya arazi koordinatları arasında doğrudan bağlantı sağlanabilmektedir.

Işın demetleri ile blok dengelemede giriş verileri, birbirini az veya çok bindirme oranında örten resimlerdeki, resim koordinatları olmaktadır. Resim koordinatları ile resim iç yöneltmesinin elemanları, her resimde bir ışın demeti tanımlamaktadır. İşte bu ışın demetlerinin bir blok biçiminde bir araya getirilerek elde edilen, ışın demetleri ile blok dengelemesinin problemini ortaya koymaktadır. Böyle bir dengeleme yönteminde model ele alınmamaktadır. Doğrudan doğruya resim ile cisim veya arazi koordinatlarıyla bağıntı kurulmak suretiyle böyle bir dengeleme problemine geçilmektedir.

Resim çekme işlemi esnasında cisim veya arazi noktası, buna karşılık olan resim noktası ve resim çekme merkezinin bir doğru üzerinde bulunması gerektiği önceleri açıklanmış ve buna doğrusallık (kolinearite) koşulu adı verilmiş olduğu anımsanmaktadır. Işın demetleri dengelemesinde bu, esas olmaktadır.

Resim koordinatları;

$\xi = \xi_0 - c \frac{Z_x}{N}$  ,  $\eta = \eta_0 - c \frac{Z_y}{N}$  olan ve lineer olmayan bu denklemler için diferansiyel

bölümlerine gerek olduğundan aşağıdaki bağıntılar göz önüne alınmaktadır.

$$Z_x = r_{11}(X - X_0) + r_{21}(Y - Y_0) + r_{31}(Z - Z_0)$$

$$Z_y = r_{12}(X - X_0) + r_{22}(Y - Y_0) + r_{32}(Z - Z_0)$$

$$N = r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial c} = \frac{Z_x}{N} = a_1$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial c} = -\frac{Z_y}{N} = b_1$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial X_0} = -\frac{c}{N^2} (d_{13}Z_x - d_{11}N) = a_2$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial X_0} = -\frac{c}{N^2} (d_{13}Z_y - d_{12}N) = b_2$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial Y_0} = -\frac{c}{N^2} (d_{23}Z_x - d_{21}N) = a_3$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial Y_0} = -\frac{c}{N^2} (d_{23}Z_y - d_{22}N) = b_3$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial z_0} = -\frac{c}{N^2} (d_{33} z_x - d_{31} N) = a_4 \quad \frac{\partial \eta}{\partial z_0} = -\frac{c}{N^2} (d_{33} z_y - d_{32} N) = b_4$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial \omega} = -\frac{c}{N} \left\{ ((Y - Y_0) d_{33} - (z - z_0) d_{23}) \frac{Z_x}{N} - (Y - Y_0) d_{31} + (z - z_0) d_{21} \right\} = a_5$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial \omega} = -\frac{c}{N} \left\{ ((Y - Y_0) d_{33} - (z - z_0) d_{23}) \frac{Z_y}{N} - (Y - Y_0) d_{32} + (z - z_0) d_{22} \right\} = b_5$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial \phi} = -\frac{c}{N} \left( (Z_x \cos x - Z_y \sin x) \frac{Z_x}{N} + N \cos x \right) = a_6$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial \phi} = \frac{c}{N} \left( (Z_x \cos x - Z_y \sin x) \frac{Z_y}{N} - N \sin x \right) = b_6$$

$$\frac{\partial \xi_1}{\partial x} = -\frac{c}{N} Z_y = a_7$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = -\frac{c}{N} Z_x = b_7$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial x} = -\frac{c}{N^2} (N d_{11} - Z_x d_{13}) = a_8$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = -\frac{c}{N^2} (N d_{12} - Z_y d_{13}) = b_8$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial Y} = -\frac{c}{N^2} (N d_{21} - Z_x d_{23}) = a_9$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial Y} = -\frac{c}{N^2} (N d_{22} - Z_y d_{23}) = b_9$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial Z} = -\frac{c}{N^2} (N d_{31} - Z_x d_{33}) = a_{10}$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial Z} = -\frac{c}{N^2} (N d_{32} - Z_y d_{33}) = b_{10}$$

Bir j resmine ait bir i noktasının iki düzeltme denklemi bulunacağı bilinmektedir.

Bunlar doğrusallık (kolinearite) denklemlerinin tüm parametreleri ile bağıntılı olarak,

$$\begin{aligned} v \xi_{ij} = & d\xi_{0j} + \left( \frac{\partial \xi}{\partial c_j} \right)^0 dc_j + \left( \frac{\partial \xi}{\partial \omega_j} \right)^0 d\omega_j + \left( \frac{\partial \xi}{\partial \phi_j} \right)^0 d\phi_j + \left( \frac{\partial \xi}{\partial K_j} \right)^0 dK_j + \left( \frac{\partial \xi}{\partial X_{0i}} \right)^0 dX_{0j} + \\ & + \left( \frac{\partial \xi}{\partial Y_{0j}} \right)^0 dY_{0j} + \left( \frac{\partial \xi}{\partial Z_{0j}} \right)^0 dZ_{0j} + \left( \frac{\partial \xi}{\partial X_i} \right)^0 dX_i + \left( \frac{\partial \xi}{\partial Y_i} \right)^0 dY_i + \left( \frac{\partial \xi}{\partial Z_i} \right)^0 dZ_i + \\ & + (\xi_{ij}^0 - \bar{\xi}_{ij}) \end{aligned}$$

$\eta_{ij}$  'de bunun gibi yazılabilir.

Yukarıda verilen bağıntıda diferansiyel bölümleri bilinmeyenlerin yaklaşık değerleri yardımı ile diferansiyel bağıntılara karşılık gelecek biçimde değerlendirilmektedir.  $\xi_{ij}^0$

ve  $\eta_{ij}^0$  hesaplanan resim koordinatlarıdır. Doğrusallık (kolinearite) denklemlerinden bilinmeyenlerin yaklaşık değerleri bulunmaktadır.  $\bar{\xi}_{ij}^0$  ve  $\bar{\eta}_{ij}^0$ 'ler de ölçülen resim koordinatları olarak alınmaktadır.

Demet dengelemesinde ölçme resimleri olduğu takdirde  $d\xi_{0j}$  ve  $d\eta_{0j}$  terimlerini silmelidir. Bu ışın demeti sabit bir noktaya gidiyorsa  $dX$ ,  $dY$  ve  $dZ$ ' li terimleri göz önüne alınmaz. Bunu daha iyi anlayabilmek için aşağıdaki örnekle anlatılması daha uygun olacaktır.

Dört resim üzerinde çalışılıyor olsun. Birinci ve ikinci resimlerde üst kenarlarına yakın aynı numaralı kontrol noktaları ortalarında aynı numaralı ikişer nokta ve alt kenarında aynı numaralı diğer ikişer nokta yerleşmiş olsun. Üç ve dört numaralı iki resimde de bir ve iki numaralı resimlere ait aynı numaralı noktalar, üst kenara yakın ve ortalarında bulunsun. Bu iki resmin alt kenarına yakın olmak üzere başka numarada aynı ikişer kontrol noktası yerleştirilmiş olsun.

Burada iç yöneltmenin bilindiği kabul edilsin. Bu halde, gözlenen resim koordinatları, her bir resimde 6 nokta bulunduğu ve bunlar dört resimde de olduğundan  $6 \times 4 = 24$  nokta bulunup her bir nokta iki koordinat vereceğinden  $24 \times 2 = 48$  tane olacaktır. Resim koordinatları bu dört resim için ölçme sayısı 48 bulunmaktadır.

Burada bilinmeyenler, resim çekim merkezi, resim eğikliği ve yeni nokta koordinatları olmaktadır.

Şimdi resim çekme merkezinin arazi koordinat sistemine göre koordinatları söz konusu olacağından bu bilinmeyen sınıfına girecektir. Üç boyutluda koordinat sayısı üç olacağından dört resim çekildiğine göre  $3 \times 4 = 12$  bilinmeyen vardır.  $X_{01}$ ,  $Y_{01}$  ve  $Z_{01}$  Bir numaralı resim çekme merkezinin (perspektif merkezinin) arazi koordinat sistemine göre koordinatları olmaktadır. İşte bunlar bilinmemektedir. İki numaralı resmin çekme merkezinin koordinatları  $X_{02}$ ,  $Y_{02}$  ve  $Z_{02}$  ' dir ve bunlarda bilinmemektedir. Üç numaralı resmin çekme merkezinin koordinatları  $X_{03}$ ,  $Y_{03}$  ve  $Z_{03}$  dir ve bunlarda bilinmemektedir. Yine dört numaralı resmin çekme merkezinin koordinatları  $X_{04}$ ,  $Y_{04}$  ve  $Z_{04}$  ' dir ve bunlarda bilinmemektedir.



Resim eğiklikleri de bilinmeyen büyüklükler arasına girmektedir. Bunlarda  $\omega$ ,  $\phi$ ,  $\chi$  yöneltme açıları olmaktadır. Buda her bir resim için bilinmeyen olduğu ve dört tane resim olduğundan  $4 \times 3 = 12$  resim eğikliği söz konusu olacak demektir. Buradan da 12 tane bilinmeyen gelmektedir. Bu halde;

Bir numaralı resim için  $\omega_1, \phi_1, \chi_1$  yöneltme açıları,

İki numaralı resim için  $\omega_2, \phi_2, \chi_2$  yöneltme açıları,

Üç numaralı resim için  $\omega_3, \phi_3, \chi_3$  yöneltme açıları,

Dört numaralı resim için de  $\omega_4, \phi_4, \chi_4$  yöneltme açıları bilinmeyen büyüklüklerdir.

Yeni noktaların koordinatları da bilinmemektedir. Her bir resimde 4 tane alınmıştır. Bunlar sıra silsile 3, 4, 5, 6 numaraları taşıdıkları var sayılsın. Bu noktaların resim koordinatları eşleştirme (match) tekniği ile; elle (manuel), yarı otomatik yada otomatik olarak ölçülmektedir.

Sadece bilinmeyen cisim veya arazi koordinatları olmaktadır. Bunlarda üç boyutluda X, Y, Z' dir. Demek ki her bir noktanın üç arazi veya cisim koordinatı olacağına göre bu noktalarda dört resimde tekrarlandığında göre  $3 \times 4 = 12$  yeni nokta koordinatları bilinmektedir. Böylece yukarıdan beri bilinmeyenlerin sayısı hesaplanırsa toplam olarak 36 bilinmeyen gerekmektedir.

Bu durumda serbestlik derecesi  $f_e$ , yani fazla ölçme sayısı r hesaplanırsa (Aytaç 1987).

$f_e = r = n - n_e = 48 - 36 = 12$  dir. n ölçülenlerin sayısı,  $n_e$  gerekli ölçmelerinin sayısıdır.

Bu yeni noktaların bilinmeyen arazi veya cisim koordinatları,  $X_3, Y_3, Z_3 - X_4, Y_4, Z_4 - X_5, Y_5, Z_5 - X_6, Y_6, Z_6$  olacaktır.

Burada fazla ölçme sayısı olduğuna göre en küçük kareler yöntemine göre dengeleme yapılabilir. Buna göre düzeltme denklemleri ile normal denklemler oluşturulur. Normal denklemlerin yapısı da Matris biçiminde yapılırsa;

$$\begin{bmatrix} N_{11} & N_{12} \\ N_{12}^T & N_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \text{ olur.}$$

Burada  $N_{11}$  matrisi, bir hiperdiyagonal matristir. Ve 6x6 lık alt matrislerden oluşmaktadır. Bunlar soldaki üst matristir. Sağ alt matriste bir hiperdiyagonal matristir.

Aynı biçimde 3x3 lük alt matrislerden oluşmaktadır. Her alt matrisin ayrı ayrı inversi kolaylıkla alınabilir.  $X_2$  yeni nokta koordinatlarına indirgenmiş normal denklem sistemi fazla bir hesap istemine gerek olmadan kurulabilir.

$$\left(N_{11} - N_{12}N_{22}^{-1}N_{12}^T\right)x_1 = I_1 - N_{11}N_{22}^{-1}.I_2$$

Dengeleme sonucu ile her bir resmin dış yöneltme elemanlarının yaklaşık değerleri ile yeni noktalarında yaklaşık değerlerine ait düzeltmeler bulunmaktadır. Yaklaşık değerlerin kötü olması durumunda düzeltilmiş olan değerler tekrar yaklaşık değer göz önüne alınmalı ve ışın demetleri ile blok dengelemenin bilinmeyenleri önemli bir değişiklik göstermeyene kadar dengeleme işlemi tekrarlanmalıdır (Aytaç 1987).

Özet olarak ışın demetleri ile dengelemenin temel matematiksel temeli kolinearite koşuluna dayanmaktadır. Fotogrametrik ölçmelerde jeodezik ölçmeler gibi hata teorisine bağlı olarak rastlantısal bir takım hatalar içerirler. Ölçmeler sonucunda hesaplanacak değerlerin (dış yöneltme elemanları) bu hatalardan temizlenebilmesi ve belli bir doğrulukla bulunabilmesi için yapılan ışın demetleri ile dengeleme sonucunda, resim koordinat sisteminden cisim koordinat sistemine olan koordinat dönüşümünü belli bir doğrulukla; oluşan model üzerinden yapabilecek transformasyon matrisi bulunur. Bulunan bu dönüşüm matrisinin hesap işlemi sırasında yapılan iterasyon sayısının az olması resimlerle oluşan modelin iç doğruluğunun başka bir deyişle, gerekli doğrulukta ve yeterli sayıda kontrol noktasının kullanıldığına göstergesidir.

Oluşan modelde yapılacak üç boyutlu ölçmelerin doğruluğu ise modelin uygun ölçeklenmesi ve konumlanmasına bağlı olarak toplam yöneltmenin karesel ortalama hatası olan ve kontrol noktaları ve resim üzerindeki ölçme doğruluğuna bağlı, modelin her bölgesi için değiştirilebilir sabit olmayan bir değerdir. Bu tamamen yöneltmeyi yapan mühendisin, proje için istenen minimum doğruluğu ve buna göre seçeneği ölçme yöntemine bağlı bir ifadedir.

Bir mühendislik probleminde yapılacak ölçü sayısını belirlemek için, dengeleme sonucunda hesaplanacak karesel ortalama hataların değerini önceden ampirik olarak belirlenerek ilgili proje için yeterli olup olmamasına veya ölçme yönteminin doğruluğuna istenen düzeyde olup olmamasına göre karar verilmesi gerekir.

## **8. KAMERALAR**

Yeryüzünün doğal ve yapay objelerinden yansıyan enerjinin doğrudan doğruya fotografik bir algılayıcı üzerine izdüşürülebilmesi için gereken uygun ortamı sağlayan cihazlara kamera denir.

### **8.1 Analog Fotogrametrik Kameralar**

Fotogrametrik belgeleme için özel tasarlanmış, optik ve mekanik aksamdan gelen bozulmaları en az seviyeye indirilmiş, kalibre edilmiş, film şerit üzerine çekim yapan özel kameralardır. Çünkü resim çekim aşamasında meydana gelen iki ana bozulma kaynağı bulunmaktadır. Perspektiften gelen bozulmalar (çekim açısı, çekim seviyesi gibi sebeplerden kaynaklanan) ve fotoğrafı çeken kameranın mekanik/optik aksamı tarafından oluşturulanlar. Perspektiften gelen bozulmalar çeşitli algoritmalar ile başarılı bir şekilde düzeltilebilir. Mekanikten, optikten ve fotoğraf özelliklerinden gelen bozulmalar söz konusu olduğunda ise öncelikle bu bozulmaların en alt düzeyde tutulması istenir. Bu amaçla tasarlanmış analog kameralarda bu bozulmalar en az düzeye indirilmiştir. Ayrıca, analog kameralar, kalibre edilmiş, yani fotoğrafta oluşturdukları bozulmalarının özellikleri belgelenmiştir. Bu sayede teknik özellikleri bilinen bozulmalar da bilgisayar yazılımları aracılığı ile düzeltilebilir.

Fotoğrafların banyo ve baskı işlemleri yapıldıktan sonra bilgisayar ortamına aktarılabilmesi için 7 ile 21 mikron aralığında yüksek çözünürlüğe sahip tarayıcılar (Scanner) kullanılmaktadır. Tarama işleminin kalitesi için önemli bir faktördür. Ancak, yüksek çözünürlükte çalışmanın hem görüntülerin saklanması için gerekli olan yardımcı bellek alanını artıracığı, hem de yüksek çözünürlükteki (ve dolayısı ile boyuttaki) resimlerin işlenebilmesi için yüksek bellek kapasitesi, hızlı bir işlemciye ve ekran kartına gerek duyulacağını altı çizilmelidir.



Resim 8.1 Zeiss/Jena LC0030 analog fotogrametrik hava kamerası

Bu çalışmada analog fotogrametrik kamera olarak; 1/1000 ölçekli harita yapımı için 1/4000 ölçeğinde resim alımına olanak sağlayan odak uzaklığı 30 cm olan, Zeiss/Jena LC0030 kamerası kullanılmıştır.

## 8.2 Dijital Fotogrametrik Kameralar

1897 yılında katot ışınli tüpün geliştirilmesi, fotografik olmayan görüntü elde etme ihtimalini ortaya çıkarmıştır. 1930' larda yayım yapabilen televizyonların ortaya çıkışı, video görüntülemenin çok yönlü kullanımına sebep olmuştur. CCD kameralar ise son 20 yıldan bu yana kullanılmaya başlanmışlardır. Bu tür kameralarda görüntü, detektörlerin duyarlanmasından doğan fotonların elektrik voltajına çevrilmesi ile oluşmaktadır.

Kamerada kullanılan optik sistem, tek bir mercekten oluşmayıp, birçok mercek sisteminden meydana gelen bir yapıya sahiptir. Amacı, fotografik görüntüleme sistemlerinde film üzerine görüntü nasıl düşüyorsa, burada da algılama görevi yapan detektör üzerine düşürmektedir. Mercek yapısı elektromanyetik spektrumun değişik bölgelerine göre farklılık gösterir. Elektromanyetik spektrumun görünür ve orta kızılötesi bölgelerinde çalışırlar. Bu kameralar, metal oksit yarıiletkenler veya

fotodiyotlardan oluşan sonlu ışığa duyarlı elemanlardan, başka bir değişle algılayıcılardan oluşur.

Nesneden yayılan veya yansıyan ve görüntüleme sisteminin optik elemanları tarafından toplanan radyasyonu algılamak ve onu elektrik sinyali formuna dönüştürmek için elektronik detektörler kullanır. CCD kameralardaki görüntüleme sistemlerinde kullanılan detektörler termal ve foton detektörler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Termal detektörler ısıya duyarlı materyaller kullanır. Gelen radyasyon detektör üzerine düştüğünde bu onun sıcaklığında algılanabilir bir değişikliğe yol açar. Duyarlanması, gelen radyasyonun dalga boyuna bağlı değildir.

Foton detektörler, içte oluşan gürültüyü en aza indirmek ve iletkenlerin ısınması sonucu doğan etkileri azaltmak için belirli bir sıcaklık değerine kadar soğutulmalıdır. Kızıl ötesi uygulamalarda kullanılan soğutma yöntemleri, işletilen sıcaklığa ve sistem gereklerine göre değişir.

Detektör eleman aralığının homojenliği ve detektör yüzeyinin düzgünlüğü, elde edilebilecek geometrik doğruluğa etken faktörlerdir (Marangoz 2002).



Resim 8.2 Vexcel UltraCam D dijital fotogrametrik hava kamerası

Bu çalışmada dijital fotogrametrik kamera olarak; 8 sensörlü, frame (çerçeve) yada linescanner (tarayıcı) görüntüleme özelliğine sahip 12 mikron altında piksel boyutu bulunan, siyah/beyaz (pankromatik), multispektral (RGB) ve kızılötesi (IR) kanallarından görüntü alabilen Vexcel UltraCam D kamerası kullanılmıştır.

### **8.3 Analog ve Dijital Fotogrametrik Kameraların Karşılaştırılması**

Fotografik materyallerin yüksek çözebilirliği, geometrik doğruluğu ve durağanlığına rağmen elektro-optik görüntüleme sistemlerinin gerçek zamanlılığı, portatif ve kullanıcı dostu olması, fotografik filmin prosesi için gerekli banyo işlemlerine ve tarayıcı ile sayısallaştırmaya gerek duymaması, doğrudan bilgisayar uyumlu olması dijital kameraları, fotogrametri ve uzaktan algılama çalışmalarında fotografik tabanlı sistemlere gerçek bir alternatif haline getirmiştir. Ayrıca, tasarımlarında kullandıkları elektronik detektörler sayesinde analog kameralarının aksine, görünür ve yakın kızılötesi spektral sahalarının ötesindeki spektrumlarda algılama yapmayı mümkün hale getirmişlerdir.

Bütün bu olumlu yönlerine karşın analog kameralarının sağlamış olduğu çözünürlüğe ve geniş açısal kaplama alanına erişememiş olması, maliyetinin yüksek oluşu dijital kameralarının fotogrametrik kullanılmalarını sınırlamıştır. Ancak teknolojideki hızlı gelişmeler ve artan talep ihtiyacı sebebiyle dijital kameralar hızla gelişmekte, fiyatları ucuzlamaktadır (Marangoz 2002).

## **9. UYGULAMA**

### **9.1 Amaç**

Bu çalışmada, dijital ve analog kamera geometrik potansiyellerinin irdelenmesi amacı ile 1/1000 ölçekli sayısal fotogrametrik halihazır harita ve orto-foto harita üretimi için kullanılan Zeiss/Jena fotogrametrik analog hava kamerası ve Vexcel fotogrametrik dijital hava kamerası ile yakın zamanlı çekimi yapılmış resimlerin ayrı ayrı ve değişik kombinasyonlarda dengelemesi yapılarak elde edilen parametrelerin yorumlanması ile geometrik doğruluk analizi ve farklı nitelikteki analog ve dijital hava kameraların karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada Match AT sayısal fotogrametrik nirengi yazılımı kullanılmıştır.

### **9.2 Match AT Sayısal Fotogrametrik Nirengi Yazılımı**

Match AT yazılımı genel olarak; istenilen sayı ve büyüklükte resim işleyebilme, kamera kalibrasyonu yapabilme, yarı otomatik nokta ölçümü yapabilme, tam otomatik nokta ölçümü yapabilme, analog ve sayısal kameraları kullanabilme, tam otomatik yaklaşık değer hesabı yapabilme ve kaba hataları ayıklayabilme, ışın demetleri ile blok dengeleme dahil tüm önemli fonksiyonları gerçekleştirir.

### **9.3 Match AT Sayısal Fotogrametri Yazılımı İşlem Adımları**

Resimlerin Match AT yazılımında değerlendirilmesinden önce bazı gerekli proje verilerinin hazırlanması gerekir. Bu işlemler aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

#### **9.3.1 Match AT Yazılımında Proje Oluşturulması**

Bu işlem için (Project/New) komutu kullanılır ve çıkan menü içerisine oluşturulması düşünülen projenin adı yazılır sonrada projenin nereye kaydedileceği belirtilir. Oluşan proje .prj uzantılı bir dosyadır. Bu dosyaya; kamera, tarama pozisyonu, operatör, kullanılan aç ve mesafe birimleri, ortalama arazi yüksekliği, resmin piksel değerleri ve projede kullanacağımız nirengi noktası koordinatları girilir. Proje oluşturulduktan sonra da (Project/Edit) komutuyla projenin parametreleri tanımlanabilir. Proje ile ilgili yeni bir veri eklenmesi yada değiştirilmesi gerektiğinde yine bu komutla değişiklikler yapılır ve onaylanır. Örneğin; (Project/Edit/Points) komutuyla çıkan arayüzden ilgili noktaları seçtikten sonra; hangisinin kontrol noktası, hangisinin denetleme noktası olacağını, hatta bu noktaları sadece yatayda ya da sadece düşeyde kontrol veya aynı şekilde sadece

yatayda yada sadece düşeyde denetleme noktası olarak kullanabilmemiz için bize olanak tanır. Çalışmada aTEZ (analog kamera) ve dTEZ (dijital kamera) olmak üzere iki proje oluşturulmuştur.

### 9.3.2 Resimlerin Match AT Yazılımı Çalışma Ortamına Taşınması

Çeşitli tarayıcılarla sayısal hale getirilen veya sayısal resim çekme makineleri ile elde edilen smti, jpg, ijpeg, tif ve tiff formatındaki resimlerin Match AT yazılımında değerlendirilmesi için öncelikle pramitlerinin oluşturularak (.pry) formatına dönüştürülmesi gerekir. Bu adıma resimlerin Match AT yazılımı çalışma ortamına taşınması denilir. Çalışmada (.tif) formatında resimler kullanılmıştır.. Bunun için; (Project/Edit/Photos) komutuyla, çıkan arayüzden Add komutunu işaretleyip açılan ikinci arayüz (Photo Properties) ile resimlerin bulunduğu klasöre gidip; yaklaşık resim orta noktası koordinatları ile beraber proje alanındaki; (176, 177, 178, 179, 180) numaralı analog kamera resimleri ve (1840, 1841, 1842, 1843, 1844, 1845, 1846) numaralı dijital kamera resimlerini aTEZ (analog kamera çalışması) ve dTEZ (dijital kamera çalışması) seçilerek, çalışma ortamına taşındı. Sonrasında MATCH-B komutu seçilerek çıkan pencerede (Image Pyramids) işaretlenip, çıkan arayüzden her resim ayrı ayrı seçelerek ve piramitleri resmin üzerine yada ayrı bir dosya olarak yazılmasını tanımladıktan sonra (burada ayrı olarak yazılması komutunu seçilerek (Save image pyramid in separate file)), (Start) komutu ile piramitlerinin hesaplanması sağlanmıştır.

1839 DIJITAL KAMERA 1840	1841	1842	1843	1844	1845	1846	1847
176 ANALOG KAMERA	177	178	179	180	181		

Şekil 9.1 Analog ve dijital kamera uçuş yönleri ve resim numaraları



### **9.3.3 Match AT Yazılımında Kamera Verilerinin Girilmesi**

Resim çekme işleminde kullanılan kameraların tüm özellikleri (ismi, seri numarası, kamera sistemi birimi, odak uzaklığı, resim ana noktası, distorsiyon parametreleri) yazılır. Bu dosyaya resim çekme işleminde kullanılan tüm kameralar ilave edilebilir. Bu kamera bilgileri daha önce yapılan kalibrasyon ölçmeleri ile elde edilebileceği gibi daha sonraki bölümlerde ek parametreler olarak eklenerek hesaplanabilir. Çalışmada; (Project/Edit/Cameras-Sensors) komutuyla çıkan arayüzden, eğer kameramız kayıtlı ise seçerek (OK) komutu ile kayıtlı değil ise Add komutu seçilerek kullanılan kameranın tanımlanması için, çıkan arayüze kamera adı, seri numarası, fiducial noktalarının numaraları, kalibrasyon ve distorsiyon değerleri girilerek sonrasında yine (OK) komutu ile arayüzden çıkıp (Project/Save) komutu ile işlem kaydedilir.

### **9.3.4 Match AT Yazılımında İç Yönelme**

Proje oluşturulduktan ve resim piramitlerinin hesabından sonra, yapılacak ilk işlem iç yönelme adıdır. Resim orta nokta bulucuların (fiducial) ölçülmesiyle sayısal resim ve gerçek resim koordinat sistemleri arasındaki bağıntı elde edilir. Sonuçta filmin düz olmaması, filmin büzülmesi, resim tarayıcısının hatası, optik sistemin mercek hatası gibi resim hataları düzeltilir.

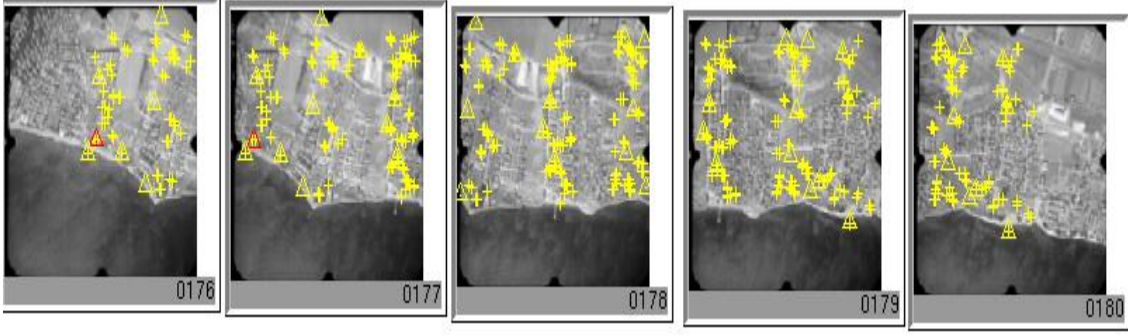
İç yönelmesi yapılacak olan resim üzerinde koşullara göre orta nokta bulucuları ve vede resim köşe noktaları ölçülür. Ölçme işleminde nokta sırasına dikkat edilmesi önemli bir husustur. Sonuçta kamera bilgilerinden alınan koordinatlarla ölçülen koordinatların farkları işlem sonunda belirtilir. Farklar hata sınırı içinde kalmıyorsa ölçme işlemine istenilen doğruluğa ulaşılan kadar devam edilir. Çalışmada; MATCH-B komutu seçildikten sonra çıkan pencerede (Interior Orientation) komutunu seçilerek çıkan arayüzde, resimler ayrı ayrı seçilip (IO/Start Manual IO) komutu ile fiducial noktaları okunarak (Save) komutu ile işlem kaydedilir.

### **9.3.5 Match AT Yazılımında Dış Yönetme**

Bu çalışma, Fotogrametrik nirengi noktası (AT) ölçümü, kontrol noktalarının okunması, dengeleme ve editleme işlemlerinden oluşur. Bu resimleri tek bir blok içerisinde dengeleyebilmek için iki tür nokta kullanılır.

- a) Kontrol Noktaları; koordinatları resim ve cisim koordinat sisteminde bilinen noktalar.  
b) Fotogrametrik Nirengi Noktaları; bindirmeli resimlerde ölçülen, koordinatları bilinmeyen noktalar.

Çalışmanın fotogrametrik nirengi noktası (AT) ölçümü aşamasında; program üzerindeki, MATCH-AT komutu ile çıkan pencereden (Multi Photo Measurement) komutu seçilerek çıkan arayüzde, PM: Arayüzlerin genel kontrol paneli, (üzerinde Block Overview, Measure Box, Point List, Image Control, Save, Cancel ve Exit seçenekleri bulunur). Öncelikle PM üzerinden Block Overview, Measure Box, Point List komutları işaretlenerek bu arayüzler aktif hale getirilir. Block Overview üzerinde daha önce, yaklaşık yada kinematik olarak uçulmuş ise kesin resim orta noktası koordinatlarına göre yerleşmiş şekilde gözüken blokda önce model sonra da kolon bağlamak amacıyla bindirmeli olan (ardışık) 3 resim işaretlenerek; fotogrametrik nirengi noktası (AT) ölçümüne hazır hale getirilir (Bu işlem için bilgisayarınızda ikinci bir monitör takılı olması büyük kolaylık sağlayacaktır). Her resim gruber noktalarına yakın en az 9 adet manuel fotogrametrik nirengi noktası ölçülerek; bunun için Measure Box arayüzünde Point ID penceresine okunacak ilk nokta numarasının girilmesi gerekir. Artarak yada eksilerek diğer ölçülen noktalarında isimlendirilmesi istenirse yine arayüzdeki (+, -) barları işaretlenmelidir. Çalışmada; dengeleme sonrası, fotogrametrik nirengi noktası editi aşamasında karışıklık olmaması amacıyla model bağlamaları 10000 ve kolon bağlamaları 20000 rakamlarından başlatılarak ardışık artan şekilde numaralandırıldı. Sonrasında da otomatik fotogrametrik nirengi noktası üretilerek ölçülen nokta sayısı arttırıldı. Program bu aşamada 2 resimde (kolon başları ve sonları için) nokta üretmiş ise ilk numarayı 20000001, 3 resimde nokta üretmiş ise ilk numarayı 30000001 olarak ardışık artan şekilde isimlendirmiştir. Jeodezik olarak ölçmesi yapılan kontrol noktaları Point List arayüzünden seçilerek resim üzerinde yaklaşık olarak buldukları yere gitmesi, aynı zamanda da Measure Box arayüzünde ki Point ID penceresine gelerek editlemesi (manuel ve yarı otomatik ölçülmesi) sağlanmıştır. Point List arayüzü bize projedeki noktaların; nokta numaralarını, noktanın cinsini (fotogrametrik nirengi, kontrol noktası veya denetleme noktası), hangi resimler üzerinde ölçüldüğünü gösteren, editleme ve silme işlemlerini yapmamızı sağlayan bir arayüzdür. Son olarak fotogrametrik nirengi noktası (AT) ölçümünü, PM arayüzü üzerindeki (Save) komutu ile kaydedilip, (Exit) komutu ile işlemden çıkılır.



Resim 9.1 Fotogrametrik nirengi çalışması

Dengeleme aşamasında; program üzerindeki, MATCH-AT komutu ile çıkan pencerede (Aerial Triangulation) komutu seçilerek; çıkan arayüzde yukarıda bulunan Run penceresinde dengelemeyi dayalı yada serbest yapacağımız belirtildikten sonra; Change Settings butonu ile dengeleme parametreleri girilir. Çalışmada dayalı dengeleme yapılmıştır ve kontrol noktalarında XY yönünde 3 mikron Z yönünde 5 mikron. Manuel fotogrametrik nirengi noktalarında XY yönünde 7 mikron, otomatik fotogrametrik nirengi noktalarında XY yönünde 4 mikron hata sınırı ile çalışılmıştır. Burada tanımlanan hassasiyeti (sigma) aşan noktalarda ölçüler yenilenerek dengeleme işlemi istenilen doğruluk sağlanıncaya kadar tekrarlanmıştır. Bunun için, arayüzdeki Delete log file barı tıklanarak önceden ölçülen noktalar hafızadan silinerek yeni okunan noktaların dengeleme için import edilmesi sağlanmıştır. Dengeleme aşağıda bulunan Run barı ile başlatılır. İşlem sonunda parametrelerimizi aşan noktalar kırmızı renkte, html formatında dengeleme raporu ile karşımıza gelecektir.

Bu dengeleme işlemi; önce analog hava kamerası için, I. kombinasyonda; 20 kontrol, II. kombinasyonda; 15 kontrol, 5 denetleme, III. kombinasyonda; 10 kontrol, 10 denetleme, VI. kombinasyonda; 5 kontrol, 15 denetleme ve V. kombinasyonda; 10 kontrol noktası kuzeyde, 10 denetleme noktası güneyde olacak şekilde; 5 kombinasyonda ayrı ayrı tekrarlanmıştır.

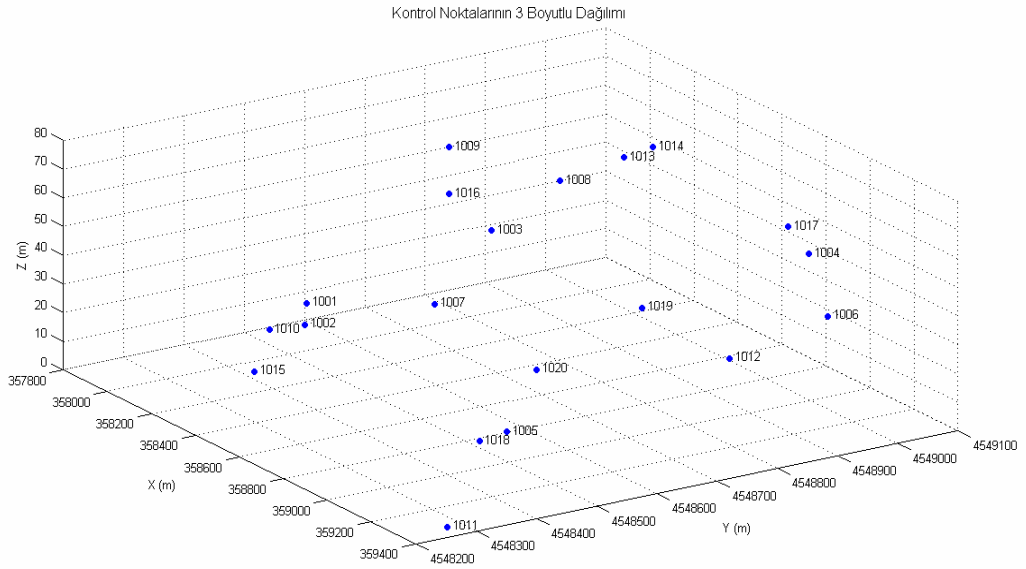
Tüm işlemler (yeni proje oluşturma aşamasından başlanarak yine); dijital hava kamerası için tekrarlanmıştır.

Sonrasında; bütün dengeleme kombinasyonlarının bitişiinde, program üzerindeki, Export komutu seçilerek çıkan pencerede, PAT-B (tüm yazılımlar tarafından tanınan ve tüm

text dosya okuyucular tarafından açılabilen) işaretlenip bu formatta çıktı alınmıştır. Program aynı zamanda BINGO, BLUH, Pex2 formatlarında ve Analytical Plotter, DAT/EM Summit, BAE Socet Set ve Z/I Image yazılımlarına doğrudan proje çıkışı sağlayabilmektedir.

## 10. DEĞERLENDİRME

Çalışmada kullanılan kameraların geometrik performanslarının belirlenmesi amacıyla seçilen test alanında 20 adet nokta tespit edilmiştir. Bu noktalarla kontrol ve denetleme olacak şekilde farklı kombinasyonlar oluşturulmuş, buna bağlı olarak hem analog hem de dijital kameranın doğruluk düzeyi incelenmiştir.



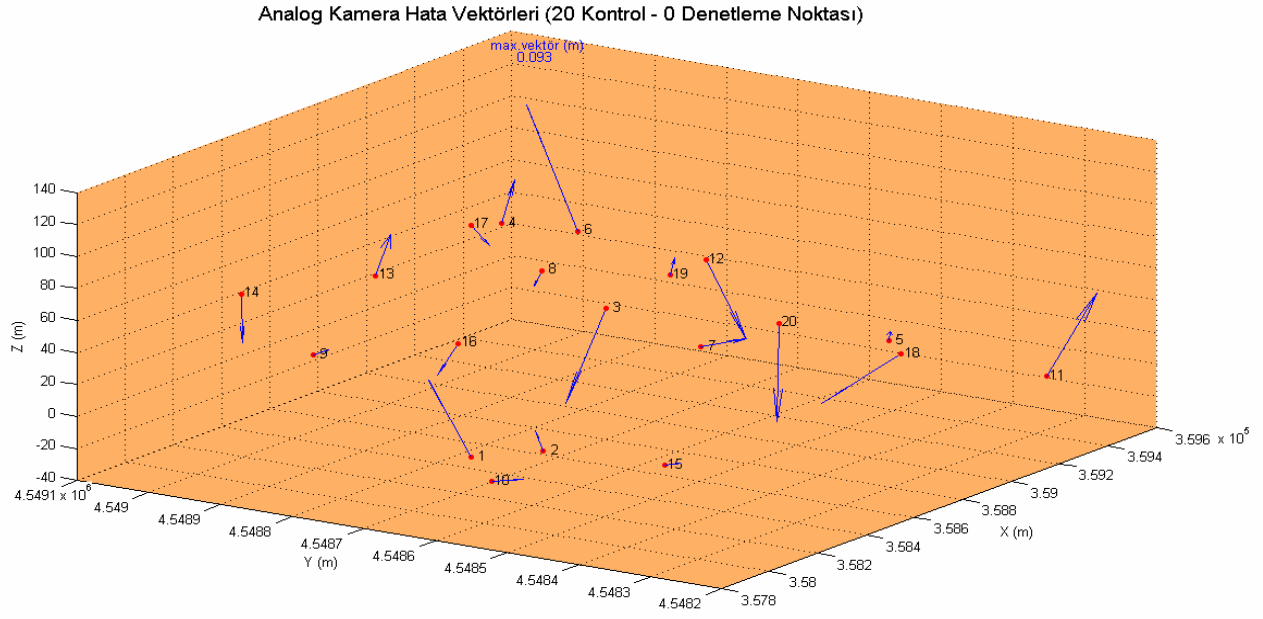
Resim 10.1 Çalışma alanında kontrol noktalarının gösterilmesi ve kontrol noktalarının üç boyutlu dağılımı

### 10.1 Analog Kamera için 20 Kontrol Noktası ile Yapılan Değerlendirme

Nokta Numaralarında; N harfi kontrol noktalarını, D harfi denetleme noktalarını ifade etmektedir.

NOKTA NO	ARAZİ KOORDİNATLARI (m)			FOTOGRAF KOORDİNATLARI (m)			FARKLAR (m)		
	X	Y	Z	X	y	z	dX	dY	dZ
N1001	357876.487	4548575.822	9.816	357876.508	4548575.781	9.779	-0.021	0.041	0.037
N1002	358016.253	4548521.232	10.010	358016.256	4548521.224	10.000	-0.003	0.008	0.010
N1003	358582.206	4548624.820	59.568	358582.203	4548624.773	59.620	0.003	0.047	-0.052
N1004	359123.813	4548952.996	57.570	359123.831	4548953.017	57.545	-0.018	-0.021	0.025
N1005	359180.737	4548431.791	20.450	359180.767	4548431.802	20.443	-0.030	-0.011	0.007
N1006	359319.903	4548913.494	45.068	359319.923	4548913.443	45.007	-0.020	0.051	0.061
N1007	358637.203	4548510.325	41.061	358637.157	4548510.361	41.057	0.046	-0.036	0.004
N1008	358615.885	4548726.322	73.750	358615.896	4548726.317	73.758	-0.011	0.005	-0.008
N1009	357900.362	4548803.728	55.020	357900.374	4548803.750	55.015	-0.012	-0.022	0.005
N1010	357830.013	4548530.358	0.760	357830.012	4548530.393	0.756	0.001	-0.035	0.004
N1011	359352.559	4548269.926	1.025	359352.493	4548269.962	0.984	0.066	-0.036	0.041
N1012	359342.948	4548741.279	38.770	359342.968	4548741.331	38.804	-0.020	-0.052	-0.034
N1013	358437.416	4548897.674	67.657	358437.351	4548897.669	67.640	0.065	0.005	0.017
N1014	358237.830	4549017.993	58.457	358237.834	4549017.996	58.481	-0.004	-0.003	-0.024
N1015	358137.666	4548393.085	3.872	358137.684	4548393.109	3.868	-0.018	-0.024	0.004
N1016	358188.880	4548698.165	54.332	358188.873	4548698.139	54.350	0.007	0.026	-0.018
N1017	359013.584	4548958.834	62.581	359013.558	4548958.846	62.592	0.026	-0.012	-0.011
N1018	359139.989	4548400.706	17.083	359140.004	4548400.620	17.114	-0.015	0.086	-0.031
N1019	359065.848	4548698.226	47.759	359065.869	4548698.238	47.748	-0.021	-0.012	0.011
N1020	359031.537	4548535.223	32.034	359031.558	4548535.229	32.082	-0.021	-0.006	-0.048

Tablo 10.1 Analog kamera için 20 kontrol noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası arazi ve fotogrametrik koordinatları arasındaki farklar.



Resim 10.2 Analog kamera için 20 kontrol noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası oluşan hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterimi.

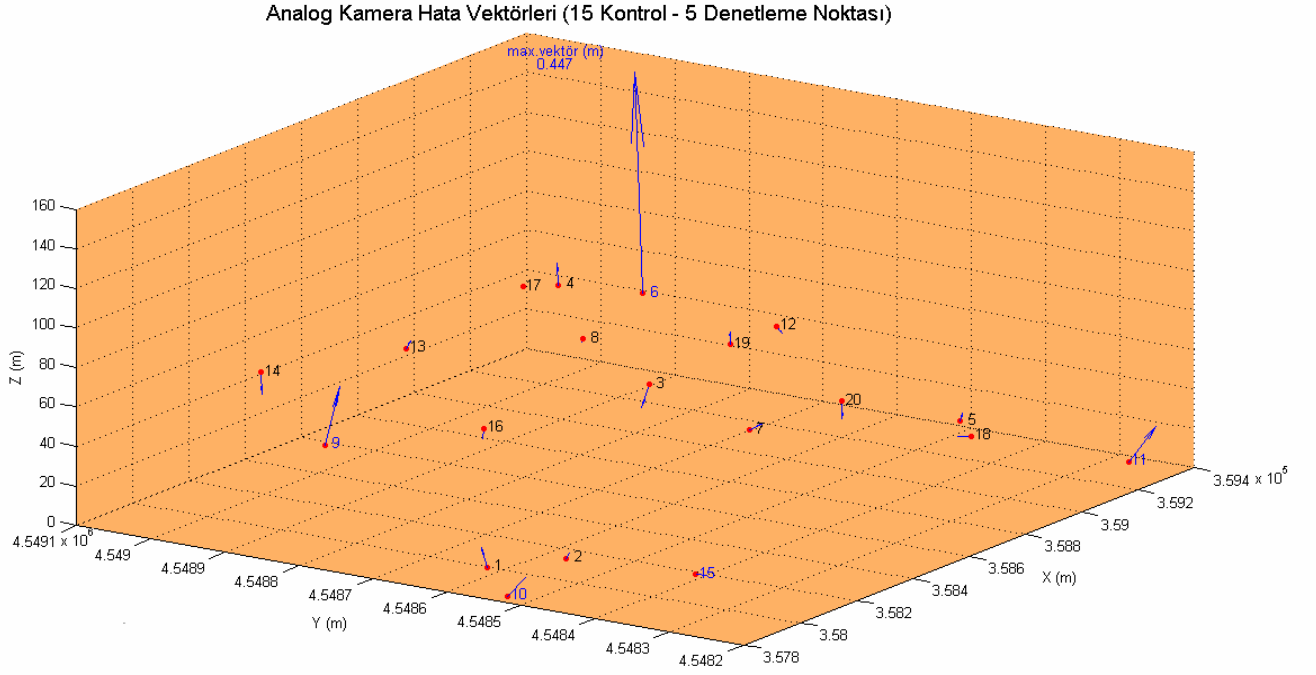
Analog kamera için seçilen 20 kontrol noktası durumu dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucunda; kontrol noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 6.60 cm, 8.60 cm ve 6.10 cm olduğu; ortalama hatanın da X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 2.14 cm, 2.70 cm ve 2.26 cm olduğu tespit edilmiştir.

## 10.2 Analog Kamera için 15 Kontrol ve 5 Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme

NOKTA NUMARASI	ARAZİ KOORDİNATLARI (m)			FOTOGRAF KOORDİNATLARI (m)			FARKLAR (m)		
	X	Y	Z	x	y	z	dX	dY	dZ
<b>N1001</b>	357876.487	4548575.822	9.816	357876.518	4548575.808	9.776	-0.031	0.014	0.040
<b>N1002</b>	358016.253	4548521.232	10.010	358016.263	4548521.248	9.997	-0.010	-0.016	0.013
<b>N1003</b>	358582.206	4548624.820	59.568	358582.206	4548624.781	59.616	0.000	0.039	-0.048
<b>N1004</b>	359123.813	4548952.996	57.570	359123.830	4548952.999	57.526	-0.017	-0.003	0.044
<b>N1005</b>	359180.737	4548431.791	20.450	359180.748	4548431.807	20.433	-0.011	-0.016	0.017
<b>D1006</b>	359319.903	4548913.494	45.068	359319.964	4548913.479	44.626	-0.061	0.015	0.442
<b>N1007</b>	358637.203	4548510.325	41.061	358637.155	4548510.371	41.049	0.048	-0.046	0.012
<b>N1008</b>	358615.885	4548726.322	73.750	358615.902	4548726.321	73.755	-0.017	0.001	-0.005
<b>D1009</b>	357900.362	4548803.728	55.020	357900.392	4548803.819	54.897	-0.030	-0.091	0.123
<b>D1010</b>	357830.013	4548530.358	0.760	357830.021	4548530.456	0.716	-0.008	-0.098	0.044
<b>D1011</b>	359352.559	4548269.926	1.025	359352.394	4548270.008	0.959	0.165	-0.082	0.066
<b>N1012</b>	359342.948	4548741.279	38.770	359342.949	4548741.312	38.782	-0.001	-0.033	-0.012
<b>N1013</b>	358437.416	4548897.674	67.657	358437.363	4548897.676	67.645	0.053	-0.002	0.012
<b>N1014</b>	358237.830	4549017.993	58.457	358237.853	4549018.009	58.497	-0.023	-0.016	-0.040
<b>D1015</b>	358137.666	4548393.085	3.872	358137.695	4548393.156	3.868	-0.029	-0.071	0.004
<b>N1016</b>	358188.880	4548698.165	54.332	358188.883	4548698.157	54.353	-0.003	0.008	-0.021
<b>N1017</b>	359013.584	4548958.834	62.581	359013.560	4548958.833	62.579	0.024	0.001	0.002
<b>N1018</b>	359139.989	4548400.706	17.083	359139.981	4548400.627	17.089	0.008	0.079	-0.006
<b>N1019</b>	359065.848	4548698.226	47.759	359065.861	4548698.229	47.733	-0.013	-0.003	0.026
<b>N1020</b>	359031.537	4548535.223	32.034	359031.546	4548535.230	32.068	-0.009	-0.007	-0.034

Tablo 10.2 Analog kamera için 15 kontrol ve 5 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası arazi ve fotogrametrik koordinatları arasındaki farklar.





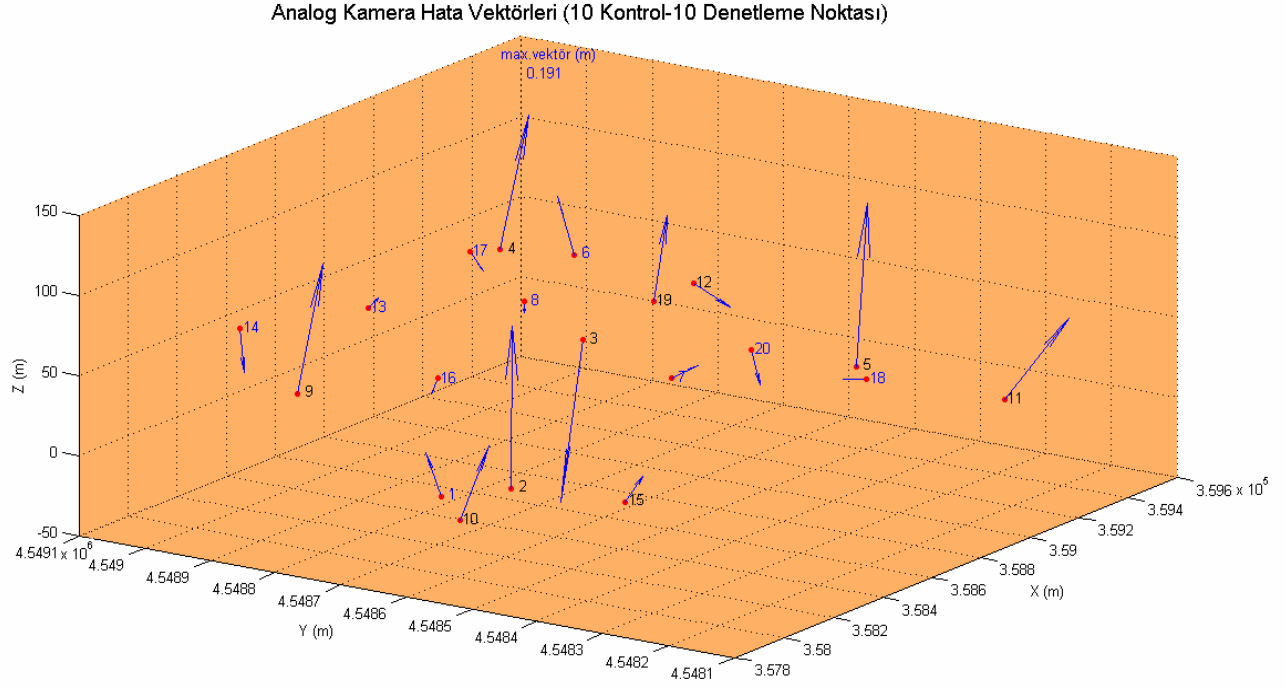
Resim 10.3 Analog kamera için 15 kontrol ve 5 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası oluşan hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterimi.

Analog kamera için seçilen 15 kontrol noktası ve 5 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucunda; kontrol noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 5.30 cm, 7.90 cm ve 4.80 cm olduğu; kontrol noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 1.79 cm, 1.89 cm ve 2.21 cm olduğu tespit edilmiştir. Aynı kombinasyonda; denetleme noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 16.50 cm, 9.80 cm ve 44.20 cm olduğu; denetleme noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 5.86 cm, 7.14 cm ve 13.58 cm olduğu görülmüştür.

### 10.3 Analog Kamera için 10 Kontrol ve 10 Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme

NOKTA NUMARASI	ARAZİ KOORDİNATLARI (m)			FOTOGRAF KOORDİNATLARI (m)			FARKLAR (m)		
	X	Y	Z	x	y	z	dX	dY	dZ
<b>N1001</b>	357876.487	4548575.822	9.816	357876.524	4548575.797	9.771	-0.037	0.025	0.045
<b>D1002</b>	358016.253	4548521.232	10.010	358016.275	4548521.242	9.838	-0.022	-0.010	0.172
<b>D1003</b>	358582.206	4548624.820	59.568	358582.213	4548624.767	59.741	-0.007	0.053	-0.173
<b>D1004</b>	359123.813	4548952.996	57.570	359123.852	4548953.082	57.421	-0.039	-0.086	0.149
<b>D1005</b>	359180.737	4548431.791	20.450	359180.788	4548431.839	20.273	-0.051	-0.048	0.177
<b>N1006</b>	359319.903	4548913.494	45.068	359319.917	4548913.454	45.009	-0.014	0.040	0.059
<b>N1007</b>	358637.203	4548510.325	41.061	358637.165	4548510.379	41.046	0.038	-0.054	0.015
<b>N1008</b>	358615.885	4548726.322	73.750	358615.903	4548726.328	73.760	-0.018	-0.006	-0.010
<b>D1009</b>	357900.362	4548803.728	55.020	357900.387	4548803.801	54.878	-0.025	-0.073	0.142
<b>D1010</b>	357830.013	4548530.358	0.760	357830.028	4548530.438	0.675	-0.015	-0.080	0.085
<b>D1011</b>	359352.559	4548269.926	1.025	359352.440	4548270.045	0.939	0.119	-0.119	0.086
<b>D1012</b>	359342.948	4548741.279	38.770	359342.969	4548741.383	38.786	-0.021	-0.104	-0.016
<b>N1013</b>	358437.416	4548897.674	67.657	358437.358	4548897.679	67.649	0.058	-0.005	0.008
<b>N1014</b>	358237.830	4549017.993	58.457	358237.844	4549018.008	58.501	-0.014	-0.015	-0.044
<b>D1015</b>	358137.666	4548393.085	3.872	358137.709	4548393.147	3.838	-0.043	-0.062	0.034
<b>N1016</b>	358188.880	4548698.165	54.332	358188.884	4548698.151	54.349	-0.004	0.014	-0.017
<b>N1017</b>	359013.584	4548958.834	62.581	359013.558	4548958.859	62.601	0.026	-0.025	-0.020
<b>N1018</b>	359139.989	4548400.706	17.083	359140.002	4548400.652	17.086	-0.013	0.054	-0.003
<b>D1019</b>	359065.848	4548698.226	47.759	359065.884	4548698.274	47.663	-0.036	-0.048	0.096
<b>N1020</b>	359031.537	4548535.223	32.034	359031.560	4548535.252	32.067	-0.023	-0.029	-0.033

Tablo 10.3 Analog kamera için 10 kontrol ve 10 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası arazi ve fotogrametrik koordinatları arasındaki farklar.



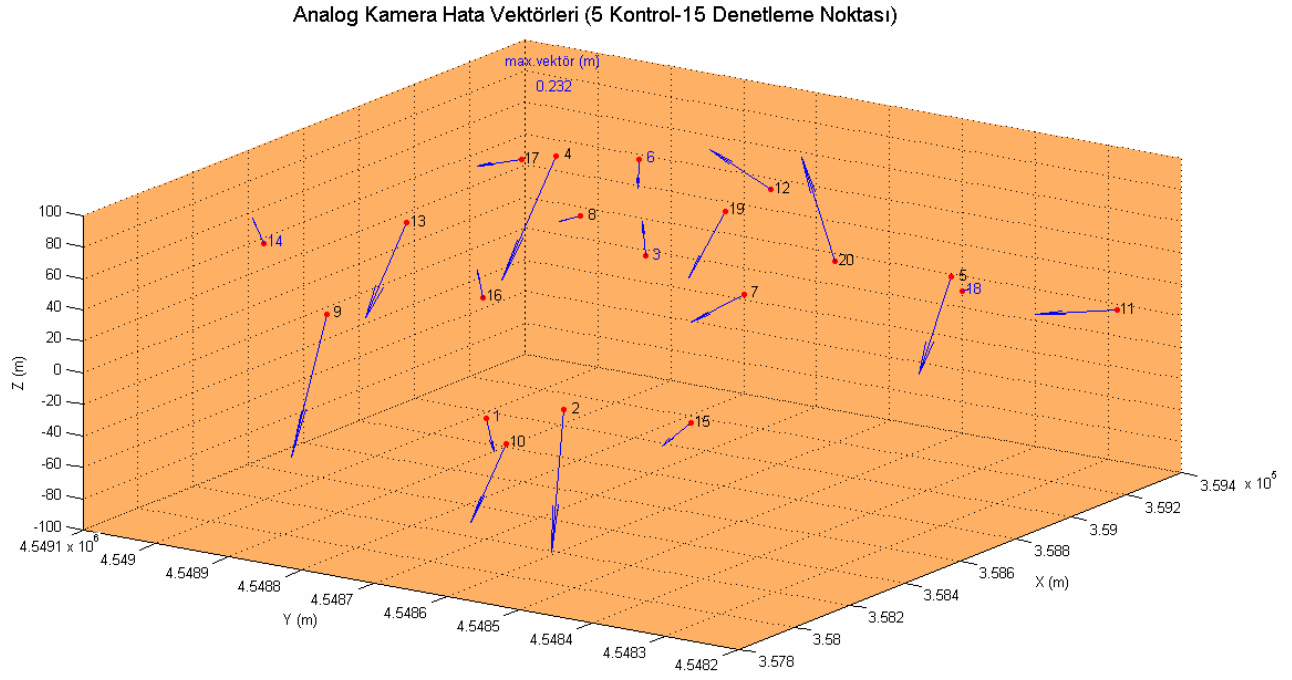
Resim 10.4 Analog kamera için 10 kontrol ve 10 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası oluşan hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterimi.

Analog kamera için seçilen 10 kontrol noktası ve 10 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucunda; kontrol noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 5.80 cm, 5.40 cm ve 5.90 cm olduğu; kontrol noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 2.45 cm, 2.67 cm ve 2.54 cm olduğu tespit edilmiştir. Aynı kombinasyonda; denetleme noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 11.90 cm, 11.90 cm ve 17.70 cm olduğu; denetleme noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 3.78 cm, 6.83 cm ve 11.30 cm olduğu görülmüştür.

#### 10.4 Analog Kamera için 5 Kontrol ve 15 Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme

NOKTA NUMARASI	ARAZİ KOORDİNATLARI (m)			FOTOGRAF KOORDİNATLARI (m)			FARKLAR (m)		
	X	Y	Z	X	y	z	dX	dY	dZ
N1001	357876.487	4548575.822	9.816	357876.515	4548575.811	9.771	0.028	-0.011	-0.045
D1002	358016.253	4548521.232	10.010	358016.258	4548521.269	9.821	0.005	0.037	-0.189
N1003	358582.206	4548624.820	59.568	358582.191	4548624.822	59.613	-0.015	0.002	0.045
D1004	359123.813	4548952.996	57.570	359123.822	4548953.149	57.396	0.009	0.153	-0.174
D1005	359180.737	4548431.791	20.450	359180.773	4548431.896	20.313	0.036	0.105	-0.137
N1006	359319.903	4548913.494	45.068	359319.898	4548913.495	45.031	-0.005	0.001	-0.037
D1007	358637.203	4548510.325	41.061	358637.130	4548510.445	41.019	-0.073	0.120	-0.042
D1008	358615.885	4548726.322	73.750	358615.879	4548726.380	73.739	-0.006	0.058	-0.011
D1009	357900.362	4548803.728	55.020	357900.361	4548803.824	54.827	-0.001	0.096	-0.193
D1010	357830.013	4548530.358	0.760	357830.014	4548530.458	0.649	0.001	0.100	-0.111
D1011	359352.559	4548269.926	1.025	359352.432	4548270.102	1.014	-0.127	0.176	-0.011
D1012	359342.948	4548741.279	38.770	359342.948	4548741.448	38.807	0.000	0.169	0.037
D1013	358437.416	4548897.674	67.657	358437.295	4548897.742	67.537	-0.121	0.068	-0.120
N1014	358237.830	4549017.993	58.457	358237.816	4549018.019	58.489	-0.014	0.026	0.032
D1015	358137.666	4548393.085	3.872	358137.694	4548393.178	3.833	0.028	0.093	-0.039
D1016	358188.880	4548698.165	54.332	358188.860	4548698.174	54.368	-0.020	0.009	0.036
D1017	359013.584	4548958.834	62.581	359013.518	4548958.932	62.569	-0.066	0.098	-0.012
N1018	359139.989	4548400.706	17.083	359139.995	4548400.689	17.087	0.006	-0.017	0.004
D1019	359065.848	4548698.226	47.759	359065.860	4548698.334	47.664	0.012	0.108	-0.095
D1020	359031.537	4548535.223	32.034	359031.544	4548535.318	32.160	0.007	0.095	0.126

Tablo 10.4 Analog kamera için 5 kontrol ve 15 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası arazi ve fotogrametrik koordinatları arasındaki farklar.



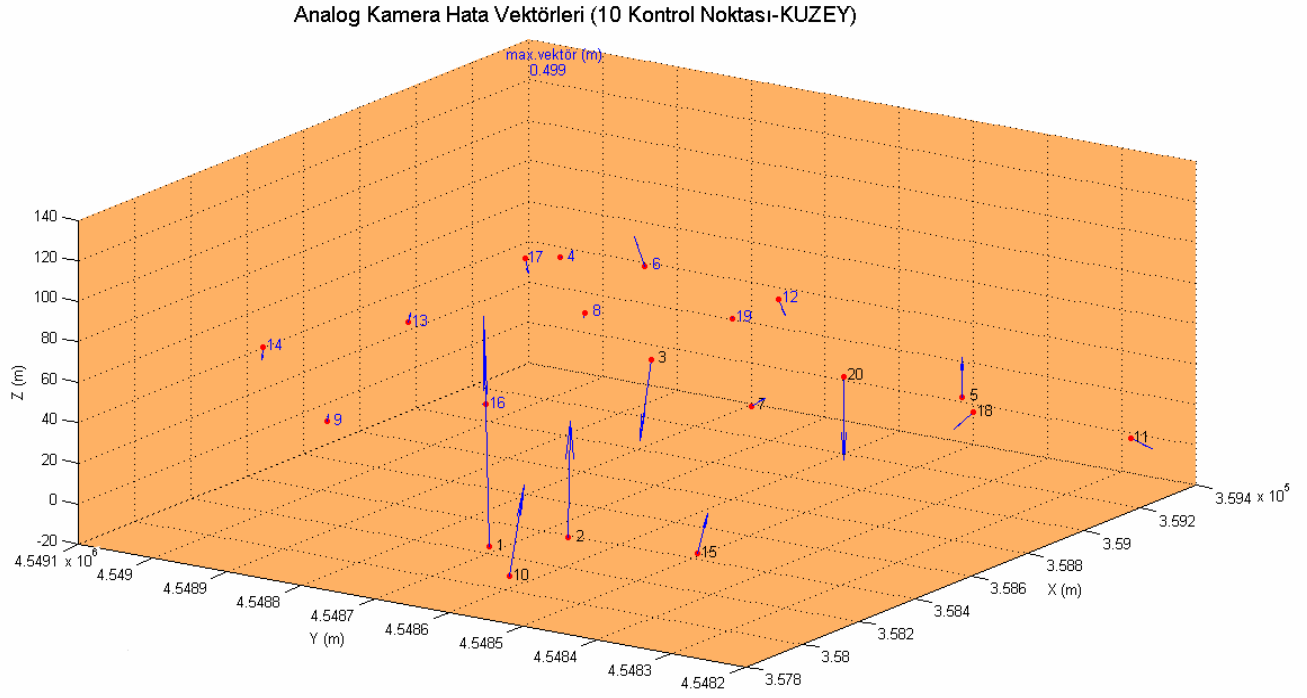
Resim 10.5 Analog kamera için 5 kontrol ve 15 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası oluşan hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterimi.

Analog kamera için seçilen 5 kontrol noktası ve 15 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucunda; kontrol noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 2.80 cm, 2.60 cm ve 4.50 cm olduğu; kontrol noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 1.36 cm, 114 cm ve 3.26 cm olduğu tespit edilmiştir. Aynı kombinasyonda; denetleme noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 12.70 cm, 17.60 cm ve 19.30 cm olduğu; denetleme noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 3.41 cm, 9.90 cm ve 8.89 cm olduğu görülmüştür.

### 10.5 Analog Kamera için 10 (Kuzey) Kontrol ve 10 (Güney) Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme

NOKTA NUMARASI	ARAZİ KOORDİNATLARI (m)			FOTOGRAF KOORDİNATLARI (m)			FARKLAR (m)		
	X	Y	Z	x	y	z	dX	dY	dZ
<b>D1001</b>	357876.487	4548575.822	9.816	357876.503	4548575.799	9.318	-0.016	0.023	0.498
<b>D1002</b>	358016.253	4548521.232	10.010	358016.269	4548521.249	9.755	-0.016	-0.017	0.255
<b>D1003</b>	358582.206	4548624.820	59.568	358582.191	4548624.747	59.750	0.015	0.073	-0.182
<b>N1004</b>	359123.813	4548952.996	57.570	359123.828	4548953.012	57.567	-0.015	-0.016	0.003
<b>D1005</b>	359180.737	4548431.791	20.450	359180.755	4548431.794	20.363	-0.018	-0.003	0.087
<b>N1006</b>	359319.903	4548913.494	45.068	359319.918	4548913.438	45.008	-0.015	0.056	0.060
<b>D1007</b>	358637.203	4548510.325	41.061	358637.127	4548510.377	41.045	0.076	-0.052	0.016
<b>N1008</b>	358615.885	4548726.322	73.750	358615.889	4548726.312	73.760	-0.004	0.010	-0.010
<b>N1009</b>	357900.362	4548803.728	55.020	357900.392	4548803.752	55.001	-0.030	-0.024	0.019
<b>D1010</b>	357830.013	4548530.358	0.760	357830.027	4548530.451	0.556	-0.014	-0.093	0.204
<b>D1011</b>	359352.559	4548269.926	1.025	359352.399	4548269.994	1.052	0.160	-0.068	-0.027
<b>N1012</b>	359342.948	4548741.279	38.770	359342.958	4548741.319	38.801	-0.010	-0.040	-0.031
<b>N1013</b>	358437.416	4548897.674	67.657	358437.353	4548897.668	67.640	0.063	0.006	0.017
<b>N1014</b>	358237.830	4549017.993	58.457	358237.845	4549017.996	58.483	-0.015	-0.003	-0.026
<b>D1015</b>	358137.666	4548393.085	3.872	358137.695	4548393.153	3.779	-0.029	-0.068	0.093
<b>N1016</b>	358188.880	4548698.165	54.332	358188.877	4548698.144	54.334	0.003	0.021	-0.002
<b>N1017</b>	359013.584	4548958.834	62.581	359013.552	4548958.842	62.613	0.032	-0.008	-0.032
<b>D1018</b>	359139.989	4548400.706	17.083	359139.979	4548400.585	17.127	0.010	0.121	-0.044
<b>N1019</b>	359065.848	4548698.226	47.759	359065.857	4548698.228	47.757	-0.009	-0.002	0.002
<b>D1020</b>	359031.537	4548535.223	32.034	359031.536	4548535.223	32.216	0.001	0.000	-0.182

Tablo 10.5 Analog kamera için 10 (kuzeyde) kontrol ve 10 (güneyde) denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası arazi ve fotogrametrik koordinatları arasındaki farklar.



Resim 10.6 Analog kamera için 10 (kuzeyde) kontrol ve 10 (güneyde) denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası oluşan hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterimi.

Analog kamera için kuzey yönde seçilen 10 kontrol noktası ve güney yönde seçilmiş 10 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucunda; kontrol noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 6.30 cm, 5.60 cm ve 6.00 cm olduğu; kontrol noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 1.96 cm, 1.86 cm ve 2.02 cm olduğu tespit edilmiştir. Aynı kombinasyonda; denetleme noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 16.00 cm, 12.10 cm ve 49.80 cm olduğu; denetleme noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 3.55 cm, 5.18 cm ve 15.88 cm olduğu görülmüştür.

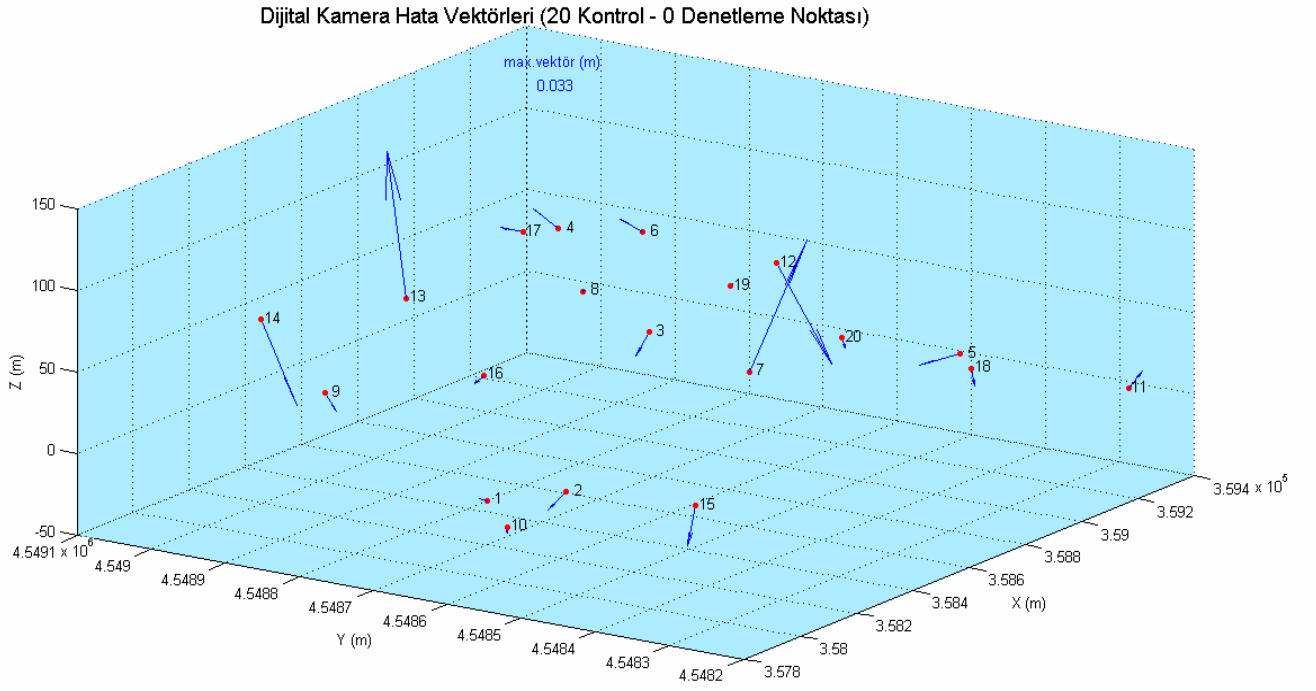
## 10.6 Dijital Kamera için 20 Kontrol Noktası ile Yapılan Değerlendirme

Analog kamera için yapılan değerlendirmeler, dijital kamera içinde aynı nokta kombinasyonları kullanılarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıdaki tablo ve grafikler ile verilmiştir.

NOKTA NUMARASI	ARAZİ KOORDİNATLARI (m)			FOTOGRAF KOORDİNATLARI (m)			FARKLAR (m)		
	X	Y	Z	x	Y	z	dX	dY	dZ
N1001	357876.487	4548575.822	9.816	357876.493	4548575.821	9.815	-0.006	0.001	0.001
N1002	358016.253	4548521.232	10.010	358016.259	4548521.227	10.013	-0.006	0.005	-0.003
N1003	358582.206	4548624.820	59.568	358582.205	4548624.815	59.573	0.001	0.005	-0.005
N1004	359123.813	4548952.996	57.570	359123.821	4548952.990	57.566	-0.008	0.006	0.004
N1005	359180.737	4548431.791	20.450	359180.741	4548431.777	20.453	-0.004	0.014	-0.003
N1006	359319.903	4548913.494	45.068	359319.912	4548913.489	45.065	-0.009	0.005	0.003
N1007	358637.203	4548510.325	41.061	358637.201	4548510.346	41.036	0.002	-0.021	0.025
N1008	358615.885	4548726.322	73.750	358615.889	4548726.324	73.749	-0.004	-0.002	0.001
N1009	357900.362	4548803.728	55.020	357900.363	4548803.733	55.023	-0.001	-0.005	-0.003
N1010	357830.013	4548530.358	0.760	357830.011	4548530.357	0.761	0.002	0.001	-0.001
N1011	359352.559	4548269.926	1.025	359352.554	4548269.930	1.022	0.005	-0.004	0.003
N1012	359342.948	4548741.279	38.770	359342.952	4548741.302	38.785	-0.004	-0.023	-0.015
N1013	358437.416	4548897.674	67.657	358437.398	4548897.660	67.634	0.018	0.014	0.023
N1014	358237.830	4549017.993	58.457	358237.826	4549018.005	58.471	0.004	-0.012	-0.014
N1015	358137.666	4548393.085	3.872	358137.661	4548393.080	3.880	0.005	0.005	-0.008
N1016	358188.880	4548698.165	54.332	358188.889	4548698.165	54.333	-0.009	0.000	-0.001
N1017	359013.584	4548958.834	62.581	359013.579	4548958.824	62.581	0.005	0.010	0.000
N1018	359139.989	4548400.706	17.083	359139.985	4548400.706	17.086	0.004	0.000	-0.003
N1019	359065.848	4548698.226	47.759	359065.844	4548698.225	47.759	0.004	0.001	0.000
N1020	359031.537	4548535.223	32.034	359031.534	4548535.223	32.036	0.003	0.000	-0.002

Tablo 10.6 Dijital kamera için 20 kontrol durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası arazi ve fotogrametrik koordinatları arasındaki farklar.





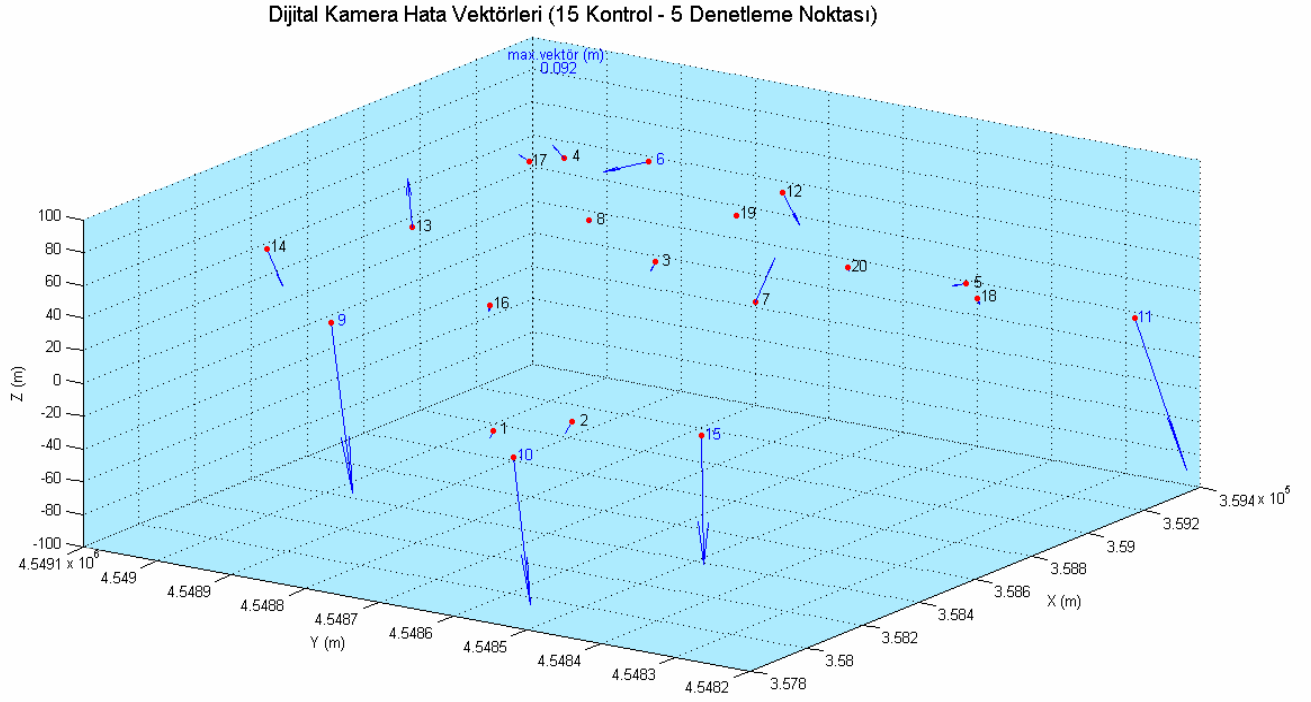
Resim 10.7 Dijital kamera 20 kontrol noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası oluşan hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterimi.

Dijital kamera için seçilen 20 kontrol noktası ve 0 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucunda; kontrol noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 1.80 cm, 2.30 cm ve 2.50 cm olduğu; ortalama hatanın da X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 0.52 cm, 0.67 cm ve 0.59 cm olduğu tespit edilmiştir.

## 10.7 Dijital Kamera için 15 Kontrol ve 5 Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme

NOKTA NUMARASI	ARAZİ KOORDİNATLARI (m)			FOTOGRAF KOORDİNATLARI (m)			FARKLAR (m)		
	X	Y	Z	X	y	z	dX	dY	dZ
N1001	357876.487	4548575.822	9.816	357876.490	4548575.820	9.819	-0.003	0.002	-0.003
N1002	358016.253	4548521.232	10.010	358016.257	4548521.225	10.016	-0.004	0.007	-0.006
N1003	358582.206	4548624.820	59.568	358582.206	4548624.815	59.573	0.000	0.005	-0.005
N1004	359123.813	4548952.996	57.570	359123.823	4548952.987	57.564	-0.010	0.009	0.006
N1005	359180.737	4548431.791	20.450	359180.740	4548431.777	20.452	-0.003	0.014	-0.002
D1006	359319.903	4548913.494	45.068	359319.938	4548913.458	45.074	-0.035	0.036	-0.006
N1007	358637.203	4548510.325	41.061	358637.200	4548510.345	41.038	0.003	-0.020	0.023
N1008	358615.885	4548726.322	73.750	358615.890	4548726.325	73.750	-0.005	-0.003	0.000
D1009	357900.362	4548803.728	55.020	357900.369	4548803.755	55.102	-0.007	-0.027	-0.082
D1010	357830.013	4548530.358	0.760	357830.000	4548530.371	0.833	0.013	-0.013	-0.073
D1011	359352.559	4548269.926	1.025	359352.526	4548269.970	1.099	0.033	-0.044	-0.074
N1012	359342.948	4548741.279	38.770	359342.952	4548741.299	38.784	-0.004	-0.020	-0.014
N1013	358437.416	4548897.674	67.657	358437.399	4548897.663	67.635	0.017	0.011	0.022
N1014	358237.830	4549017.993	58.457	358237.827	4549018.009	58.474	0.003	-0.016	-0.017
D1015	358137.666	4548393.085	3.872	358137.647	4548393.080	3.938	0.020	0.005	-0.066
N1016	358188.880	4548698.165	54.332	358188.888	4548698.166	54.334	-0.008	-0.001	-0.002
N1017	359013.584	4548958.834	62.581	359013.581	4548958.822	62.579	0.003	0.012	0.002
N1018	359139.989	4548400.706	17.083	359139.984	4548400.706	17.086	0.005	0.000	-0.003
N1019	359065.848	4548698.226	47.759	359065.844	4548698.225	47.759	0.004	0.001	0.000
N1020	359031.537	4548535.223	32.034	359031.535	4548535.223	32.036	0.002	0.000	-0.002

Tablo 10.7 Dijital kamera için 15 kontrol ve 5 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası arazi ve fotogrametrik koordinatları arasındaki farklar.



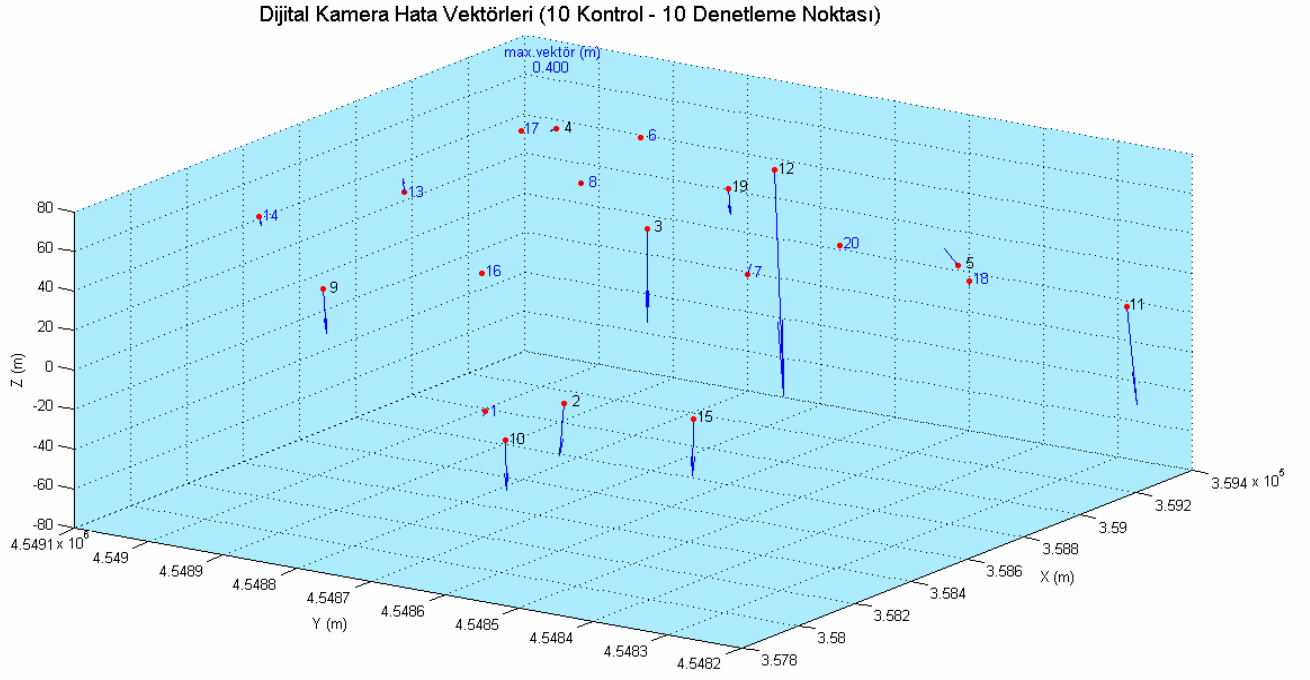
Resim 10.8 Dijital kamera için 15 kontrol ve 5 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası oluşan hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterimi.

Dijital kamera için seçilen 15 kontrol noktası ve 5 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucunda; kontrol noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 1.70 cm, 2.00 cm ve 2.30 cm olduğu; kontrol noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 0.49 cm, 0.81 cm ve 0.71 cm olduğu tespit edilmiştir. Aynı kombinasyonda; denetleme noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 3.50 cm, 4.40 cm ve 8.20 cm olduğu; denetleme noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 2.16 cm, 2.50 cm ve 6.02 cm olduğu görülmüştür.

## 10.8 Dijital Kamera için 10 Kontrol ve 10 Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme

NOKTA NUMARASI	ARAZİ KOORDİNATLARI (m)			FOTOGRAF KOORDİNATLARI (m)			FARKLAR (m)		
	X	Y	Z	X	y	z	dX	dY	dZ
<b>N1001</b>	357876.487	4548575.822	9.816	357876.492	4548575.816	9.823	-0.004	0.006	-0.007
<b>D1002</b>	358016.253	4548521.232	10.010	358016.278	4548521.219	10.103	-0.025	0.013	-0.093
<b>D1003</b>	358582.206	4548624.820	59.568	358582.206	4548624.823	59.733	0.000	-0.003	-0.165
<b>D1004</b>	359123.813	4548952.996	57.570	359123.841	4548952.982	57.572	-0.028	0.014	-0.002
<b>D1005</b>	359180.737	4548431.791	20.450	359180.762	4548431.736	20.422	-0.025	0.055	0.028
<b>N1006</b>	359319.903	4548913.494	45.068	359319.912	4548913.493	45.069	-0.009	0.001	-0.001
<b>N1007</b>	358637.203	4548510.325	41.061	358637.201	4548510.342	41.042	0.002	-0.017	0.019
<b>N1008</b>	358615.885	4548726.322	73.750	358615.890	4548726.326	73.750	-0.005	-0.004	0.000
<b>D1009</b>	357900.362	4548803.728	55.020	357900.372	4548803.748	55.096	-0.010	-0.020	-0.076
<b>D1010</b>	357830.013	4548530.358	0.760	357830.007	4548530.359	0.847	0.006	-0.001	-0.087
<b>D1011</b>	359352.559	4548269.926	1.025	359352.553	4548269.973	1.196	0.006	-0.047	-0.171
<b>D1012</b>	359342.948	4548741.279	38.770	359342.946	4548741.321	39.167	0.002	-0.042	-0.397
<b>N1013</b>	358437.416	4548897.674	67.657	358437.399	4548897.662	67.635	0.017	0.012	0.022
<b>N1014</b>	358237.830	4549017.993	58.457	358237.827	4549018.006	58.472	0.003	-0.013	-0.015
<b>D1015</b>	358137.666	4548393.085	3.872	358137.653	4548393.072	3.975	0.013	0.013	-0.103
<b>N1016</b>	358188.880	4548698.165	54.332	358188.889	4548698.164	54.336	-0.009	0.001	-0.004
<b>N1017</b>	359013.584	4548958.834	62.581	359013.579	4548958.826	62.583	0.005	0.008	-0.002
<b>N1018</b>	359139.989	4548400.706	17.083	359139.989	4548400.701	17.092	0.000	0.005	-0.009
<b>D1019</b>	359065.848	4548698.226	47.759	359065.837	4548698.230	47.805	0.011	-0.004	-0.046
<b>N1020</b>	359031.537	4548535.223	32.034	359031.536	4548535.223	32.037	0.001	0.000	-0.003

Tablo 10.8 Dijital kamera için 10 kontrol ve 10 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası arazi ve fotogrametrik koordinatları arasındaki farklar.



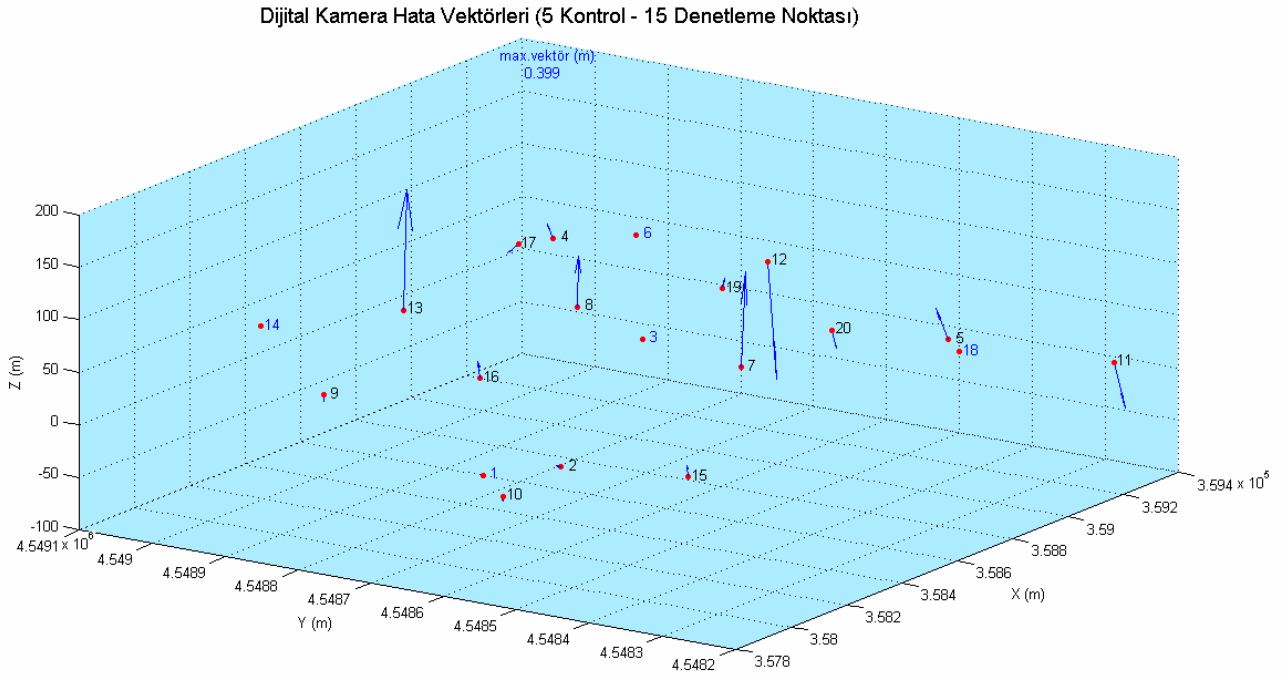
Resim 10.9 Dijital kamera 10 kontrol ve 10 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası oluşan hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterimi.

Dijital kamera için seçilen 10 kontrol noktası ve 10 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucunda; kontrol noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 1.70 cm, 1.70 cm ve 2.20 cm olduğu; kontrol noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 0.55 cm, 0.67 cm ve 0.82 cm olduğu tespit edilmiştir. Aynı kombinasyonda; denetleme noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 2.80 cm, 5.50 cm ve 39.70 cm olduğu; denetleme noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 1.26 cm, 2.12 cm ve 11.68 cm olduğu görülmüştür.

## 10.9 Dijital Kamera için 5 Kontrol ve 15 Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme

NOKTA NUMARASI	ARAZİ KOORDİNATLARI (m)			FOTOGRAF KOORDİNATLARI (m)			FARKLAR (m)		
	X	Y	Z	x	y	z	dX	dY	dZ
<b>N1001</b>	357876.487	4548575.822	9.816	357876.493	4548575.820	9.815	-0.006	0.002	0.001
<b>D1002</b>	358016.253	4548521.232	10.010	358016.276	4548521.218	10.006	-0.023	0.014	0.004
<b>N1003</b>	358582.206	4548624.820	59.568	358582.204	4548624.821	59.568	0.002	-0.001	0.000
<b>D1004</b>	359123.813	4548952.996	57.570	359123.826	4548952.972	57.525	-0.013	0.024	0.045
<b>D1005</b>	359180.737	4548431.791	20.450	359180.752	4548431.737	20.352	-0.015	0.054	0.098
<b>N1006</b>	359319.903	4548913.494	45.068	359319.908	4548913.491	45.067	-0.005	0.003	0.001
<b>D1007</b>	358637.203	4548510.325	41.061	358637.186	4548510.341	40.742	0.017	-0.016	0.319
<b>D1008</b>	358615.885	4548726.322	73.750	358615.897	4548726.331	73.579	-0.012	-0.009	0.171
<b>D1009</b>	357900.362	4548803.728	55.020	357900.372	4548803.736	55.038	-0.010	-0.008	-0.018
<b>D1010</b>	357830.013	4548530.358	0.760	357830.005	4548530.354	0.779	0.008	0.004	-0.019
<b>D1011</b>	359352.559	4548269.926	1.025	359352.546	4548269.977	1.173	0.013	-0.051	-0.148
<b>D1012</b>	359342.948	4548741.279	38.770	359342.932	4548741.317	39.158	0.016	-0.038	-0.388
<b>D1013</b>	358437.416	4548897.674	67.657	358437.366	4548897.670	67.261	0.050	0.004	0.396
<b>N1014</b>	358237.830	4549017.993	58.457	358237.823	4549017.996	58.459	0.007	-0.003	-0.002
<b>D1015</b>	358137.666	4548393.085	3.872	358137.652	4548393.074	3.836	0.014	0.011	0.036
<b>D1016</b>	358188.880	4548698.165	54.332	358188.904	4548698.164	54.275	-0.024	0.001	0.057
<b>D1017</b>	359013.584	4548958.834	62.581	359013.548	4548958.771	62.623	0.036	0.063	-0.042
<b>N1018</b>	359139.989	4548400.706	17.083	359139.986	4548400.708	17.084	0.003	-0.002	-0.001
<b>D1019</b>	359065.848	4548698.226	47.759	359065.824	4548698.227	47.727	0.024	-0.001	0.032
<b>D1020</b>	359031.537	4548535.223	32.034	359031.528	4548535.242	32.093	0.009	-0.019	-0.059

Tablo 10.9 Dijital kamera için 5 kontrol ve 15 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası arazi ve fotogrametrik koordinatları arasındaki farklar.



Resim 10.10 Dijital kamera için 5 kontrol ve 15 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası oluşan hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterimi.

Dijital kamera için seçilen 5 kontrol noktası ve 15 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucunda; kontrol noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 0.70 cm, 0.30 cm ve 0.20 cm olduğu; kontrol noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 0.46 cm, 0.22 cm ve 0.10 cm olduğu tespit edilmiştir. Aynı kombinasyonda; denetleme noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 5.00 cm, 6.30 cm ve 39.60 cm olduğu; denetleme noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 1.89 cm, 2.11 cm ve 12.21 cm olduğu görülmüştür.

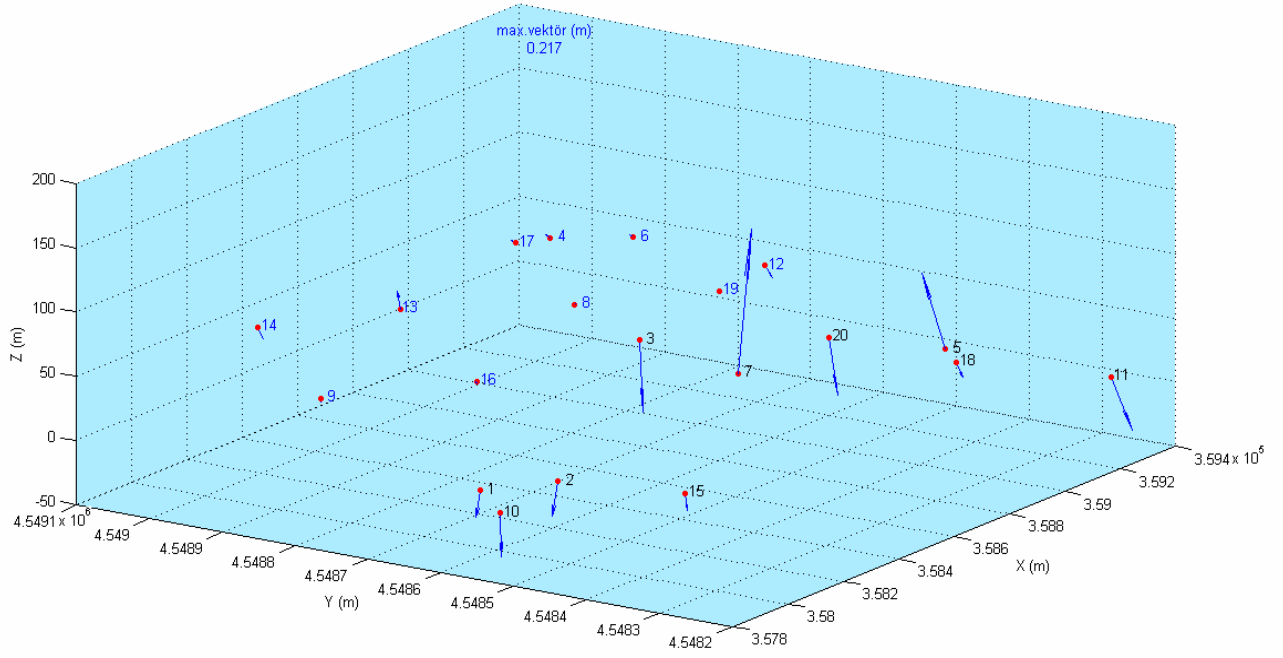
### 10.10 Dijital Kamera için 10 (Kuzey) Kontrol ve 10 (Güney) Denetleme Noktası ile Yapılan Değerlendirme

NOKTA NUMARASI	ARAZİ KOORDİNATLARI (m)			FOTOGRAF KOORDİNATLARI (m)			FARKLAR (m)		
	X	Y	Z	x	y	z	dX	dY	dZ
D1001	357876.487	4548575.822	9.816	357876.513	4548575.822	9.854	-0.026	0.000	-0.038
D1002	358016.253	4548521.232	10.010	358016.285	4548521.227	10.060	-0.032	0.005	-0.050
D1003	358582.206	4548624.820	59.568	358582.200	4548624.828	59.675	0.006	-0.008	-0.107
N1004	359123.813	4548952.996	57.570	359123.820	4548952.989	57.565	-0.007	0.007	0.005
D1005	359180.737	4548431.791	20.450	359180.739	4548431.731	20.343	-0.002	0.060	0.107
N1006	359319.903	4548913.494	45.068	359319.912	4548913.488	45.065	-0.009	0.006	0.003
D1007	358637.203	4548510.325	41.061	358637.184	4548510.352	40.847	0.019	-0.027	0.214
N1008	358615.885	4548726.322	73.750	358615.888	4548726.326	73.749	-0.003	-0.004	0.001
N1009	357900.362	4548803.728	55.020	357900.365	4548803.731	55.025	-0.003	-0.003	-0.005
D1010	357830.013	4548530.358	0.760	357830.016	4548530.364	0.824	-0.003	-0.006	-0.064
D1011	359352.559	4548269.926	1.025	359352.521	4548269.967	1.102	0.038	-0.041	-0.077
N1012	359342.948	4548741.279	38.770	359342.951	4548741.300	38.785	-0.003	-0.021	-0.014
N1013	358437.416	4548897.674	67.657	358437.398	4548897.660	67.633	0.018	0.014	0.024
N1014	358237.830	4549017.993	58.457	358237.826	4549018.006	58.472	0.004	-0.013	-0.015
D1015	358137.666	4548393.085	3.872	358137.660	4548393.089	3.898	0.006	-0.004	-0.026
N1016	358188.880	4548698.165	54.332	358188.891	4548698.165	54.333	-0.011	0.000	-0.001
N1017	359013.584	4548958.834	62.581	359013.578	4548958.823	62.579	0.006	0.011	0.002
D1018	359139.989	4548400.706	17.083	359139.967	4548400.714	17.106	0.022	-0.008	-0.023
N1019	359065.848	4548698.226	47.759	359065.841	4548698.224	47.758	0.007	0.002	0.001
D1020	359031.537	4548535.223	32.034	359031.519	4548535.239	32.120	0.018	-0.016	-0.086

Tablo 10.10 Dijital kamera 10 (kuzeyde) kontrol ve 10 (güneyde) denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası arazi ve fotogrametrik koordinatları arasındaki farklar.



Dijital Kamera Hata Vektörleri (10 Kontrol Noktası-KUZEY)



Resim 10.11 Dijital kamera için 10 (kuzeyde) kontrol ve 10 (güneyde) denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan dengeleme sonrası oluşan hata vektörlerinin 3 boyutlu gösterimi.

Dijital kamera için kuzey yönde seçilen 10 kontrol noktası ve güney yönde seçilmiş 10 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucunda; kontrol noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 1.80 cm, 2.10 cm ve 2.40 cm olduğu; kontrol noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 0.71 cm, 0.81 cm ve 0.71 cm olduğu tespit edilmiştir. Aynı kombinasyonda; denetleme noktalarında maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 3.80 cm, 6.00 cm ve 21.40 cm olduğu; denetleme noktalarında ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 1.72 cm, 1.75 cm ve 7.92 cm olduğu görülmüştür.

Analog ve dijital kamera dengellemeleri sonrası, arazi ve resim koordinat farkları birer tabloda özet şeklinde gösterilirse;

KOMBİNASYON	ANALOG KAMERA											
	KONTROL NOKTALARI						DENETLEME NOKTALARI					
	Maksimum Hata (cm)			Ortalama Hata (cm)			Maksimum Hata (cm)			Ortalama Hata (cm)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
<b>I</b>	<b>6.60</b>	<b>8.60</b>	<b>6.10</b>	2.14	2.70	2.26						
<b>II</b>	5.30	7.90	4.80	1.79	1.89	2.21	<b>16.50</b>	<b>9.80</b>	<b>44.20</b>	5.86	7.14	13.58
<b>III</b>	5.80	5.40	5.90	<b>2.45</b>	<b>2.67</b>	<b>2.54</b>	11.90	11.90	17.70	3.78	6.83	11.30
<b>IV</b>	2.80	2.60	4.50	1.36	1.14	3.26	12.70	17.60	19.30	3.41	9.90	8.89
<b>V</b>	6.30	5.60	6.00	1.96	1.89	2.02	16.00	12.10	49.80	<b>3.55</b>	<b>5.18</b>	<b>15.88</b>

Tablo 10.11 Analog kamera dengellemeleri sonrası, arazi ve resim koordinat farkları

KOMBİNASYON	DİJİTAL KAMERA											
	KONTROL NOKTALARI						DENETLEME NOKTALARI					
	Maksimum Hata (cm)			Ortalama Hata (cm)			Maksimum Hata (cm)			Ortalama Hata (cm)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
<b>I</b>	<b>1.80</b>	<b>2.30</b>	<b>2.50</b>	0.52	0.67	0.59						
<b>II</b>	1.70	2.00	2.30	0.49	0.81	0.71	3.50	4.40	8.20	2.16	2.50	6.02
<b>III</b>	1.70	1.70	2.20	0.55	0.67	0.82	2.80	5.50	39.70	1.26	2.12	11.68
<b>IV</b>	0.70	0.30	0.20	0.46	0.22	0.10	<b>5.00</b>	<b>6.30</b>	<b>39.60</b>	<b>1.89</b>	<b>2.11</b>	<b>12.21</b>
<b>V</b>	1.80	2.10	2.40	<b>0.71</b>	<b>0.81</b>	<b>0.71</b>	3.80	6.00	21.40	1.72	1.75	7.92

Tablo 10.12 Dijital kamera dengellemeleri sonrası, arazi ve resim koordinat farkları

## 11. SONUÇ ve ÖNERİLER

Analog kamera için yapılan değerlendirmeler sonucunda, kontrol noktalarında görülen maksimum hatanın 20 kontrol, noktası kullanılarak yaptığımız I. kombinasyonda olduğu ve maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 6.60 cm, 8.60 cm ve 6.10 cm olarak bulunduğu; buna karşın dijital kamera için yaptığımız değerlendirmeler sonucunda, kontrol noktalarında görülen maksimum hatanın yine 20 kontrol noktası kullanılarak yaptığımız I. kombinasyonda olduğu ve ölçtüğümüz maksimum hatanın X eksenini yönünde 1.80 cm, Y eksenini yönünde 2.30 cm ve Z eksenini yönünde 2.50 cm olduğu ve dijital kameranın değerlendirmeler sonucunda; kontrol noktalarında görülen maksimum hata vektörlerinin küçüklüğü ile daha iyi performans sergilediğini söylenebilir.

Yine yapılan değerlendirmeler sonucunda, analog kamera için, kontrol noktalarında görülen maksimum ortalama hatanın 10 kontrol, 10 denetleme noktası kullanılarak yapılan III. kombinasyonda olduğu görülmüştür. Buna göre maksimum ortalama hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 2.45 cm, 2.67 cm ve 2.54 cm olarak bulunmuştur. Dijital kamerada yapılan değerlendirmede ise, kontrol noktalarında görülen ortalama hatanın kuzey yönde seçilen 10 kontrol noktası ve güney yönde seçilmiş 10 denetleme noktası durumu dikkate alınarak yapılan V. kombinasyonda olduğu ve ölçülen maksimum ortalama hatanın X, Y ve Z eksenini yönünde sırasıyla 0.71 cm, 0.81 cm ve 0.71 cm olduğu görülmüştür. Sonuç olarak dijital kameranın; kontrol noktalarında görülen maksimum ortalama hatanın incelenmesi ile daha iyi sonuç verdiği söylenebilir.

Denetleme noktalarında görülen maksimum hata durumuna bakıldığında: Analog kameralarda, 15 kontrol, 5 denetleme noktası kullanılarak yapılan II. kombinasyonda olduğu ve maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 16.50 cm, 9.80 cm ve 44.20 cm olarak bulunduğu; buna karşın dijital kamera için yapılan değerlendirmeler sonucunda, denetleme noktalarında görülen maksimum hatanın 5 kontrol, 15 denetleme noktası kullanılarak yapılan IV. kombinasyonda olduğu ve ölçülen maksimum hatanın X eksenini yönünde 5.00 cm, Y eksenini yönünde 6.30 cm ve Z eksenini yönünde 39.60 cm olduğu ve dijital kameranın değerlendirmeler sonucunda; denetleme noktalarında

görülen maksimum hata vektörlerinin küçüklüğü ile daha iyi performans sergilediği söylenebilir.

Analog kamera için yapılan değerlendirmeler sonucunda, denetleme noktalarında görülen maksimum ortalama hatanın, kuzey yönde seçilen 10 kontrol noktası ve güney yönde seçilmiş 10 denetleme noktası kullanılarak yapılan V. kombinasyonda olduğu ve maksimum hatanın X, Y ve Z eksenleri yönünde sırasıyla 3.55 cm, 5.18 cm ve 15.88 cm olarak bulunduğu; buna karşın dijital kamera için yapılan değerlendirmeler sonucunda, denetleme noktalarında görülen maksimum ortalama hatanın 5 kontrol, 15 denetleme noktası kullanılarak yapılan IV. kombinasyonda olduğu ve ölçtüğümüz maksimum hatanın X eksen yönünde 1.89 cm, Y eksen yönünde 2.11 cm ve Z eksen yönünde 12.21 cm olduğu ve dijital kameranın değerlendirmeler sonucunda; denetleme noktalarında görülen maksimum hata vektörlerinin küçüklüğü ile daha iyi performans sergilediği söylenebilir.

Sonuç olarak; her iki kameranın da yönetmelikte belirtilen hassasiyeti sağladığı, buna karşın 21 mikronluk analog kamera resmi ile 9 mikronluk dijital kamera resminin dengelemesi sonucu, dijital kameranın hassasiyetinin tüm kombinasyonlarda daha iyi olduğu yapılan çalışmayla gözlemlenmiştir.

Buna göre;

Dijital hava kameraları gelişim sürecini tamamlayarak, fotogrametrik harita üretiminde yerini almaya başlamıştır.

Geometrik doğruluğunu kanıtlamış film bazlı analog kamera sistemlerinin de kısa sürede terk edilmesi beklenmemektedir.

## **KAYNAKLAR**

- AYTAÇ, M., (1987), “Fotogrametride Dengeleme”, İstanbul
- BAKICI, ERKEK, ERCAN, YAMAN, (2002), “Dijital Fotogrametrik Harita Üretimi ve Tapu ve Kadastro Örneği”, SÜ. 30. Yıl Sempozyumu, Konya. 2002.
- GÜRBÜZ, H., (1981), “Ders Notları”, Konya
- HKMO, (2007), “Jeodezi Jeoinformasyon Arazi Yönetimi 2006/2 sayı 95”
- HKMO, (2007), “Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi 2007/1 Sayı 96”
- KARSLI, AYHAN, (2005), “Orta ve Yüksek Çözünürlüklü Dijital Kameraların Metrik Performanslarının Belirlenmesi”, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara. 2005
- KTÜ Jeodezi ve Fotogrametri Ders Notları, (2007), Trabzon. 2007.
- SÜ Jeodezi ve Fotogrametri Ders Notları, (1999), Konya. 1999.
- YILDIRIM, ŞEKERİ, (2005), “Uçaklarla Toplanan Fotogrametrik Amaçlı Görüntü Maliyetinin Analizi”, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara. 2005

## **İNTERNET KAYNAKLARI**

## **Erişim Tarihi**

<a href="http://www.isprs.org">http://www.isprs.org</a>	24/04/2007
<a href="http://www.vexcel.com">http://www.vexcel.com</a>	11/05/2007
<a href="http://www.zeiss.com">http://www.zeiss.com</a>	11/05/2007
<a href="http://www.tkgm.gov.tr">http://www.tkgm.gov.tr</a>	07/06/2007
<a href="http://www.hkmo.org.tr">http://www.hkmo.org.tr</a>	13/08/2007
<a href="http://www.hgk.mil.tr">http://www.hgk.mil.tr</a>	09/09/2007

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Osman SELÇUK
Doğum Yeri	Başmakçı/AFYON
Doğum Tarihi	24/03/1975
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dili	İngilizce

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise	Afyon Cumhuriyet Lisesi 1991
Ön Lisans	Akdeniz Üniv. T.B.M.Y.O Harita ve Kadastro 1995
Lisans	Selçuk Üniv. Jeodezi ve Fotogrametri Müh. 1999

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl aralığı

Kayalar İnşaat AŞ.	2000-2001
Selçuk Harita Ltd.Şti.	2001-2002
Doğubayazıt Kad. Müd.	2002-2006
T.K.G.M. Fotogrametri ve Geodezi Dairesi Başkanlığı	2006-