

T.C.  
MUĞLA ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
ARKEOLOJİ ANABİLİM DALI

ARKEOLOJİK ARAŞTIRMALARDA  
KÜLTÜREL MİRASIN BELGELENMESİ VE İZLENMESİ  
SÜRECİNDE “*FOTOGRAMETRİ*”NİN UYGULAMA ALANLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN

ELİF S. KORK

DANIŞMAN

PROF. DR. ADNAN DİLER

PROF. DR. ZAFER DURSUN ŞEKER

MUĞLA – 2006

T.C.  
MUĞLA ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
ARKEOLOJİ ANABİLİM DALI

ARKEOLOJİK ARAŞTIRMALARDA  
KÜLTÜREL MİRASIN BELGELENMESİ VE İZLENMESİ  
SÜRECİNDE “*FOTOGRAMETRİ*”NİN UYGULAMA ALANLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN

ELİF S. KORK

Sosyal Bilimler Enstitüsü'nce

“Yüksek Lisans”

Diploması Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :

Tezin Sözlü Savunma Tarihi :

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Adnan DİLER

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Zafer Dursun ŞEKER

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Mine TURAN

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Beyhan ÖZDEMİR

Jüri Üyesi : Yrd. Doç Dr. Kaan İREN

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Ömer GÜRKAN

MUĞLA - 2006

## YEMİN

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Arkeolojik Araştırmalarda Kültürel Mirasın Belgelenmesi ve İzlenmesi Sürecinde “*Fotogrametri*”nin Uygulama Alanları” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

**Elif S. KORK**

**YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DÖKÜMANTASYON MERKEZİ****TEZ VERİ GİRİŞ FORMU****YAZARIN****MERKEZİMİZCE DOLDURULACAKTIR.****Soyadı : KORK****Adı : Elif****Kayıt No :****TEZİN ADI****Türkçe** : Arkeolojik Araştırmalarda Kültürel Mirasın Belgelenmesi Ve İzlenmesi Sürecinde “*Fotogrametri*”nin Uygulama Alanları.**İngilizce** : Application Fields of Photogrammetry in Archaeological Surveys and Researches regarding the Documentation and Monitoring of Cultural Heritage.**TEZİN KABUL EDİLDİĞİ****Üniversite** : Muğla Üniversitesi**Fakülte** : Fen Edebiyat Fakültesi**Enstitü** : Sosyal Bilimler Enstitüsü**Diğer Kuruluşlar** :**Tarih** :**TEZ YAYINLANMIŞSA****Yayınlanan** :**Basım Yeri** :**Basım Tarihi** :**ISBN** :**TEZ YÖNETİCİSİ****TEZ YÖNETİCİSİ****Soyadı, Adı** : DİLER, Adnan**ŞEKER, Zafer Dursun****Ünvanı** : Prof. Dr.**Prof. Dr.****TEZİN YAZILDIĞI DİL** : Türkçe**TEZİN SAYFA SAYISI:**

**TEZİN KONUSU (KONULAR) :**

1. Fotogrametrinin Temelleri, Fotoğrafçılık Doğrultusunda Gelişimi, Metodolojisi
2. Kültürel Zenginlikleri Kaydetme ve Belgelemede Bazı Modern Yaklaşımlar
3. Fotogrametri ve Arkeoloji İlişkisi ve Bu Bağlamda Yapılan Çalışmalar

**TÜRKÇE ANAHTAR KELİMELER :**

1. Fotogrametri
2. Fotoğrafçılık
3. Arkeoloji
4. Kültürel Miras

**İNGİLİZCE ANAHTAR KELİMELER :**

1. Photogrammetry
2. Photography
3. Archaeology
4. Cultural Heritage

1. Tezimden fotokopi yapılmasına izin vermiyorum.
2. Tezimden dipnot gösterilmek şartıyla bir bölümünün fotokopisi alınabilir.
3. Kaynak gösterilmek şartıyla tezimin tamamının fotokopisi alınabilir.

Yazarın İmzası :

Tarih :

## TUTANAK

Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün .... / .... / ..... tarih ve ..... sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ..... maddesine göre, Arkeoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Elif S. KORK'un "Arkeolojik Araştırmalarda, Kültürel Mirasın Belgelenmesi ve İzlenmesi Sürecinde Fotogrametrinin Uygulama Alanları" adlı tezini incelemiş ve aday .... 2006 tarihinde saat .... :....'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan savunmasından sonra ..... dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin ..... olduğuna ..... ile karar verildi.

**Tez Danışmanı**  
**Prof. Dr. Adnan DİLER**

**Tez Danışmanı**  
**Prof. Dr. Zafer Dursun ŞEKER**

**Üye**  
**Yrd. Doç. Dr. Mine TURAN**

**Üye**  
**Yrd. Doç. Dr. Kaan İREN**

**Üye**  
**Yrd. Doç. Dr. Beyhan ÖZDEMİR**

## ÖNSÖZ

Muğla Üniversitesi, Arkeoloji Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilen yüksek lisans çalışmam sırasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve deneyimleri ile beni yönlendiren tez danışmanlarım sayın Prof. Dr. Adnan DİLER ve İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Programı'ndaki hocam sayın Prof. Dr. Zafer Dursun ŞEKER'e içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca; tezimi inceleyen, literatür araştırması sırasında ve çalışma sürecinde sabırla sorularımı yanıtlayan Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği, Fotogrametri Bölümü'ndeki hocalarım Yrd. Doç. Dr. Murat YAKAR ve Araştırma Görevlisi Dr. Hakan KARABÖRK'e; çalışmamın ilk adımlarında bana tavsiyelerde bulunan ve bu çalışmanın aslında seyrini belirleyen, Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Mimari Restorasyon Bölümü'ndeki hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Mine TURAN'a; arkeoloji alanında fotoğraf kökenli bir disipline yönelik bu çalışmada, fotografik bilgi birikimime okul sonrasında da katkısı olan, okulum Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Fotoğraf Ana Sanat Dalı Öğretim Görevlisi sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Beyhan ÖZDEMİR'e çok teşekkür ederim.

Son olarak; tüm okul hayatım boyunca kendi hedeflerimi belirlemede beni her zaman cesaretlendirip destekleyen, şu sıralar en çok sağlığa ihtiyacı olan, sevgisiyle ve tüm varlığıyla beni özgürleştiren, hayatımdaki en değerli kişi biricik anneme sonsuz teşekkür ve sevgilerimi sunarım.

**HAZİRAN 2006**

**Elif KORK**

## İÇİNDEKİLER

|                                   |      |
|-----------------------------------|------|
| ÖZET.....                         | xi   |
| SUMMARY.....                      | xiv  |
| RESİM LİSTESİ.....                | xvii |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                | xxii |
| TABLO LİSTESİ.....                | xxiv |
| KISALTMALAR VE BİBLİYOGRAFYA..... | xxv  |

### BİRİNCİ BÖLÜM

|                          |   |
|--------------------------|---|
| 1. ÇALIŞMA HAKKINDA..... | 1 |
|--------------------------|---|

### İKİNCİ BÖLÜM

#### FOTOGRAMETRİ

|  |    |
|--|----|
| 2.1. FOTOGRAMETRİNİN TANIMI.....   | 3  |
| 2.2. FOTOĞRAFÇILIĞIN VE FOTOGRAMETRİNİN TARİHİ GELİŞİMİ.....               | 5  |
| 2.3. FOTOGRAMETRİNİN TEMELLERİ.....  | 12 |
| 2.3.1. FOTOGRAMETRİNİN İLK AŞAMASI – FOTOĞRAFÇILIK.....                    | 12 |
| 2.3.1.1. KAMERA ÇEŞİTLERİ.....   | 16 |
| 2.3.1.1.1. Metrik Kameralar.....   | 16 |
| 2.3.1.1.2. Stereometrik Kameralar.....                                     | 17 |
| 2.3.1.1.3. Panoramik Kameralar.....  | 17 |
| 2.3.1.1.4. Fototeodolit.....   | 19 |
| 2.3.1.1.5. Balistik Kameralar.....   | 20 |
| 2.3.1.1.6. Havasal Kamera.....   | 20 |
| 2.3.1.1.7. Amatör Kameralar.....   | 20 |
| 2.3.1.1.7.1. <i>Metrik Olmayan Amatör Kameraların Avantajları</i> .....    | 21 |
| 2.3.1.1.7.2. <i>Metrik Olmayan Amatör Kameraların Dezavantajları</i> ..... | 21 |
| 2.3.1.1.7.3. <i>Optik Sorunlar</i> .....                                   | 22 |
| 2.3.1.2. FOTOĞRAF ÇEŞİTLERİ.....   | 33 |
| 2.3.2. FOTOGRAMETRİDE İKİNCİ ADIM – METODOLOJİ.....                        | 38 |
| 2.3.2.1. TRİYANGÜLASYON / NİRENGİ.....                                     | 40 |
| 2.3.2.2. TEK FOTOĞRAFTAN HARİTALANDIRMA.....                               | 43 |



|  |    |
|--|----|
| 2.3.2.3. STEREOFOTOGRAMETRİ.....                         | 44 |
| 2.3.2.3.1. <i>Analog</i> .....                           | 44 |
| 2.3.2.3.2. <i>Analitik</i> .....                         | 46 |
| 2.3.2.3.3. <i>Dijital</i> .....                          | 47 |
| 2.3.2.4. ÇOK SAYIDAKİ FOTOĞRAFLARDAN HARİTALANDIRMA..... | 48 |

### ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

#### KÜLTÜREL ZENGİNLİKLERİ KAYDETME VE BELGELEMEDE BAZI MODERN YAKLAŞIMLAR

|   |    |
|---|----|
| 3.1. KÜLTÜREL MİRAS BİLİNCİ VE KÜLTÜR VARLIKLARININ<br>BELGELENMESİNİN ÖNEMİ..... | 50 |
| 3.2. KÜLTÜR VARLIKLARININ BELGELEME YÖNTEMLERİ.....                               | 55 |
| 3.2.1. GELENEKSEL YÖNTEMLER.....  | 60 |
| 3.2.2. ÇAĞDAŞ YÖNTEMLER.....  | 60 |
| 3.2.2.1. Dokunsal Metotlar.....   | 61 |
| 3.2.2.2. Yakın Mesafe Tarayıcıları.....   | 62 |
| 3.2.2.3. Metrik Olmayan Fotogrametri Etkisi ve Analitik Düzeltim.....             | 65 |
| 3.2.2.4. Sayısal Ortofoto Üretimi.....  | 70 |

### DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

#### FOTOGRAMETRİ VE ARKEOLOJİ

|  |    |
|--|----|
| 4.1. ARKEOLOJİK VARLIKLARIN BELGELENMESİNİN<br>AMAÇ VE KAPSAMI.....                          | 74 |
| 4.2. FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLER İLE GELENEKSEL ARKEOLOJİK<br>YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI..... | 77 |
| 4.2.1. Avantajları.....  | 77 |
| 4.2.2. Dezavantajları.....   | 78 |

|   |            |
|---|------------|
| <b>4.3. STRATEJİK PLANLAMADA ÖNEM KAZANAN FOTOGRAMETRİNİN ARKEOLOJİK ARAŞTIRMALARDAKİ GÜNCEL GELİŞİMLERİ.....</b> | <b>79</b>  |
| <b>4.4. ARKEOLOJİDE FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERİN SINIFLANDIRILMASI.....</b>  | <b>82</b>  |
| <b>4.4.1. ARKEOLOJİ ALANINDA YAKIN MESAFE (YERSEL) FOTOGRAMETRİNİN KULLANIMI.....</b>                             | <b>83</b>  |
| <b>4.4.2. ARKEOLOJİ ALANINDA UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİNİN KULLANIMI.....</b>                                       | <b>84</b>  |
| <b>4.4.3. ARKEOLOJİ ALANINDA HAVA VE BALON FOTOGRAMETRİSİ.....</b>  | <b>85</b>  |
| <b>4.4.4. SUALTI ARKEOLOJİSİNDE FOTOGRAMETRİNİN KULLANIMI.....</b>  | <b>86</b>  |
| <b>4.4.5. ARKEOLOJİ ALANINDA DİJİTAL FOTOGRAMETRİ VE LAZER TARAMANIN KULLANIMI.....</b>                           | <b>88</b>  |
| <b>4.5. ARKEOLOJİK ARAŞTIRMALARDA FOTOGRAMETRİK VERİLERİN ÖLÇEĞE BAĞLI DEĞERLENDİRİLMESİ VE SUNUMU.....</b>       | <b>100</b> |
| <b>4.5.1. Seramik Eserler Üzerindeki Fotogrametrik Belgelemeler.....</b>  | <b>100</b> |
| <b>4.5.2. Heykeller Üzerindeki Fotogrametrik Belgelemeler.....</b>  | <b>116</b> |
| <b>4.5.3. Mimari Yapı Tanımları Üzerinde Yapılan Fotogrametrik Belgelemeler.....</b>                              | <b>134</b> |
| <b>4.5.4. Topografik Arkeolojik Araştırmalarda Fotogrametrik Belgelemeler.....</b>                                | <b>159</b> |
| <b>DEĞERLENDİRME VE SONUÇ.....</b>  | <b>175</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>  | <b>179</b> |

## ÖZET

Ülkemiz, tarih öncesi çağlardan bugüne, zengin ve farklı pek çok kültüre ev sahipliği yapmıştır. Tarihi miras olarak adlandırılan bu kültür varlıklarını korumak ve gelecek kuşaklara bırakmak, medeni toplumların bir gereği ve sorumluluğudur. Ülke toprakları üzerinde ve altında, korunmayı ve ortaya çıkarılmayı bekleyen bu kültür izleri, günümüz teknolojisi kullanılarak geleneksel yöntemlerden çok daha az zaman harcanarak ve çok daha az maliyetle belgelenebilmektedir.

“Arkeolojik Araştırmalarda, Kültürel Mirasın Belgelenmesi ve İzlenmesi Sürecinde Fotogrametrinin Uygulama Alanları” isimli bu çalışma, son yıllarda kültür mirası üzerinde kullanımı yaygınlaşan fotogrametrik yöntemleri ve arkeoloji alanındaki uygulamalarına ait örnekleri içermektedir.

Kültürel miras kaydı ve belgelenmesi, nesnelerin, disiplinlerin ve teknolojilerin geniş bir alanını oluşturur. Bu geniş çeşitliliğin sebebi, her projenin farklı oluşundan kaynaklanmaktadır. Farklı bilimsel ve profesyonel disiplinler arasında işbirliğini gerektiren bu durum<sup>1</sup> zaman zaman arkeologlarla fotogrametri uzmanlarını da bir araya getirmiştir. Kültür varlıklarını koruma konusunda atılacak ilk adım, bu değerlere ait ilk teknik dokümanları, doğruluğu kesin bir şekilde üretmektir. Arkeolojide olduğu gibi, fotogrametride de belgeleme, veri toplama çalışmaları, fotoğraf çekimleriyle gerçekleştirilmektedir. Arkeolojik alan ve eser belgelenmesinde sıkça kullanılan fotoğrafçılık, fotogrametrinin de temel taşıdır.

Arkeolojik araştırmalarda, kültürel mirasın izlenmesi ve belgelenmesi sürecinde fotogrametrik yöntemlerin kullanılması, fotoğraflanmış eser veya alanın herhangi bir nedenle hasar görmesi halinde, fotografik verilerden yararlanılarak o esere veya yere ait onarım çalışmalarının kolaylıkla gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır.

---

<sup>1</sup> Boehler- Heinz 1999, 6.

Arkeolojik miras kayıtlarının ve dokümantasyonunun pratik gereksinimlerini karşılamak için, arkeolojik kazı alanlarında teknolojik yeniliklerden yararlanılmalıdır.

Bir arkeologun arkeolojik bir alanda, ölçümleme sırasında hem fotoğrafçılığı, hem de tespit etiklerini yorumlamayı bir arada yapabilmesi gerekmektedir. Bir fotogrametri uzmanı ise, teknik, para, zaman ve maliyet olanaklarını ve sınırlarını iyi bilmelidir.

Bir arkeolog ile bir fotogrametri uzmanı, koordineli bir şekilde, kültür mirası kayıtlamalarında bir araya geldiklerinde, arkeolojik veriler, fotogrametrik yöntemlerle daha doğru ve az zamanda toplanmış olur. Toplanan verilerin sunumu, kullanılan teknik malzemelere ve bu malzemeleri değerlendiren uzmana göre çok daha kaliteli bir görselliğe ulaşır.

Çalışmaya, çalışmanın alanı, kapsamı, amacı, önemi hakkında kısaca bilgi verilerek başlanmıştır.

Günümüzde, fotogrametri, arkeolojik eserlerin belgelenmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu düşünceden yola çıkılarak hazırlanan çalışmanın ikinci bölümünde, arkeolojik araştırmalarda yaygın bir şekilde kullanılan fotogrametrinin tanımı, fotoğrafçılıkla birlikte tarihi ve fotoğraf malzemelerinin çeşitliliğine bağlı olarak teknik gelişimi, fotogrametrik veri toplama sırasında yapılan fotografik belgelemelerde dikkat edilmesi gereken hususlar üzerinde durulmuştur. Sonrasında fotogrametrinin ilk adımı olarak kabul edilen fotoğrafçılıkla ilgili bilgilerden sonra, fotogrametrinin metodolojisi içerisinde fotogrametrik belgeleme yöntemleri ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde, kültürel zenginlikleri kaydetme ve belgelemede bazı modern yaklaşımlar ele alınmıştır. Kültür varlıklarının belgelenmesinin önemi, belgeleme yöntemleri detaylı olarak işlenmiştir.

Dördüncü bölümde, fotogrametri ve arkeoloji ilişkisi, bu iki yöntem arasındaki avantajlar ve dezavantajlar belirlenmiştir. Arkeolojik varlıkların konumlarına göre belgeleme çeşitliliği ele alınmıştır. Arkeolojik araştırmalarda stratejik planlamalar sırasında fotogrametrinin güncel gelişimleri, arkeolojide fotogrametrik yöntemlerden nasıl faydalandığı ve toplanan tüm verilerin sistematik bir şekilde değerlendirilmesi sürecinde

CBS'in rolü üzerinde durulmuştur. Sonrasında yakın mesafe, uzaktan algılama, hava, sualtı gibi farklı uygulama alanlarında kullanılan fotogrametrinin arkeolojideki yeri ele alınmıştır. Dördüncü bölümün son ana başlığı, çalışmanın da özünü oluşturan arkeolojik araştırmalarda fotogrametrik verilerin ölçeğe bağlı değerlendirilmesi ve sunumunu kapsamaktadır. Bu başlık altında, seramik eserler, heykeller, mimari yapı tanımları ve arkeolojik topografyalar üzerinde yapılan ulusal ve uluslararası fotogrametrik çalışmalar örneklendirilmiştir.

Çalışmanın sonunda ise, fotogrametri, arkeoloji ve fotoğraf etkinliğine toplu bir bakış ile çalışmada ele alınan konular ışığında tüm bilgiler toparlanmış ve genel bir değerlendirme ile varılan sonuçlar belirtilmiştir.

## SUMMARY

Our country has hosted a very rich and different cultures since the pre-historic times. It is the responsibility and requirement of the civilized societies to protect and leave the future generations an inheritance of these cultural treasures called as historical heritage. These cultural treasures hidden underground and on the ground and waiting to be uncovered and preserved are being documented by using the current technology, spending less time and money than the traditional methods.

The study called as “Application Fields of Photogrammetry in Archaeological Surveys and Researches regarding the Documentation and Monitoring of Cultural Heritage” covers the examples of application of photogrammetric methods used widely and recently on the cultural heritage and its application in an archaeological field.

Documentation and recording of cultural heritage form a wide field of things, disciplines, and technologies. The reason of this wide variety is due to each project's being different. The situation which necessitates collaboration between different scientific and professional disciplines<sup>1</sup> sometimes brings together archaeologists and photogrammetrists. The first step to take about the preservation of cultural heritage is to produce the first technical documents related to these heritages in the most valid and reliable way. As in archaeology, the documentation and data collection in photogrammetry has been conducted by photography, too. Photography which is frequently used in the documentation of archeological sites and artefacts is the touchstone of photogrammetry..

In archaeological researches during the process of the documentation and the following of cultural heritage, the use of photogrammetric methods enable the restoration of an artefact or a site to be realized easily by making use of photographic data if the photographed artefact or the site is damaged whatever the reason is .

Advanced technology must be used on archaeological excavation fields in order to meet the practical requirements of documentation and recording of archaeological heritage.

The archaeologist is both required to take photographs and interpret what he has found during measurement on the site. The photogrammetrist should have an idea of both the limitations and capabilities of the technique, and the cost in time and money.

When an archaeologist and a photogrammetrist come together collaboratively in the recording of cultural heritage, the archaeological data is collected in a more accurate and less time via photogrammetric methods. The visualization of the presentation of collected data reaches a higher quality according to the technical equipment used and the expert who evaluates it..

This work has been started by giving brief information about the area of the study, its scope, aim and importance.

Today, photogrammetry is widely used for the documentation of archaeological heritage. The second part of the study involves the description of photogrammetry which is widely used in archaeological researches, its history along with photography and its technical development with the diversity of photography tools and the important points that should be taken into consideration about the documentation of photogrammetry during the collection of photogrammetric data. After the information about photography which is accepted as the first step of photogrammetry, photogrammetric documentation methods were dealt within the methodology of photogrammetry.

Some modern approaches in the documentation and recording of cultural heritage were mentioned in the third part of the study. The importance of documentation of cultural heritage and the methods used in their documentation were studied in detail.

The relationship between photogrammetry and archaeology and the advantages and the disadvantages between the two methods were mentioned in the fourth part. The variety for the documentation of archaeological heritage according to their position was also considered. The current developments in photogrammetry during the strategic planning in archaeological researches, how the photogrammetric methods were made use of in archaeology and the role of GIS during the process of systematic evaluation of all the collected data were emphasized. The place of photogrammetry used in different application fields such as close range, remote sensing underwater and air applications in

archaeology were mentioned. The last title of the fourth part both covers the evaluation and presentation of photogrammetric data using scale in archaeological researches and also forms the basis of the study. Under this heading, ceramic artefacts, statues, architectural definitions of buildings and the national and the international photogrammetric studies conducted on archaeological topography were sampled.

In the end of the study, with a general view over the activity of photogrammetry, archaeology, and photography, the information was summarized under the light of the topics dealt with in the study and the results were mentioned with a general evaluation of the study.



## RESİM LİSTESİ

|   |    |
|---|----|
| <b>Resim 1.</b> Camera Obscura'nın gelişimi.  | 6  |
| <b>Resim 2.</b> Fotoğraf tarihinde bilinen ilk fotoğraf. Nicéphore Niepce'in 1826 yılında çektiği karşı evin çatılarını gösteren fotoğrafı.   | 6  |
| <b>Resim 3.</b> Nadar'ın 1855'de Saint-Louis'de balondan çektiği hava fotoğrafı.  | 7  |
| <b>Resim 4.</b> Louis Jacques Mande DAGUERRE'nin 1839'da evinin penceresinden çektiği Paris Boulevard Caddesi. Pozlamanın uzun süreli olması nedeniyle sabit nesnelere haricindekiler görülmemekte, sadece ayakkabısını boyatmak için sabit duran adamın silüeti görülmektedir. | 10 |
| <b>Resim 5.</b> Rolleiflex DB44- Metrik Kamera  | 16 |
| <b>Resim 6.</b> Zeiss SMK 120 Stereometrik Kamerası (İTÜ İnşaat Fakültesi Fotogrametri Laboratuvarı)  | 17 |
| <b>Resim 7.</b> Panoramik çekimlerde bölümlenmiş metodu.  | 18 |
| <b>Resim 8.</b> Noblex marka bir panoramik fotoğraf Makinesi.   | 18 |
| <b>Resim 9.</b> Roundshot marka panoramik bir fotoğraf makinesi.  | 19 |
| <b>Resim 10.</b> Yersel Fotoğrafçılıkta kullanılan Fototeodolit.  | 19 |
| <b>Resim 11.</b> Wild BC-4 Balistik Kamera.   | 20 |
| <b>Resim 12.</b> Zeiss RMK 15/23 model elektrik kontrollü hava araçları için özel tasarlanmış Havasal Kamera  | 20 |
| <b>Resim 13.</b> Oinochoe.  | 26 |
| <b>Resim 14.</b> Malzemenin kalibrasyon yapısı içersine yerleştirilmesi.  | 26 |
| <b>Resim 15.</b> CIPA görüntülerinin uygulandığı örnek çekimler.  | 28 |
| <b>Resim 16.</b> Lens distorsiyonunda iki kayıp noktanın gösterilmesi.  | 29 |
| <b>Resim 17.</b> Üç kayıp nokta çizgisinin manuel hesaplanması  | 29 |
| <b>Resim 18.</b> Yersel Fotoğraf  | 33 |
| <b>Resim 19.</b> Dikey Hava Fotoğrafı.  | 34 |
| <b>Resim 20.</b> (sol) Düşük eğimli fotoğraf (ufuk çizgisi gösterilmemiştir) (sağ) Soldaki görüntünün yüksek eğimli fotoğrafı (ufuk çizgisi görülmektedir).   | 35 |
| <b>Resim 21.</b> Ay yüzeyinin ve arkada görülen dünyanın yüksek eğimli ekstra yersel bir fotoğrafı.   | 36 |
| <b>Resim 22.</b> Hasselblad MK70  | 65 |
| <b>Resim 23.</b> Rolleiflex 6006  | 65 |
| <b>Resim 24.</b> Buda Heykeli, Skuthai Stili, Tayland   | 69 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Resim 25.</b> Heykelin teneke bir modeli  | 69  |
| <b>Resim 26.</b> CAD içinde bir heykel modeli  | 69  |
| <b>Resim 27.</b> Ölçümlendirme çalışması sırasında kafes ve camlar olmadan anıt mezarın görünümü.                                | 91  |
| <b>Resim 28.</b> Anıt mezarın restorasyon öncesi kafes arkasındaki genel görüntüsü.  | 92  |
| <b>Resim 29.</b> Geomagic Raindrop Yazılımı. UL: ilk birleştirme sonucu. UR: Çeşitli birleşme ve temizlemeler                    | 95  |
| <b>Resim 30.</b> Kaba çözünürlüklü model   | 97  |
| <b>Resim 31.</b> Stereofotogrametrik görüntülerden makine ile çizim.   | 97  |
| <b>Resim 32.</b> Yüksek çözünürlüklü tarama verisinden gölgeli görünüş. Ölçek 1:5.   | 98  |
| <b>Resim 33.</b> Res.32'den bir detay. Ölçek 1:1.  | 98  |
| <b>Resim 34.</b> Res.33'ün farklı bir açıdan görünüşü.   | 98  |
| <b>Resim 35.</b> Arşivlemede depolanan seramik dolu kutular.   | 101 |
| <b>Resim 36.</b> Sol tarafta bir CCD kamera ve sağ üst orta kısımda flaş ışığı montelenmiş bir "Eyetroneic's ShapeCam"           | 103 |
| <b>Resim 37.</b> Bütünüyle el ile yeniden yapılandırılmış bir vazıo.   | 111 |
| <b>Resim 38.</b> TUMOSAN grubuyla yeniden yapılandırılmış cihaz.   | 112 |
| <b>Resim 39.</b> Fotomodel yazılımı ile yağ kandilinin fotogrametrik düzeltimi.  | 112 |
| <b>Resim 40.</b> 1:1 Yağ kandilinin ön yüzüne ait ortofoto.  | 113 |
| <b>Resim 41.</b> Etüt Şeması.  | 114 |
| <b>Resim 42.</b> Birleştirilmiş metoda ait özet görüntü.   | 115 |
| <b>Resim 43.</b> Antik Olympia Müzesi'nde sergilenen Hermes Heykeli  | 116 |
| <b>Resim 44.</b> Veri elde etme sırasında heykel etrafına kurulan iskele.  | 117 |
| <b>Resim 45.</b> Üstten çekilen merkezi fotoğraf.  | 118 |
| <b>Resim 46.</b> Tarama için kullanılan üst iskele seviyesi.   | 118 |
| <b>Resim 47.</b> Heykele ait üst parçanın sol ve sağ fotoğraflardan oluşan stereo-çifti.   | 119 |
| <b>Resim 48.</b> TIN'e ait üç boyutlu bir görünüm. Yoğunluk 1-2 cm.  | 120 |
| <b>Resim 49.</b> Heykele ait lazer tarama verilerinin birleştirilmiş modelinin üç boyutlu görüntüleri.                           | 121 |
| <b>Resim 50.</b> Lazer tarayıcıdan elde edilen verinin temel yorumları, serbest görüntüleyiciler kullanılarak çizilebilmektedir. | 122 |
| <b>Resim 51.</b> Bamiyan'da üç Buddha Heykeli.   | 123 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Resim 52.</b> Büyük heykelin terör saldırıları sırasında maruz kaldığı patlama (sol) ve yok olduktan sonra yerinde bıraktığı niş (sağ).   | 124 |
| <b>Resim 53.</b> Kostka tarafından 1970 yılında çekilen üç metrik görüntü.   | 125 |
| <b>Resim 54.</b> Üç boyutlu Buddha heykelinin dijital fotogrametri yöntemi ile yeniden yapılandırılması.   | 126 |
| <b>Resim 55.</b> PICTRAN yazılımında üç boyutlu koordinatların elde edilmesi.  | 127 |
| <b>Resim 56.</b> CAD ortamına Aktarılan Çizgisel Bir Değerlendirme.  | 127 |
| <b>Resim 57.</b> Kül Tigin Anıtları (Yazıt KY 1).  | 128 |
| <b>Resim 58.</b> Orhun Nehri ve Taşlı Tepe'den Bir Görünüş.  | 128 |
| <b>Resim 59.</b> Tonyukuk Anıtları.  | 131 |
| <b>Resim 60.</b> Tonyukuk Anıtları'ndan bir örnek.   | 131 |
| <b>Resim 61.</b> PICTRAN yazılım ile fotogrametrik onarım.   | 133 |
| <b>Resim 62.</b> Yüzey koordinat sisteminden yer koordinat sistemine dönüştürme.   | 133 |
| <b>Resim 63.</b> Bilge Tonyukuk Anıtı'ndaki ilk yazıtın batı yüzeyi.   | 134 |
| <b>Resim 64.</b> A: La Mota Kalesi'nin panoramik görüntüsü. Santo Domingo Silos Kilisesi, beyaz çerçeve ile gösterilmiştir. Yanı sıra kalenin coğrafi konumu da sol üst köşede yer almaktadır. B: Güney bölümdeki ana cephe. C: güneybatıdan genel görünüm (çan kulesi, nave, kemerler ve şapel girişi). D: Çan kulesi ve kuzey duvar. E: doğu duvarların panoramik görüntüsü. | 134 |
| <b>Resim 65.</b> Kilise Planı.   | 135 |
| <b>Resim 66.</b> Batı duvarlarındaki stereo-çiftler, mobil bir asansör yardımıyla çekilmiştir.   | 136 |
| <b>Resim 67.</b> Stereoskopik kol üzerinde Hasselblad kamera.  | 136 |
| <b>Resim 68.</b> Ana cepheye ait çizgisel bir çizim ve Canon D 30 Dijital Kamerasıyla elde edilmiş ve sonradan düzeltilmiş görüntülere ait mozaik.   | 137 |
| <b>Resim 69.</b> Doğu bölümü duvarlarına ait detay görünümü.   | 137 |
| <b>Resim 70.</b> Ortofotoğraf, kontur haritası ve temel profiller şapeldeki deformasyonu göstermektedir.   | 138 |
| <b>Resim 71.</b> A-F: kutsal yerin iç duvarı ile çan kulesinin güney kenarı. G: rektifiye edilmiş ve radyometrik olarak düzeltilmiş mozaik görüntü.  | 139 |
| <b>Resim 72.</b> A: Çan kulesi ve doğu yönündeki dış duvarların mozaik görüntüsü.<br>B: Çan kulesi ve kuzey yönündeki dış duvarların mozaik görüntüsü.   | 140 |
| <b>Resim 73.</b> Kilise avlusu içindeki kemerlerin üst bölümlerine ait fotoğraflar.  | 140 |
| <b>Resim 74.</b> Kilise içindeki arka kemerlerin mozaik görüntüsü.   | 141 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Resim 75.</b> Kilise içindeki ön kemerlerin mozaik görüntüsü.  | 141 |
| <b>Resim 76.</b> Kilise girişi, avlu ve kemerlerinin Photomodeler yazılımı kullanılarak yapılan üç boyutlu modeli. Sol kilise duvarı ve tonoz yapısı kilise içindeki kamera pozisyonlarını engellemiştir. | 142 |
| <b>Resim 77.</b> Aizanoi'deki Zeus Tapınağı.  | 143 |
| <b>Resim 78.</b> Photomodeler yazılımı ile değerlendirmeleri yapılan tapınağın tel kafes görüntüsü.   | 143 |
| <b>Resim 79.</b> Zeus Tapınağı'nın planı-Transparan görünümde kubbeli yeraltı koridoru.   | 144 |
| <b>Resim 80.</b> İç Mekanın Kuzey Profili.  | 144 |
| <b>Resim 81.</b> İç Mekanın Batı Profili.   | 144 |
| <b>Resim 82.</b> Dış Mekanın Kuzey Profili.   | 144 |
| <b>Resim 83.</b> Dış Mekanın Batı Profili.  | 144 |
| <b>Resim 84.</b> Aizanoi Tapınağı'nın hareketli AVI betimlerinden iki görüntü.  | 144 |
| <b>Resim 85.</b> Kamera ve özel olarak dizayn edilmiş platform.   | 146 |
| <b>Resim 86.</b> Ekranlı ve uzaktan kontrollü yer kontrol ünitesi   | 146 |
| <b>Resim 87.</b> Balondan alınan bir hava fotoğrafı ve fotoğraftan alınan detayda görülen kontrol noktası.  | 147 |
| <b>Resim 88.</b> Yersel fotoğraf.   | 147 |
| <b>Resim 89.</b> Hesaplanmış ortofoto ile PhoTopol yazılımında ilk kenar sonuçlarının haritalaması.   | 149 |
| <b>Resim 90.</b> Erken saatlerde, rüzgarsız bir havada görüntü alımı için havalandırılan helyum balonu.   | 150 |
| <b>Resim 91.</b> Boulakrates Çeşmesi.   | 151 |
| <b>Resim 92.</b> Boulakrates Çeşmesi'nin bulunan parçalarının çizimi.   | 152 |
| <b>Resim 93.</b> Boulakrates Çeşmesi'nin bulunan parçalarının çizimi.   | 152 |
| <b>Resim 94.</b> Berlin Bergama Müzesi'ndeki Milet Pazar Kapısı'nın Yeniden İnşası.   | 153 |
| <b>Resim 95.</b> UMK 1318 tarafından elde edilen orijinal ölçüm fotoğrafları<br>Sol: çıkıntılı sütun halindeki sıranın sol alt kata inmesi. Sağ: alt katın önden görünüşü.                                | 154 |
| <b>Resim 96.</b> Pazar Kapısı'nın önden görünüşünün fotogrametrik planı<br>(kalın mavi hat, sergi salonunun dış hattı).   | 155 |
| <b>Resim 97.</b> Alt kata ait tavanın dikey görünüşü.   | 156 |
| <b>Resim 98.</b> Pazar Kapısı'nın sol tarafındaki çıkıntılı sütun sıralarının dikey bölümleri.  | 156 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Resim 99.</b> Sol: Orijinal fotogrametrik sonuç  |     |
| Sağ: Mimarlar ve restoratörler tarafından tamamlanan son hal.   | 157 |
| <b>Resim 100.</b> Mimarlar ve restoratörler tarafından hazırlanan hasar harita örneği.  | 158 |
| <b>Resim 101.</b> Knidos Yarımadası.  | 159 |
| <b>Resim 102.</b> Stoa'nın A görünüşü   | 159 |
| <b>Resim 103.</b> PICTRAN'da Stoa A Görünüşünün Fotogrametrik Düzeltmesi.   | 161 |
| <b>Resim 104.</b> Üzerinde özel bir mekanizması olan bir vinç.  | 163 |
| <b>Resim 105.</b> Keos Adası.   | 164 |
| <b>Resim 106.</b> Şekil 47'deki çizimi içine alan fotoğraflar.  | 166 |
| <b>Resim 107.</b> HTML sayfaları, görüntü kataloglarını görselleştirmek için binaları temsil eden objelerle bağlantılıdır.  | 169 |
| <b>Resim 108.</b> Raster edilmiş ve jeoreferans verilmiş Türk haritalarında uzanmakta olan Nekropolis vektör verisi.  | 170 |
| <b>Resim 109.</b> Olası görselliği gösteren bütün dijital harita  | 171 |
| <b>Resim 110.</b> Ana topografik nokta gözlemi.   | 172 |
| <b>Resim 111.</b> Çeşitli şehir alanlarındaki farklı kireçtaşı hendeklerinin dağılımı.  | 173 |
| <b>Resim 112.</b> Eğim levhası bir raster verisidir. İleride yapılacak uzaysal veri analizi için gereklidir.  | 174 |
| <b>Resim 113.</b> Yükseklik Levhası bir raster verisidir. İleride yapılacak uzaysal analiz için gereklidir. Caddelerin tepe rölyefleri ile bağlantılı özelliklerini ve su akışı üzerinde çalışmak için kullanılacaktır. | 174 |

## ŞEKİL LİSTESİ

|   |     |
|---|-----|
| Şekil 1. Bir Kamera Kesiti  | 13  |
| Şekil 2. Odak uzaklığını gösteren çizim.  | 13  |
| Şekil 3. Net Alan Derinliği   | 14  |
| Şekil 4. Diyafram ve Alan Derinliği arasındaki ilişki   | 15  |
| Şekil 5. Odak Uzaklığı ile Alan Derinliği arasındaki ilişki   | 15  |
| Şekil 6. Vazonun belgelenme tekniği.  | 26  |
| Şekil 7. Sırasıyla aynı kamerayla çekilmiş dikey, düşük eğimli ve yüksek eğimli fotoğraflar.  | 35  |
| Şekil 8. Fotoğraf Çekimlerinde Ölü Hacimler.  | 36  |
| Şekil 9. Fotoğraf ile görüntü kaydı.  | 38  |
| Şekil 10. Fotogrametrik kayıtlama.  | 39  |
| Şekil 11. Çoklu fotoğraflar kullanılarak yapılan fotogrametrik kayıtlama.   | 39  |
| Şekil 12. Tekli ve Çoklu nokta triyângülasyonu.   | 40  |
| Şekil 13. X, Y, Z Koordinatları olarak bilinen üç yön açısı.  | 41  |
| Şekil 14. Demet Dengelemesi.  | 43  |
| Şekil 15. Analog Yontemin Temel Esası   | 45  |
| Şekil 16. Analitik Yöntemin Temel Esası.  | 47  |
| Şekil 17. Fotogrametri- Fotoğraf İlişkisi / Veri Elde Etme Algoritması  | 49  |
| Şekil 18. Profesyonel Odalar, Melbourne   | 55  |
| Şekil 19. Gizli-dinsel Botbot Oda Cephesi, Papua Yeni Gine  | 55  |
| Şekil 20. Bir ortofotonun geometrik gösterimi.  | 71  |
| Şekil 21. Arkeolojide Kullanılan Geleneksel Fotoğrafçılık Yöntemleri.   | 78  |
| Şekil 22. CBS Bileşenleri.  | 80  |
| Şekil 23. Döner Platformun çalışma prensibi.  | 89  |
| Şekil 24. İki Kamera Prensibi.  | 90  |
| Şekil 25. Bir çömleğin el ile çizimi; karakteristik noktalar el ile tespit edilmiştir.  | 100 |
| Şekil 26. (a) Arakesitlere ait örnek, (b) doğru tanımlanmış yön eksenini kullanılan çoklu profil çizgileri, (c) Yanlış dönüş eksenini kullanılan çoklu profil çizgileri | 101 |
| Şekil 27. Yönlendirilmiş kırık parça, döndürme eksenini rot, kesişen bölge ei, en uzun profil çizgisi profilmax, hmax.  | 106 |
| Şekil 28. Kesişme bölgesinin tepeleri $p_d = 0,01$ sol (açık gri) ve sağ (koyu gri), kenarlar kenarkesişme, profil çizgisi tepeleri $p_{kesişme}$ (siyah).              | 107 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Şekil 29.</b> Yönlendirilmiş kırık parça ve kesişen bölge ei   | 108 |
| <b>Şekil 30.</b> Kesişen plaka örnekleri ei.  | 108 |
| <b>Şekil 31.</b> (a) Doğru tahmin edilmiş dönüş eksen kullanılan çoklu profil çizgileri ve (b) düzensiz dönüş eksenini kullanılan çoklu profil çizgileri. | 110 |
| <b>Şekil 32.</b> (a) yeniden yapılandırılmış (gri) seramik ve (b) seramik parçası.  | 110 |
| <b>Şekil 33.</b> 1:1 Yağ kandilinin ön yüzüne ait çizim.  | 113 |
| <b>Şekil 34.</b> İdeal amfora modeli: arkeologlar tarafından dijital model için tasarlanmıştır.   | 115 |
| <b>Şekil 35.</b> Kazanç süreci (sol ve demet dengelemesi sonrasında kamera pozisyonlarının durumu (sağ)).   | 125 |
| <b>Şekil 36.</b> Antik tiyatronun plan görünüşü ve kontrol noktaları.   | 145 |
| <b>Şekil 37.</b> Patara Antik Tiyatrosu'na Ait Detaylı Plan.  | 148 |
| <b>Şekil 38.</b> Patara Antik Tiyatro Cephesinin değerlendirme sonucu.  | 149 |
| <b>Şekil 39.</b> Stoa Planı.  | 160 |
| <b>Şekil 40.</b> Stoanın Güney Ön Bölümüne Ait Çizim.   | 161 |
| <b>Şekil 41.</b> 17. Stoanın Doğu Çizimi  | 162 |
| <b>Şekil 42.</b> Knidos, Liman Caddesi'nin Taş Plan Çizimi.   | 163 |
| <b>Şekil 43.</b> 1/1000 ölçekli topografik haritanın bir bölümü.  | 164 |
| <b>Şekil 44.</b> Resim 106'daki fotoğraflardan yola çıkarak çizilen yükseklik çizimi.   | 165 |
| <b>Şekil 45.</b> Kamera pozisyonlarını gösteren plan.   | 166 |

## TABLO LİSTESİ

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tablo I.</b> Mercek Çeşitleri.  | 23  |
| <b>Tablo II.</b> Mercek Çeşitleri.   | 24  |
| <b>Tablo III.</b> Parametrelerin karşılaştırılması   | 30  |
| <b>Tablo IV.</b> Manuel hesaplamaların, tahmini parametreler yardımıyla belirlenmesi.                                      | 30  |
| <b>Tablo V.</b> Kamera parametrelerin son tahminleri.  | 31  |
| <b>Tablo VI.</b> Analitik Fotogrametri ile Dijital Fotogrametrinin Karşılaştırmalı Özellikleri                             | 48  |
| <b>Tablo VII.</b> Fotogrametri, etütlemenin bir metodudur. Etütleme sonuçları kültürel miras belgelemesinin bir bölümüdür. | 59  |
| <b>Tablo VIII.</b> Obje ebatı ve obje karmaşıklığına göre etütleme metotları.  | 59  |
| <b>Tablo IX.</b> Karar Süreci  | 64  |
| <b>Tablo X.</b> Sayısal ortofoto üretimi için akış diyagramı.  | 72  |
| <b>Tablo XI.</b> Dijital fotogrametride dijital verilerin elde edilmesi.   | 88  |
| <b>Tablo XII.</b> Fotogrametri ile Lazer Tarama.   | 99  |
| <b>Tablo XIII.</b> Sayılaştırılmış arşivleme süreci.   | 103 |
| <b>Tablo XIV.</b> MURALE çömlekçilik veriyeri  | 104 |
| <b>Tablo XV.</b> Uzmanlara ait çalışma sisteminin genel şeması.  | 114 |
| <b>Tablo XVI.</b> Kül Tigin ve Bilge Kağan Anıtları Bölgesi Genel Durumu   | 128 |
| <b>Tablo XVII.</b> Bilge Kağan Anıt Külliyesi'nde bulunan heykelin fotogrametrik detay çizimi.                             | 130 |
| <b>Tablo XVIII.</b> Bilge Kağan Anıt Külliyesi'nde bulunan heykelin fotogrametrik detay çizimi.                            | 130 |
| <b>Tablo XIX.</b> Bilge Kağan Anıt'ına ait yazıtın fotogrametrik detay çizimi.   | 132 |



## KISALTMALAR VE BİBLİYOGRAFYA

|               |  |
|---------------|--|
| <b>ABD</b>    | Amerika Birleşik Devletleri.   |
| <b>BM</b>     | Birleşmiş Milletler.   |
| <b>CBS</b>    | Coğrafi Bilgi Sistemi.   |
| <b>CCD</b>    | Coupled Charged Device.  |
| <b>CIPA</b>   | Comité International de la Photogrammétrie Architecturale.                                   |
| <b>DLT</b>    | Direct Line Transform.   |
| <b>DSM</b>    | Dijital Surface Model.   |
| <b>DTM</b>    | Digital Terrain Model.   |
| <b>ERTS</b>   | Earth Resources Technology Satellite.  |
| <b>ESA</b>    | Europe Satellite Agency.   |
| <b>FAO</b>    | Gıda ve Tarım Örgütü.  |
| <b>GIS</b>    | Geographical Information System.   |
| <b>ICAO</b>   | Uluslar arası Havacılık Örgütü.  |
| <b>ICCROM</b> | International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property. |
| <b>ICOMOS</b> | International Council on Monuments and Sites.  |
| <b>ILO</b>    | Uluslararası Çalışma Örgütü.   |
| <b>ISP</b>    | International Society for Photogrammetry.  |
| <b>ISPRS</b>  | International Society for Photogrammetry and Remote Sensing.                                 |
| <b>ITU</b>    | İstanbul Teknik Üniversitesi.  |
| <b>LFR</b>    | Lazer Range Finder.  |
| <b>ODTU</b>   | Orta Doğu Teknik Üniversitesi.   |
| <b>TIKA</b>   | Türk İşbirliği ve Kalkınma İdaresi Başkanlığı.   |
| <b>TUFB</b>   | Türkiye Fotogrametri Birliği.  |
| <b>TUFUAB</b> | Türkiye Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği.  |
| <b>UNEP</b>   | BM Çevre Sorunları Örgütü.   |
| <b>UNESCO</b> | BM Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü.   |
| <b>VRML</b>   | Virtual Reality Modeling Language.   |
| <b>YTU</b>    | Yıldız Teknik Üniversitesi.  |
| <b>www</b>    | World Wide Web.  |
| <b>Res.</b>   | Resim.   |
| <b>Şek.</b>   | Şekil.   |
| <b>Tab.</b>   | Tablo.   |

- Alkış- Alkış 1999** Alkış Z., Alkış A., “Architectural Photogrammetric Studies in Turkey”, *CIPA International Symposium*, 1999, 1-6.
- Aytaç- Örmeci 1976** Aytaç, M. – Örmeci, C. – Altan, M. İ.T.Ü. Dergisi, Cilt: 34 Yıl: 34, Sayı:1, 1976, 43-55.
- Anderson 1982** R.C.Anderson, “Photogrammetry: the pros and cons for archaeology”, *World Archaeology*, Vol. 14, No.2, 1982, 200-228.
- Baş (1993)** Baş, H.G. Analitik (Yersel) Fotogrametri (1993).
- Boehler- Heinz 1999** Boehler W.- Heinz G., “Documentation, Surveying, Photogrammetry”, *CIPA International Symposium*, 1999, 1-6.
- Boehler- Vicent 2003** Boehler, W.- Vicent, M.B.- Hanke, K.- Marbs, A., “Documentation of German Emperor Maximilian I’s Tomb”, *CIPA International Symposium, 2003*, 474-480.
- Cooper- Robson 1994** Cooper, M.A.R.- Robson, S., “A Hierarchy for Photogrammetric Records for Archaeology and Architectural History”, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.49, No.5*, 1994, 35-42.
- Cummer 1974** Cummer, W.W., Photogrammetry at Ayia Irini on Keos, *Journal of Field Archaeology, Vol:1, No.3/4*, 1974, 385-388.
- Çay- Ceylan 2001** T.Çay-A.Ceylan-İ.Yıldız-İ.Şanlıoğlu-H.Karabörk-M.Yakar, Türk Dili Araştırmaları Yıllığı, BELLETEN 2000, “Dijital Fotogrametrinin Arkeolojide Kullanılması ve Göktürk Örneği”, 2001, 373-395.
- Çay- Yakar 2003** Çay, T.- Yakar M. – Yılmaz, İ.- Karabörk, H.-Serevja, Moğolistan’daki Türk Anıtları Projesi 2001 Yılı

- Çalışmaları, “*Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Çalışma Raporu*”, 2003, 163-186.
- Çelikoyan- Altan 2003** Çelikoyan, T.M. – Altan, M.O. – Kemper, G. – Toz, G., “Evaluation of a Theatre by Using Low-Altitude Aerial and Terrestrial Photogrammetry, *CIPA International Symposium*, 2003, 375-380.
- Drap- Sgrenzaroli 2003** Drap, P.- Sgrenzaroli, M.- Canciani M.- Cannata, G.- Seinturier, J., Laser Scanning and Close Range Photogrammetry: Towards a Single Measuring Tool Dedicated to Architecture and Archaeology, *CIPA International Symposium*, 2003, 629- 634.
- Duran 2003** Duran, Z., “*Tarihi Eserlerin Fotogrametrik Oalarak Belgelenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemine Aktarılması*” (basılmamış doktora tezi, 2003), 1-159.
- Eryılmaz (1983)** Eryılmaz, S., Genel Fotoğrafçılık (1983).
- Fotinopoulos 2004** V.Fotinopoulos, “Baloon Photogrammetry for Archaeological Surveys”, *CIPA International Symposium 2004*, 1-6.
- Fregonese 2003** Fregonese, L., “*Usability And Potential Use of the High Resolution Digital Camera in the Determination of 3D Digital Model*”, *CIPA International Symposium*, “New Perspectives to Save Cultural Heritage” Antalya- Turkey, 2003, 1-6.
- Gruen- Remondino 2003** Gruen, A.- Remondino, F.- Zhang, L., “Computer Reconstruction and Modelling of the Great Buddha Statue in Bamiyan, Afghanistan”, *CIPA International Symposium*, 2003, 474-480.

**Ioannidis- Tsakiri 2003**

Ioannidis Ch. - Tsakiri, M., “Laser Scanning and Photogrammetry for the Documentation of a Large Statue- Experiences in the Combined Use”, *CIPA International Symposium*, 2003, 517-622.

**Kampel- Sablatnig 2002**

Kampel M.- Sablatnig R.- Mara, H., “Automated Documentation System for Pottery”, *CIPA International Symposium*, 2002, 1-6.

**Karabörk- Yıldız 2005**

Karabörk, H., - Yıldız F. – Yakar, M.- Karasaka, L.- Yılmaz, H.M.- Özgan, R., “Extracting of Stone Plan of Harbour Street in Knidos Ancient City”, *CIPA International Symposium*, 2005, 1-4.

**Karabörk- Yıldız 2005**

Karabörk, H.- Yıldız, F.- Yakar, M.- Karasaka, L.- Yılmaz, H.M., “Photogrammetric Methods for Restitution of Small Objects Extracted by Archaeological Excavations”, *CIPA International Symposium*, 2005, 1-4.

**Karara 1989**

Karara, H.M., Non-Topographic Photogrammetry (I.Newton, “Underwater Photogrammetry, Chapter 11), (1989) 147-164.

**Karras- Mavrommati 2001**

G.E. Karras, D. Mavrommati, “Simple Calibration Techniques for Non-Metric Cameras”, *CIPA International Symposium, Potsdam, September 18-21*, 2001, 1-8.

**Kılıç (2002)**

KILIÇ, L., **Fotoğrafa Başlarken**, Dost Kitabevi Yayınları, Ankara (2002).

**Kuzu- Sinram 2003**

Kuzu Y.- Sinram O., “Volumetric Reconstruction of Cultural Heritage Artifacts”, *CIPA International Symposium*, 2003, 93-97.

**Mara 2003**

Mara, H., “*Pattern Recognition and Processing Group Institute of Computer Aided Automation Vienna University of Technology*”, Technical Report, July 30, 2003, 1-25.

**Mara- Cardenal 2004**

Mara, E. – Cardenal, J. – Castro, P. – Delgado, J. - Hernandez, M. A – Perez, J. L. – Ramos, M. - Torres, M., “Digital and Analytical Photogrammetric Recording Applied to Cultural Heritage, a Case Study: St. Domingo de Silos’ Church (XIVth Century, Alcala La Real, Spain”, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 34, Part XXX, 2004, 1-32.

**Mara- Kampel 2003**

Mara, H.- Kampel, M., “Automated Extraction of Profils from 3D-Models of Archaeological Fragments”, *CIPA International Symposium*, 2003, 87-93.

**McIntosh (1994)**

McIntosh, J. Eyewitness Archaeology (1994).

**Müftüoğlu 1980**

Müftüoğlu, O., Metrik Olmayan Resim Çekme Makinelerinin Fotogrametri Uygulamalarında Kullanımını Sağlayacak Yeni Bir Resim Çekme ve Ayar Yöntemi, İ.T.Ü. (yayınlanmamış doktora tezi, 1980), 1-92.

**Ogleby 1995**

Ogleby, C.L., “Advances in the Digital Recording of Cultural Monuments”, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol.50, No.3, 1995, 8-19.

**Ökten 1992**

Ökten, H., (M.M.Y.O. Harita-Kadastro öğretim görevlisi) İ.T.Ü. Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği, Fotogrametri Ders Notları I-II, 1992, 1-345.

**Örmeci (1988)**

Örmeci, C., Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri), Cilt.1, İ.T.Ü. Matbaası, 1987, 1-12.

**Örüklü (1988)**

Örüklü ,E., Uzaktan Algılama, Yıldız Üniversitesi Yayınları, Sayı: 198 (1988).

- Özdoğan (2001)** Özdoğan M., Türk Arkeolojisinin Sorunları ve Koruma Politikaları, Arkeoloji ve Sanat Yayınları (2001).
- Özgan (1989)** Özgan, R., XI. Kazı Sonuçları Toplantısı II (1989).
- Özgan (2003)** 25. Kazı Sonuçları Toplantısı, 2. Cilt (2003)
- Pavelka- Dolansky 2003** Pavelka K.- Dolansky, T., “Using of Non-Expensive 3D Scanning Instruments for Cultural Heritage Documentation”, *CIPA International Symposium*, 2003, 534-537.
- Polack (1958)** Polack, P., The Picture History of Photography, Harry N. ABRAHAMS Inc., Publishers New York, Printed in Germany (1958).
- Pomaska 1999** Pomaska, G., “Documentation and Internet Presentation of Cultural Heritage Using Panoramic Image Technology”, *CIPA International Symposium*, 1999, 1-6.
- Schwiedfsky (1961)** Schwiedfsky, K., Fotogrametrinin Temelleri, çev. Burhanettin Tansuğ, (1961).
- Spanò- Astori 2005** A.Spanò-B.Astori-C.Bonfanti-F.Chiabrandò, “GIS Application for Knowledge and Preservation of Hierapolis of Phrygia Site”, *CIPA International Symposium*, 2005, 1-6.
- Şeker 1990** Şeker Z. D. “Perge Amfiteyatrosu Friz ve Mimari Parçaların Fotogrametrik Belgeleme Çalışmaları” projesi, 1990.
- Şeker 2006** “Tarihi Eserlerin Dokümantasyonunda Yerel Fotogrametri Kullanımı” isimli konferansa ait sunum, Yer: Muğla Üniversitesi, Tarih: 08.04.2006
- Şeker- Duran 2005** Şeker, Z. D.- Duran, Z. Terrestrial and Numerical Photogrammetry, 2005, 1-40.

- Toz- Duran 2004** Toz, G.- Duran, Z., “Documentation and Analysis of Culturel Heritage by Photogrammetric Methods and GIS: A Case Study”, *CIPA International Symposium*, 2004, 1-5.
- Turan 2004** Turan, M., "Mimari Fotogrametri Alanındaki Çağdaş Gelişimlerin Değerlendirilmesi", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2004, 43-50.
- Van den Heuvel 2003** Van den Heuvel, F.A., “*Semi-Automatic Camera Calibration and Image Orientation Using The CIPA Reference Data Set*”, *CIPA International Symposium*, 2003, 407-413.
- Vögtle- Ringle 2003** Vögtle, T.- Ringle, K.- Nutto, M.- Bähr, H.P.- Pfanner, M.- Zens, F.- Maischberger, M., “Photogrammetric Recording and Evaluation of the Market Gate of Miletus for Architectural Heritage Conservation”, *CIPA International Symposium*, 2003, 350-356.
- Yeh 2003** Yeh T., “Conserving Cultural Heritage in an Urban Setting and the Potential Role of Multimedia Technology”, *CIPA International Symposium*, 2003, 754-760.
- Yıldız- Çay 2002** Yıldız, F.- Çay, T. – Yakar, M.- Karabörk, H.- Yılmaz, İ., Moğolistan’daki Türk Anıtları Projesi 2000 Yılı Çalışmaları, “Fotogrametri ve Topografya Çalışmaları”, 2002, 213-228
- Yıldız- Karabörk 2003** Yıldız F.- Karabörk, H.- Yakar, M.- Alp, L.- Yılmaz, H.M., “Photogrammetric Studies on Stoa in Ancient City of Knidos (Datca-Mugla)”, *CIPA International Symposium*, 2003, 372-375.
- Yıldız- Yakar 2001** F.Yıldız - M.Yakar - H.Karabörk – H.M.Yılmaz, Türk Dili Araştırmaları Yıllığı, BELLETEN 2000,

“Dijital Fotogrametrinin Arkeolojide Kullanılması ve Göktürk Anıtları Örneği”, 2001, 371-393.

**Yıldız- Yakar 2003**

F.Yıldız-M.Yakar-H.M.Yılmaz-L.Alp,  
Photogrammetric Works on Tonyukuk Monuments in Mongolia, *CIPA International Symposium*, 2003, 595-599.

**Yılmaz 2000**

Yılmaz H.M., Niğde Üniv. Müh. Bilimleri Dergisi, Cilt:4, Sayı:1, 2000.

**Yiğitoğlu 2002**

Yiğitoğlu, A. “Yersel Fotogrametride Sayısal Sistemler ve Dolmabahçe Sarayı’nda Örnek Uygulamalar”, (basılmamış yüksek lisans tezi, 2002) 1-98.

**Wolf (1983)**

Wolf, P.R., Elements of Photogrammetry (1983).



## İnternet Adresleri

[www.ins.itu.edu.tr/jeodezi/fotog/basics.pdf](http://www.ins.itu.edu.tr/jeodezi/fotog/basics.pdf) (13.02.2005)

[www.fotogrametri.50megs.com/foto1.htm](http://www.fotogrametri.50megs.com/foto1.htm) (14.02.2005).

<http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/intro.htm> (14.02.2005)

<http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/procon.htm> (21.02.2005)

<http://abone.tnn.net/korayoskay/geomatic/fotogrametri/foto1.htm> (15.02.2005).

<http://www.asfound.com/technology.htm> (16.02.2005).

<http://www.gent.be/gehttp://www.ogm.gov.tr/yukle/bern.doc> (24.09.2005).

[nt/wonen/telsat/eersteluchtfoto.htm](http://www.gent.be/gent/wonen/telsat/eersteluchtfoto.htm)

[http://66.249.93.104/search?q=cache:4Z0eDecUrl8J:www.mimarlarodasi.org.tr/mimarlikd  
ergisi/index.cfm%3Fsayfa%3Dmimarlik%26DergiSayi%3D8%26RecID%3D213+nara+be  
lgesi&hl=tr](http://66.249.93.104/search?q=cache:4Z0eDecUrl8J:www.mimarlarodasi.org.tr/mimarlikd<br/>ergisi/index.cfm%3Fsayfa%3Dmimarlik%26DergiSayi%3D8%26RecID%3D213+nara+be<br/>lgesi&hl=tr) (24.09.2005).

<http://www.gent.be/gent/wonen/telsat/eersteluchtfoto.htm> (30.05.2006)

<http://ansiklopedi.turkcebilgi.com/Optik> (20.04.2006)

<sup>1</sup> [www.ins.itu.edu.tr/jeodezi/fotog/basics.pdf](http://www.ins.itu.edu.tr/jeodezi/fotog/basics.pdf) (13.02.2005)

<http://fizikevreni.sitemynet.com/optik-1.pdf> (20.04.2006)

<http://72.14.221.104/search?q=cache:->

[yvnNFSprZ8J:www.students.itu.edu.tr/~ustunerm/ozlem.html+algoritma&hl=tr&gl=tr&ct  
=clnk&cd=1](http://www.students.itu.edu.tr/~ustunerm/ozlem.html+algoritma&hl=tr&gl=tr&ct<br/>=clnk&cd=1) (20.06.2006)

[http://www.boun.edu.tr/research/arcmet\\_tur.html](http://www.boun.edu.tr/research/arcmet_tur.html) (20.04.2006)

<http://abone.tnn.net/korayoskay/geomatic/fotogrametri/uzalgilama/uzak.htm> (20.04.2006)

[http://classics.uc.edu/prmainland/graphics/JYgraphics/JY\\_175.jpg](http://classics.uc.edu/prmainland/graphics/JYgraphics/JY_175.jpg) (20.04.2006).

<http://www.gislab.ktu.edu.tr/gisnedir/cbs.htm> (20.04.2006)

[http://classics.uc.edu/prmainland/graphics/JYgraphics/JY\\_175.jpg](http://classics.uc.edu/prmainland/graphics/JYgraphics/JY_175.jpg) (20.04.2006).

[http://www.mir.com.my/rb/photography/companies/nikon/hasselblad/cameras/hasselmodel  
s/models/mkw.htm](http://www.mir.com.my/rb/photography/companies/nikon/hasselblad/cameras/hasselmodel<br/>s/models/mkw.htm) (14.03.2005)

[http://www.mediajoy.com/mjc/search/index.php?item\\_no=8039&shosai=1](http://www.mediajoy.com/mjc/search/index.php?item_no=8039&shosai=1) (14.03.2005)

[http://www.mir.com.my/rb/photography/companies/nikon/hasselblad/cameras/hasselmodel  
s/models/mkw.htm](http://www.mir.com.my/rb/photography/companies/nikon/hasselblad/cameras/hasselmodel<br/>s/models/mkw.htm) (14.03.2005)

[http://www.mediajoy.com/mjc/search/index.php?item\\_no=8039&shosai=1](http://www.mediajoy.com/mjc/search/index.php?item_no=8039&shosai=1) (14.03.2005)

<http://www.pclabs.gen.tr/print.asp?doc=89&type=kb> (07.04.06)

## BİRİNCİ BÖLÜM

### ÇALIŞMA HAKKINDA

Tespit edilen konu, mühendislik, fotografik ve arkeolojik bilgileri içeren enformatik bir araştırmadır. Türkiye’de fotogrametri eğitimi veren toplam on adet üniversite ve enstitü bulunmaktadır. Yalnızca harita çiziminde ağırlıklı kullanılan bir teknik olan fotogrametri, son yıllarda arkeoloji araştırmalarında; özellikle mimari arkeoloji alanında kullanılmaya başlanmıştır. Bu proje, belgelenelerde ağırlıklı olarak fotoğrafı kullanan arkeolojik araştırmalar içerisinde, özellikle kültürel mirasın belgelenmesi ve izlenmesi sürecinde;

1. Küçük ölçekli eserler (seramik, heykel, figürin) üzerinde,
2. Mimarî yapı tanımları (tarihî uygulamalarda genellikle ayrıntılı cephe çizimleri, bilgisayar ortamında hazırlanan üç boyutlu modeller, çeşitli perspektiflerin ve tematik bilgilerin gösterildiği ayrıntılı haritalar<sup>2</sup>, friz veya mimarî parçaların belgeleme çalışmaları ) ve
3. Daha geniş ölçekli topografyalara ait arkeolojik alanlar üzerinde fotogrametrinin nasıl kullanıldığını ulusal ve uluslararası örneklerle belirleyecektir.

*Fotogrametri*, fotografik görüntülerin ve elektromanyetik enerjinin kayıt, ölçme ve yorumlanması sonucu fiziksel cisimler ve bunların çevresine ilişkin bilgileri oluşturan ve bu bilgilerin analizini yapan bir bilim dalıdır. Bu bilim dalının ana amacı, uzaktaki cisimlerin geometrik parametrelerini fotoğraflar yardımıyla elde etme işlemidir<sup>3</sup>.

Analitik belgeleme yöntemi olarak da tanımlanan fotogrametrinin temel ilkeleri yeniden yorumlanarak yöntem kurguları çeşitlenmektedir. Bu çağdaş gelişimlerin yeri, bugüne kadar ulusal ve uluslararası arkeolojik araştırmalarda uygulanmış örneklere ait kaynaklar tespit edilerek bu çalışma kapsamında vurgulanacaktır.

Bu çalışmanın amacı; pek çok alanda kullanımını yaygınlaşan ancak arkeologlar arasında henüz yabancı bir kavram olan *fotogrametrinin* arkeolojide uygulama alanlarını tespit etmektir.

---

<sup>2</sup>Turan, 43.

<sup>3</sup>ISPRS’in fotogrametri tanımı.

Kültürel mirasın belgelenmesi ve izlenmesi sürecinde kullanılan yöntemlerin geliştirilmesi, arkeolojik olduğu kadar koruma uygulamalarına önem veren sanat tarihi ve mimarlık araştırmaları açısından da son derece önemlidir<sup>4</sup>. *Fotoğrafın* belgeleme kimliği, geçmişi “belgeler”e dayanarak inceleyen *arkeoloji* bilimine<sup>5</sup> son derece yardımcıdır. Her ikisinin de yaşam gerçekliğine dayanan belgeci üslupları, matematik, fizik ve kimya bilimlerini ve pratikteki uygulamalarını kapsayan bir başka bilimsel belgeleme yöntemi olan *fotogrametri* ile birleştiğinde güvenilir bir şekilde yanılma payı olmayan, hassas analitik belgeler ortaya çıkar.

“Geçmişe ait gerçeklik”, arkeolojik araştırmalar içersinde vazgeçilmez bir öneme sahip fotoğraf çekimlerinin fotogrametrik yöntemlerle ölçümlendirilmesi ile daha önce hiç bu kadar “gerçek” olmamıştır.

---

<sup>4</sup>Turan, 43.

<sup>5</sup>McIntosh, 6.

## İKİNCİ BÖLÜM FOTOGRAMETRİ

### 2.1. FOTOGRAMETRİNİN TANIMI

Eski Yunanca'dan batı dillerine giren *fotogrametri* sözcüğü üç sözcükten oluşur.

Photos(ışık) + Gramma(çizim) + Metron(ölçme)

Buna göre ışık yardımı ile çizerek ölçme anlamına gelmektedir. Fotogrametri, resimler ve görüntüler üzerinden ölçmeler ve gözlemlerle cisimlerin ve bunların çevrelerinden yansıyan ışınların şekillendirdiği fotogrametrik görüntülerin ve yaydıkları elektromanyetik enerjinin kayıt, ölçme ve yorumlama işlemleri sonunda, geometrik ve diğer özelliklerini belirleyen sanatsal bir bilim dalıdır<sup>6</sup>. Fotogrametri tekniği ile ölçülmek istenen nesnenin ve yakın çevresinin ya da arazinin fotoğrafları çekilir. Bunların fotoğraf üzerindeki görüntüleri ölçülerek istenen bilgiler sağlanabilir; ya da özel aletler yardımıyla bu görüntüler harita ya da plan biçimine dönüştürülebilir.

Fotogrametri *fotoğraflar* yardımı ile güvenilir bilgiler alma bilimidir. Fotogrametri öncelikle bir harita yapım yöntemidir. Dünyanın çeşitli ülkelerinde ve Türkiye'de büyük ve küçük ölçekli haritaların üretiminde en az 60 yıldır başarı ile uygulanmaktadır<sup>7</sup>. Ancak teknolojinin gelişmesi ve insan gereksinimlerinin artması ile daha geniş ve değişik uygulama alanları da bulmuştur<sup>8</sup>.

Uluslararası Bilim Sözlüğü<sup>9</sup>'ne bakıldığında *fotogrametri* için "fotoğrafların kullanımıyla güvenilir ölçümler yapan bilim" denilmektedir<sup>10</sup>. Fotogrametrik ölçme resmi, resmi çekilen cismin grafik ve sayısal değerlendirilmesine olanak sağlar<sup>11</sup>.

Fotogrametri, cisimlerin şekil ve büyüklüklerinin resimlerinden ya da diğer elektronik ortamlardan belirlenmesi bilimi ve sanattır. "Bilim" kelimesi burada çok önemlidir; matematik, fizik ve kimya bilimlerini ve pratikteki uygulamalarını

---

<sup>6</sup> Yiğitoğlu 2002, 4,14.

<sup>7</sup> <http://abone.tnn.net/korayoskay/geomatic/fotogrametri/foto1.htm> (15.02.2005).

<sup>8</sup> Müftüoğlu 1980, 1.

<sup>9</sup> International Scientific Vocabulary.

<sup>10</sup> <http://www.asfound.com/technology.htm> (16.02.2005).

<sup>11</sup> Aytaç- Örmeci 1976, 45.

kapsamaktadır. "Sanat" sözcüğünü de göz ardı etmemek gerekir çünkü iyi sonuçlar sadece uygun fotoğraflardan elde edilebilir ki bu da açık ve anlaşılır görüntüler gerektirir. Bu, görüntü işleme teknikleriyle sağlanır.

En genel anlamıyla fotogrametri ISPRS'in tanımına göre ; "fotografik görüntülerin ve elektromanyetik enerjinin kayıt, ölçme ve yorumlanması sonucu fiziksel cisimler ve bunların çevresine ilişkin bilgileri oluşturan ve bu bilgilerin analizini yapan bir bilim dalıdır".

Fotogrametrinin matematiksel modeli merkezi iz düşümdür. Merkezi izdüşümün matematiksel ve geometrik özellikleri kullanılarak fotoğraftaki nesnelere; şekil, konum, büyüklük, görünüş gibi özellikleri kolayca belirlenebilir. Ayrıca fotoğrafta görülen nesnelere renk ya da gri tonlarındaki değişimlerin incelenmesi ve bunların yorumlanması sayesinde nesnelere ilgili semantik ve topolojik bilgiler de elde edilebilir<sup>12</sup>.

Fotogrametri, fotoğraflara ait iki veya üç boyutlu ölçümlendirilen nesnelere tekniğidir. Biz yaygın olarak bunlara "fotoğraflar" diyoruz ancak; bunlar video veya CCD kameralar tarafından kaydedilen disket veya teypler üzerindeki depolanmış elektronik tasvirler veya tarayıcıların radyasyon sensörleri de olabilir.

Sonuçlar:

- Gerekli nesneye ait noktaların koordinatları
- Topografik ve tematik haritalar ve
- Düzeltilmiş fotoğraflar (orthofoto) olabilir.

Aslında *fotogrametrinin* en önemli özelliği; nesnelere *dokunulmadan* ölçümlendirilmesidir<sup>13</sup>. Diğer bir deyişle cisimlerin boyut, şekil, konum gibi geometrik özelliklerini fotoğraflar yardımıyla güvenilir ölçülerle belirleme tekniği ve bilimidir<sup>14</sup>. Bu sebeple, konu fotogrametri yerine bazı yazarlar tarafından "Uzaktan Algılama" olarak ele alınmıştır. "Uzaktan Algılama" arada fiziksel bir temas olmaksızın cisimler hakkında bilgi toplanması olarak tanımlanabilir. Bu tanım daha da genişletilecek olursa uzaktan algılama,

---

<sup>12</sup> [www.fotogrametri.50megs.com/foto1.htm](http://www.fotogrametri.50megs.com/foto1.htm) (14.02.2005).

<sup>13</sup> <http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/intro.htm> (14.02.2005); Yiğitoğlu, 2.

<sup>14</sup> Yıldız - Yakar 2001, dpn.1, 371.

arada mekanik bir temas olmaksızın bir cisimden yayılan ışının nitelik ve nicelik yönünden değerlendirilmesi ile cismin özelliklerinin uzaktan ortaya konması ve ölçülmesi şeklinde tanımlanabilir<sup>15</sup>. Esasen hava fotoğrafları ve uydu resimleriyle sınırlandırılan oldukça yeni bir konudur. Bugün, fotogrametriyi de kapsayan, buna rağmen hala “görüntü yorumlama” ile bağlantılı bir bilimdir<sup>16</sup>. Yanı sıra, “Uzaktan Algılama” uydu görüntüleri ile, yeryüzündeki büyük alanların son derece hassas bir şekilde incelenmesi olanağı verir. Ayrıca, bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler bu yöntemin gelişmesini daha da hızlandırmaktadır.

“Uzaktan Algılama”yı fotogrametrinin bir devamı olarak da görmek mümkündür. Esasen, fotogrametri de bir uzaktan algılama tekniğinden başka bir şey değildir. Nitekim Uluslararası Fotogrametri Birliği’nin adı ISP iken ISPRS olarak değiştirilmiştir. Buna paralel olarak Türkiye’deki Fotogrametri Birliği’nin adı önce TUFB iken, sonra TUFUAB olmuştur. Bu da fotogrametri ile uzaktan algılama tekniklerinin ne denli birbirine bağlı olduklarını göstermektedir<sup>17</sup>.

## 2.2. FOTOĞRAFÇILIĞIN VE FOTOGRAMETRİNİN TARİHİ GELİŞİMİ

Yaklaşık 16.yüzyılda İtalyan mimar, ressam, heykeltıraş ve bilim adamı Leonardo da Vinci “Camera Obscura<sup>18</sup>”yı tarif etmiştir (Res.1). Bu “karanlık oda” anlamına gelmektedir. Ancak, bu odanın bir yüzünde küçük bir delik vardır. Bu delikten giren ışınlar, deliğin önündeki cisimleri deliğin karşısındaki yüzeyde ters olarak yansıtırlar. Bu anlatım çizim 1’de görülen bir kamera kesiti üzerinde de gösterilmektedir. Leonardo da Vinci, aynı optik olayın gözümüz için de gerçekleştiğini açıklamıştır.

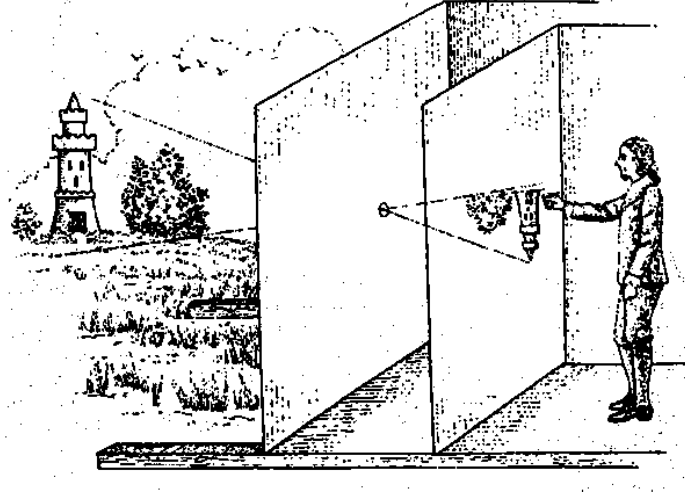
---

<sup>15</sup> Örmeci (1988) 1.

<sup>16</sup> <http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/intro.htm> (14.02.2005).

<sup>17</sup> Örüklü (1988) III.

<sup>18</sup> Camera Obscura: Kelime anlamıyla İngilizcede iğne deliği (pinhole), fotoğraf literatüründe ise karanlık oda veya karanlık kutu (camera obscura) adıyla anılan bir fotoğraf tekniğidir. Bu teknik, günümüzde hem fotoğraf makinelerinde modern biçimleriyle kullanılmakta hem de en ilkel ve basit biçimiyle bir çok alanda kullanılmaktadır. Hatta, teknoloji bu kadar gelişmeden önce, bazı üniversitelerde arkeoloji bölümü öğrencilerine ders olarak cihazın kullanılması öğretilmekte, tarihi eserlerin çizimleri bu teknik ile yapılmakta idi.



Resim 1. Camera Obscura'nın gelişimi.

1727'de J.H.Schulze gümüş tuzlarının ışığa karşı hassas olduklarını bulmuştur. Ancak o yıllarda resimleri delikli bir kamera aracılığıyla tespit etmek kimsenin aklına gelmemiştir. 1802 yılında Thomas Wedwood, şeffaf cisimlerin gümüş nitrat yardımı ile kağıt veya deri üzerine kopyalanabileceği bir yöntem bulmuştur. 1826<sup>19</sup> yılında da Niepce, ilk olarak bir fotoğraf çekme yöntemi icat etmiştir. Delikli kameraya mercek takılmış ve Daguerre'nin bulduğu emülsiyon ve banyolar sayesinde 1839'da ilk fotoğraf elde edilmiştir (Res.2).



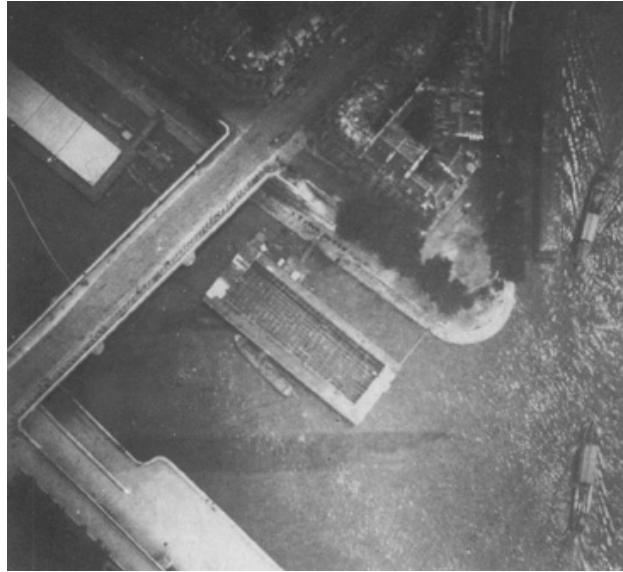
Resim 2. Fotoğraf Tarihi'nde bilinen ilk fotoğraf. Nicéphore Niepce'in 1826 yılında çektiği karşı evin çatılarını gösteren fotoğrafı.

<sup>19</sup> Polack (1958) 31.

Ancak, bu tür fotoğraf makineleri son derece kullanışsız, çok pahalı ve merceklerinin ışık geçirgenlikleri de çok zayıf idi. Bu sebeple, bir fotoğraf çekimi için 10-30 dakika poz vermek gerekiyordu.

Fotogrametrinin kurucusu olarak bilinen Fransız Albay A. Laussedat 1851-1859 yılları arasında geliştirdiği kamera ile kendisinin “Metrofotograf” diye adlandırdığı fotoğraf çiftlerini elde etmiştir.

Bu çalışmada, bir “baz” doğrusunun iki ucundan aynı objeye ait fotoğrafı çekip, önden kestirme yöntemi ile nokta-nokta değerlendirilmek suretiyle objenin bir reproduksiyonu elde edilmiştir. Yaklaşık aynı tarihlerde ve Laussedat’dan habersiz olarak, Almanya’da Meydanbauer de aynı yöntemle mimari eserlerin rölevelerini fotoğraf yardımıyla yapmaya başlamıştır. Bilinen ilk hava fotoğrafı Fransa’nın Bievre kentinde G. F. Tournachon (Nadar) tarafından 1855 yılında 80 m yükseklikteki bir balondan çekilmiştir (Res.3).



Resim 3. Nadar’ın 1855’de Saint-Louis’de balondan çektiği hava fotoğrafı.

1871 yılında İngiliz R. L. Maddox kuru emülsiyonu bulduktan sonra fotoğrafçılık daha kolay ve pratik bir hale gelmiştir. 1884’te G. W. Eastman tarafından kağıt makara, 1887’de H. Goodwin tarafından selüloz asetat makara filmlerin geliştirilmesi ile fotoğrafçılık yaygınlaşmıştır.



1903 yılında icat edilen uçağın fotoğraf çekiminde kullanılması 1909 yılına rastlamaktadır. Uçağın uçurtma ve balona kıyasla çok daha uygun bir platform olması dolayısıyla her geçen gün uzaktan algılama konusundaki kullanımı artmaktadır. Hava fotoğrafları genellikle siyah-beyaz olarak çekilmekte ancak, 1936 yılında renkli fotoğrafın bulunmasıyla zaman zaman gerektiğinde renkli hava fotoğrafları da çekilmektedir. Fotogrametrik yöntemlerle harita yapımı sırasında hava fotoğraflarının kullanımı, çeşitli mühendislik çalışmaları ve özellikle foto-yorumlama yöntemi ile doğal kaynakların bulunmasında da kullanılmakta ve böylece uzaktan algılama yönteminin en önemli verilerinden birini oluşturmaktadır.

Uzay fotoğrafçılığı ise, insanların uzaya çıkmasından yaklaşık on yıl kadar sonra 1946'da başlamıştır. II. Dünya Savaşı'nda Almanlardan alınmış V-2 roketlerinin bazıları 1946 yılında A.B.D.'de uzayın bilinmeyenlerini incelemek için gerekli donanımlarla beraber fırlatılmıştır. Bu gereçler arasında bulunan otomatik fotoğraf makinesi ile yerin 105 km üzerinden ilk kez bir fotoğraf çekilmiştir. 1955 yılında Viking-12 (ABD) roketine yerleştirilmiş bir otomatik fotoğraf makinesi de ABD'nin bazı bölgelerini 244 km yüksekten fotoğraflamıştır. 1959 yılında yine ABD'den fırlatılan bir Atlas roketinin taşıdığı fotoğraf makinesi de 1120 km yükseklikten yeryüzünün fotoğraflarını çekmiştir.

Dünya etrafında yapay uyduların yörüngeye yerleştirilmesiyle bilimsel araştırma alanında yeni bir çağ başlamıştır. Sputnik adını taşıyan ilk yapay yer uydusu (SSCB) 4 Ekim 1957 tarihinde uzaya gönderilmiştir. Ancak, yerin uzaydan otomatik fotoğraf makineleriyle fotoğraflarını çeken insansız ilk uydu Explorer-6 ismiyle 1959'da ABD tarafından gönderilmiştir.

Yer kaynaklarının araştırılması ve yeryüzünün incelenmesine katkıda bulunmak amacıyla uzaya ilk gönderilen insansız uydu, ERTS'dir. Daha sonrasında çeşitli isim değişikliklerine uğrayan ve iş görmez hale geldiğinde yenilenen bu uydunun amacı; ziraat, orman, jeoloji, su kaynakları, haritacılık gibi yer kaynaklarının araştırılmasına yöneliktir.

Bundan başka, meteorolojik amaçlar için Meteosat, NOAA ve Tiros, Deniz Bilimleri için Seasat ve Nimbus gibi daha birçok uydu, çeşitli amaçlarla uzaya gönderilmiştir. Yer kaynaklarının araştırılması ve haritacılık için önemli bir uydu da Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından Şubat 1985'te uzaya gönderilen Spot Uydusu'dur.

İlk uzay laboratuvarı olan Skylab insanlı bir uydudur ve her defasında üçer astronottan oluşan ekipler, bu uydudan yeryüzünün çeşitli fotoğraflarını çekmişleridir. Uzay araçları arasına son yıllarda Uzay Mekikleri de katılmışlardır. İlk olarak Nisan 1981'de gönderilen Colombia Uzay Mekiği (ABD) uzay tekniklerine yeni bir yön kazandırmıştır. Ancak Challenger adlı Uzay Mekiği'nin 1986 yılı başında fırlatılma sırasında yanması, bu çalışmalara bir müddet ara verilmesine neden olmuştur<sup>20</sup>.

Fotoğrafçılığın gelişimiyle birlikte pek çok alanda fotogrametri kullanılmış ve tanınmıştır. Fotoğrafçılıkla fotogrametrinin tarihi gelişimlerine kısaca değinilecek olunursa;

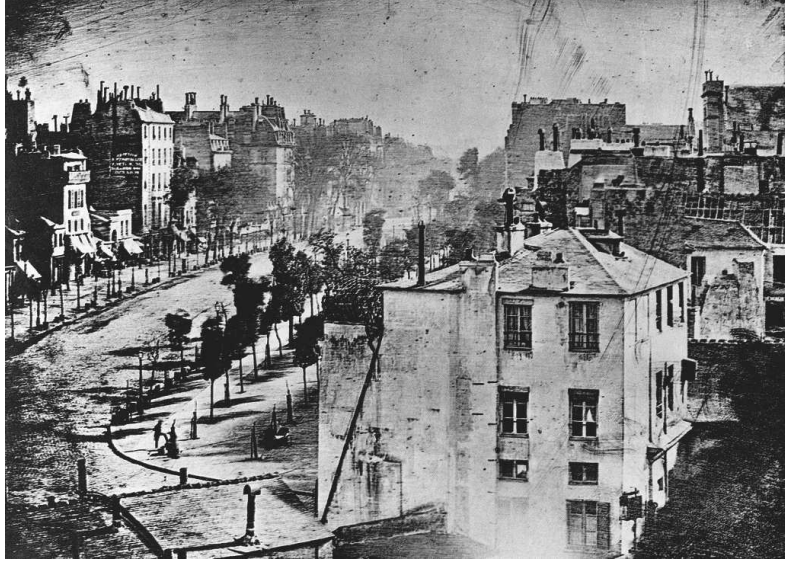
**1851:** Daguerre ve Niepce tarafından geliştirilen “Daguerreotypie<sup>21</sup>”ın (Res.4) icadından yalnızca birkaç yıl sonra, Fransız memur Aime Laussedat ilk fotogrametrik aletleri ve metotları geliştirir. O fotogrametrinin öncüsü olarak görülmektedir.

---

<sup>20</sup> Örüklü (1988) 17 v.d.

<sup>21</sup> Daguerre, Niepce'in 1933 yılında ölümünden sonra çalışmalara devam etti. Daguerre çalışmalarını yeni kimyasal maddeleri denemeye yöneltti. 1835'de civa buharından geliştirdiği yöntemle doğrudan pozitif görüntü elde etti. 1837'de kendi tekniğiyle stüdyoda sabit nesnelerin detaylı görüntülerini yüzey üzerine kayıt etti ve daha da önemlisi kayıt ettiği görüntüyü sabitleştirmeyi başardı. Daguerre'nin elde ettiği sonuç şaşılacak kadar iyiydi. Görüntünün aydınlık ve karanlık alanlarında her türlü detay vardı ve konu kusursuz bir şekilde görülüyordu. Pozlama süresi sekiz saatten birkaç dakikaya düşmüştü. Daguerre buluşuna *Dagerreyotip (Daguerreotype)* adını verdi. 7 Ocak 1839'da Fransız Bilimler Akademisi'nde Daguerreotype heyecanlı bir konuşmayla tanıtıldı. 19 Ağustos 1839 yılında da Akademi bu buluşu onayladı.

Daguerreotype'in yöntemi şöyleydi: Üzerine gümüş sürülmüş ve yüzeyi düzleştirilerek parlatılmış bakır levha, içinde iyot partikülleri bulunan bir kabın üstüne kapatılır. Kabın içinde buharlaşan iyot, bakır levha yüzeyindeki gümüşle birleşerek ışığa karşı duyarlı gümüş iyodu meydana getirir. Bu levha, fotoğraf makinesiyle 20 dakika pozlanır. Pozlama sırasında gümüş iyot üzerine gelen ışıklar, ışık alan yerlerdeki gümüş yoğunluğunu azaltır. Daguerre daha sonra pozlanmış levhayı, altından ocakla ısıtılan civa dolu bir kabın üstüne yani civa buharına tutar. Civa buharı ışık alan yerlerdeki gümüşü, ışıktan etkilenme oranına göre yavaşça azaltır ve pozitif görüntü ortaya çıkar. Daha sonra levha, sodyum hipo sülfite konularak pozlanmamış (değişmemiş) gümüş tozları levha üzerinden temizlenir. Böylece konunun az ışık alan yerleri karanlık gözüktür. Bu banyodan sonra, levha yıkanır ve kurutulur. Görüntünün ortaya çıktığı levha yüzeyi en küçük sürtünmeyle bozulacak derecede hassas olduğu için önüne bir cam konularak korunur. Daguerreotyp tekniğiyle çekilen fotoğraf tektir. Levhalarının harenlenmesi, kullanılan aygıtların ağır ve karmaşık olması da daguerreotyp çalışmalarını güçleştirmiştir; Kılıç (2002), 20-21.



Resim.4. Louis Jacques Mande DAGUERRE'nin 1839'da evinin penceresinden çektiği Paris Boulevard Caddesi. Pozlamannın uzun süreli olması nedeniyle sabit nesnelere haricindeki nesnelere görülmemesi, sadece ayakkabısını boyatmak için sabit duran adamın silüeti görülmektedir.

**1858:** Alman mimar A. Meydenbauer binaların belgelendirilmesi için fotogrametrik teknikleri geliştirir ve 1885'te ilk fotogrametri entitüsünü kurar (Prusya Krallığı Fotogrametri Enstitüsü)

**1866:** Viyanalı fizikçi Ernst Mach volumetrik ölçüleri tahmin etmek için stereoskop kullanma fikrini yayınlar.

**1885:** Antik Persepolis yıkıntıları fotogrametrik olarak kaydedilmiş ilk arkeolojik belgelerdir.

**1889:** Elle Yapılan Fotogrametri yayınlayan ilk Alman C.Koppe'tur.

**1896:** Eduard Gaston ve Daniel Deville vektörel harita çizimi için ilk stereoskopik aleti takdim ederler.

**1897/98:** Theodor Scheimpflug çiftli araştırma yöntemini icat eder.

**1901:** Pulfrich ilk “stereokomparatör<sup>22</sup>”ü tasarlar ve stereo çiftlerinden harita çizimine katkıda bulunur.

**1903:** Theodor Scheimpflug optik düzeltmelere yarayan ilk “perspektograf”ı icat eder.

**1910:** ISP, şimdiki ISPRS Avusturya’da E. Dolezal tarafından kurulur.

**1911:** Avusturyalı Th. Scheimpflug düzeltilmiş fotoğraflar yaratma yolu bulur. Hava fotoğraflarına fotogrametrik prensipleri ekleme başarısını gösteren ilk kişi olmasından beri hava fotogrametrisinin öncüsü kabul edilir.

**1913:** ISP’nin ilk kongresi Viyana’da yapılır.

**1945’e kadar:** Ölçümlendirme (metrik) kameralarının ve analog (benzer) çizim makinelerinin gelişimi

**1964:** Viyana’da Carl Zeiss, Oberkochen ve Hans Foramitti tarafından icat edilen yeni *stereometrik kamera*<sup>23</sup> sistemiyle ilk mimari testler yapılır.

**1964:** Charte de Venise<sup>24</sup>.

**1968:** Paris, Saint Mandé’de tarihsel yapılarda fotogrametri uygulamalarına ilişkin ilk uluslararası sempozyum düzenlenir.

**1970:** CIPA teşkilatı ISPRS ile birlik içinde olan ICOMOS’un uluslararası özelleşmiş komitelerinin ilkidir. İki temel eylemci Maurice Carbonell (Fransa) ve Hans Foramitti (Avusturya)’dır.

---

<sup>22</sup> Stereokomparatör: Birbirini takip eden (ardışık) bir resim çiftinin iki üyesi üzerinde de görüntülenen ve birbirine karşılık gelen noktaların koordinatlarını aynı anda ölçmek için kullanılan bir alettir. Ayrıca her bir resim taşıyıcı tablasının bir monokomparatör gibi kullanılabilme özelliği de mevcuttur. Daha fazla bilgi için bkz. Baş (1993) 41 v.d.

<sup>23</sup> “Fotogrametrinin Temelleri” konu başlığı altında, Kamera Çeşitleri içerisinde daha detaylı ele alınacaktır.

<sup>24</sup> Charte Internationale sur la Conservation et la Restauration des Monuments et des Sites.

**1970'ler:** 1957'de U. Helava tarafından ilk kullanılan analitik çizim makineleri fotogrametride devrimdir. Bu aletler daha kompleks metotları uygulamaya izin verirler: havaya ait tringülasyon, demet dengelemesi, amatör kameraların kullanımı vb.

**1980'ler:** Bilgisayar donanım ve yazılımındaki gelişmeler yüzünden dijital (sayısal) fotogrametri çok daha önem kazandı.

**1996 :** ISPRS seksen üç yıl sonra ilk konferansının düzenlendiği yer olan Viyana'ya geri döndü<sup>25</sup>.

### **2.3. FOTOGRAMETRİNİN TEMELLERİ**

Fotogrametri, fotoğraflar üzerinde yapılan ölçmelerde kullanılmaktadır. Bu teknik, cismin ayrıntılı olarak tam bir görünümünü vermesi nedeniyle son derece yararlıdır. Fotogrametrinin gelişimi, fotoğraf ölçümü, geniş kapsamlı olarak aslına uygun merkezsel izdüşümlerinin oluşturulmasına ait optik-teknik bir yöntem olan fotoğrafçılığın çıkışı ile gerçekleşmiştir<sup>26</sup>. Bu bağlamda, fotogrametrinin ilk aşaması olarak “fotoğrafçılık” kabul edilmektedir.

#### **2.3.1. FOTOGRAMETRİNİN İLK AŞAMASI – FOTOĞRAFÇILIK**

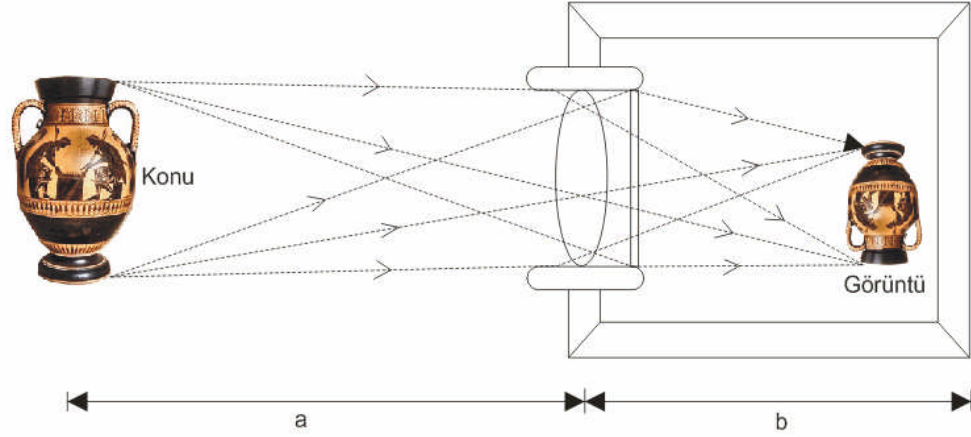
Günümüzde çok kaliteli fotoğraflar çeken kameralar ile eski delikli kameralar prensip olarak aynı yapıdadırlar. Ancak şimdiki kameralarda ayırma gücü yüksek objektifler ve ona uygun düzenekler vardır. Bunları kullanırken iyi netleştirme, doğru pozlama ve uygun emülsiyonlu filmleri kullanmak, kaliteli fotoğraf çekebilmek için şarttır. Kameranın netleştirilmesi Newton Kanunu<sup>27</sup>, na göre olur.

---

<sup>25</sup> <http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/intro.htm> (14.02.2005).

<sup>26</sup> Yiğitoğlu 2002, 2.

<sup>27</sup> Newton Kanunu: Işığın izotrop (her tarafının fiziksel özelliği aynı) ortamda doğrusal yayılmasını temel kabul eden; yansıma, kırılma ve aydınlanma olaylarını inceleyen geometrik optik içerisinde Newton, ışığı bir kaynaktan yayılan tanecikler gibi düşünüyordu. Newton'un düşünceleriyle gelişen geometrik optikle yansıma, kırılma ve aydınlanma olayları izah edilebilir. Newton'a göre ışık, kaynaktan çıkan çok küçük ağırlıksız ve bir cins ortamda doğru yolla sabit hızla yayılan esnek küreciklerden (korpüsküllerden) ibarettir. Işığın parçacık teorisi bir çok optiksel olayı kolayca açıklayabilmektedir. Bu olaylar; yansıma, kırılma ve



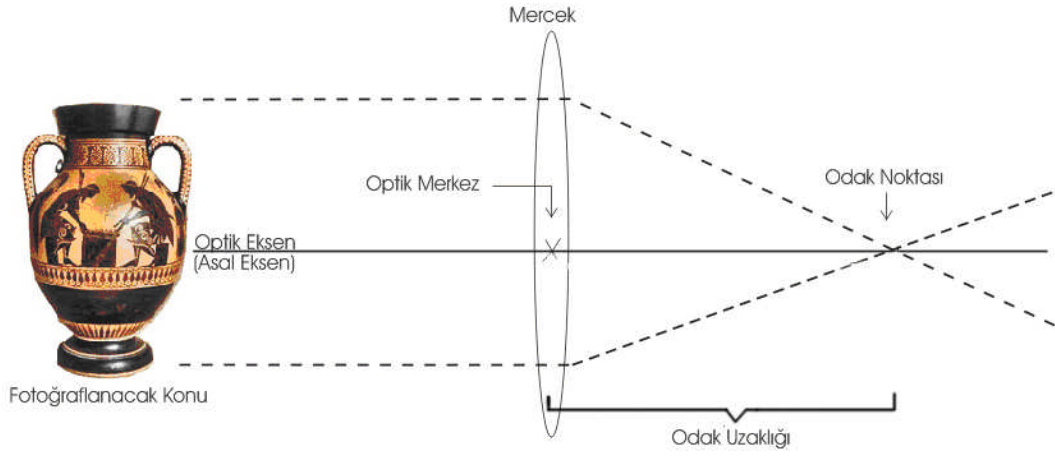
Şekil 1. Bir Kamera Kesiti

Şekil 1’de görüldüğü gibi,  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ ’dir.

Burada; a : cisim (obje) uzaklığı,

b : resim uzaklığı,

f : objektifin odak uzaklığıdır<sup>28</sup> (Şek.2).

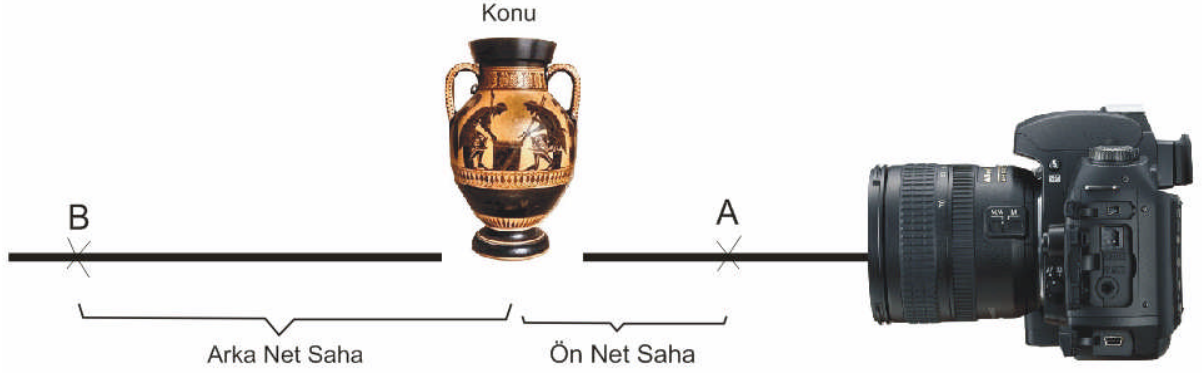


Şekil 2. Odak uzaklığını gösteren çizim.

dispersiyon (beyaz ışığın ortamdaki geçtikten sonra renklere ayrılması) şeklindedir. Parçacık teorisinde, ışığı oluşturan parçacıklar bir cins ortamda sabit hızla ve doğrular boyunca yayılır (bu Newton kanunlarıyla kolayca açıklanır).

<sup>28</sup> Objektiflerin büyük çoğunluğu birden fazla mercek içermektedir. Her mercekten değişik kırılma açıları ile geçen ışınlar son mercekten çıkınca kırılarak odak noktasında görüntüyü meydana getirirler. Objektifin son merceğinin optik merkezi ile odak noktası arasındaki uzaklığına odak uzaklığı denir; detaylı bilgi için bkz. Eryılmaz (1983) 28.

(a) değiştiğinde (f) bir kamera için sabit olduğunda (b)nin değişmesi gerekir. Bu değişme işlemi, objektif fotoğraf düzlemine göre hareket ettirilerek yapılır. Fotoğrafı çekilecek cisim, herhangi bir uzaklıkta fotoğraf düzlemi üzerinde netleştirildiğinde, cismin önünde ve arkasında yeralan bölgedeki çeşitli ayrıntılar da net bir Şekilde görüntülenir. Bu bölgeye “net alan derinliği” denir (Şek. 3)<sup>29</sup>.



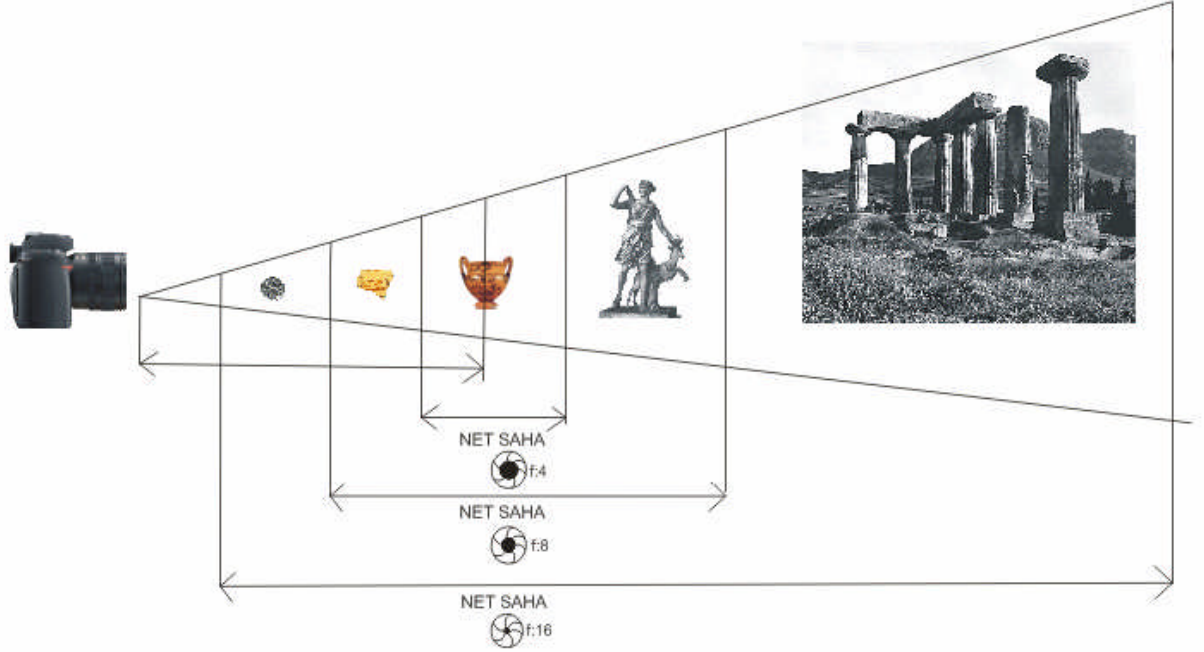
Şekil 3. Net Alan Derinliği.

Alan derinliğini etkileyen üç ana faktör vardır:

- a) Diyafram,
- b) Objektif-Konu mesafesi,
- c) Odak uzaklığı.

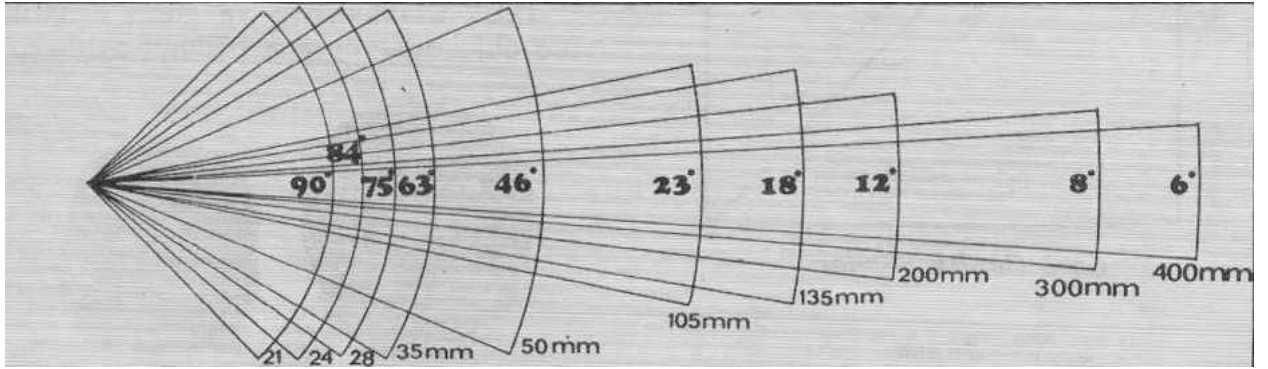
Şekil 4 incelendiğinde, diyafram rakamları arttırıldığında diyafram çapının küçüldüğü ve alan derinliğinin arttığı görülmektedir. Diyafram değeri f/4 olarak seçildiğinde net alan oldukça dardır. Oysa diyafram f/16 veya f/22 olduğunda alan derinliği büyük ölçüde artar.

<sup>29</sup> rkl (1988) 31 v.d.



Şekil 4. Diyafram ve Alan Derinliği arasındaki ilişki.

Fotoğrafı çekilecek nesne objektife ne kadar uzaksa alan derinliği o oranda artar<sup>30</sup>. Alan derinliğine etki eden son faktör ise *odak uzaklığı*dır. Bir objektifin odak uzaklığı azaldıkça milimetrekareye düşen ışık ışınlarının miktarında artış olmakta, dolayısıyla objektifin parlaklık değeri yükselmektedir.



Şekil 5. Odak Uzaklığı ile Alan Derinliği arasındaki ilişki

Şekil 5’de açıkça görüldüğü gibi kısa odak uzaklıklı objektiflerde alan derinliği artmakta; uzun odak uzaklıklı objektiflerde azalmaktadır<sup>31</sup>.

<sup>30</sup> Eryılmaz (1983) 34.

<sup>31</sup> a.g.e. 29



### 2.3.1.1. KAMERA ÇEŞİTLERİ

Fotografik bir görüntü “merkezi perspektife uygun” bir görüntüdür. Pozlanma sırasında film yüzeyine ulaşan her ışın kamera objektifi içinden geçer; tek bir nokta olarak matematiksel düşünülen bu olay “perfektife ait merkez” dir. Fotoğraflardan nesnelerin uygun ölçümlerini almak için ışık demeti yeniden oluşturulmalıdır. Bu sebeple kullanılan kameranın iç geometrisi (odak uzaklığıyla tanımlanan ana noktanın pozisyonu ve objektif distorsiyonu) tam olarak bilinmelidir. Görüntü düzlüğündeki ana noktadan koruma merkezinin mesafesi olan odak uzaklığı “ana mesafe” olarak isimlendirilir. Bu bilgiler ışığında elverişli fotogrametrik araçlar **fotografik aletler** olarak yedi kategoriye ayrılmıştır:

#### 2.3.1.1.1. Metrik Kameralar

Metrik kameralar, iç geometrileri sağlam ve tam olarak bilinen ve çok az lens distorsiyonuna sahip kameralardır. Bu sebeple, son derece pahalıdırlar. Fotoğraflar çekilirken lensin keskinleştirilememesi anlamına gelen ana mesafe sabittir. Sonuç olarak, metrik kameralar yalnızca nesneye olan mesafelerin sınırlandırılmış bir alanında kullanılabilir. Görüntü koordinat sistemi çoğunlukla kadraj içindeki emniyetli dört işaretle tanımlanmaktadır. Karasal kameralar tripodlarla ya da teodolitlerle birleştirilebilir. Havasal metrik kameralar uçaklarda çoğunlukla düz yerlere konur. Günümüzde, bunların hepsi 23x23 cm formatlı görüntülerdir (Res.5).

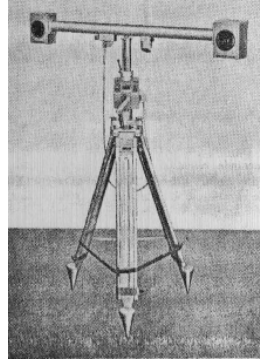


Resim 5. Rolleiflex DB44- Metrik Kamera

### 2.3.1.1.2. Stereometrik Kameralar

Eğer bir nesne farklı iki pozisyondan çekilecekse çizgiye iki oran merkezi arasında “baz” adı verilir. Eğer her iki fotoğraf aynı yönde görünüyorsa her birine paralel ve tabana (“normal durum” denilen) dik bir açıyla çekilmiştir. Sonrasında retinalarımızın iki görüntüsü gibi aynı düzleme oturtulurlar. Bu sebeple, “stereo çifti” denilen bu iki fotoğrafın kapladığı alan üç boyutlu gibi görünür.

Pratikte, bir stereo çifti iki farklı açıdan tek bir kamera ya da stereoskopik bir kamera kullanılarak üretilir. Stereoskopik bir kamera (Res. 6) temelde iki metrik kameraya dayanır. Bahsi geçen her iki metrik kamera aynı geometrik özelliklere sahiptir.<sup>32</sup>.



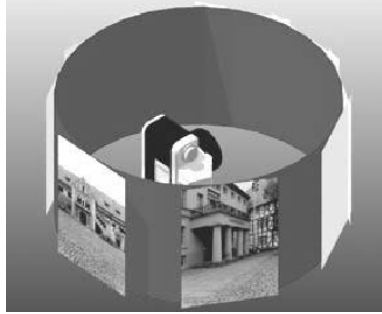
Resim 6. Zeiss SMK 120 Stereometrik Kamerası (İTÜ İnşaat Fakültesi Fotogrametri Laboratuvarı)

### 2.3.1.1.3. Panoramik Kameralar

Panoramik görüntü teknolojisi, kültürel miras kayıtlarının sunumu için yeni olanaklar sağlar. Görsel gerçekliği temel alınmış bu görüntü, geometrik bir model için gerek duyulan modelleme sürecindeki zamandan kaçınmak için anıt ve heykellerin belgelenmesinde kullanılan bir yaklaşımdır. Teknoloji, mevcut nesnelere sınırlandırmaz; modellerin görsel gerçekliği için en iyi kullanılabilen metotlar arasındadır. Panorama üretimlerinde dört temel teknik vardır. **Geleneksel** metot nesneyi uzun bir format olarak gruplar. Negatif, uzun dar bir panorama olarak basıldığında görüş alanı yine değiştirilmemiştir. APS kameralar günümüzde öyle bir görsellik sağlar.

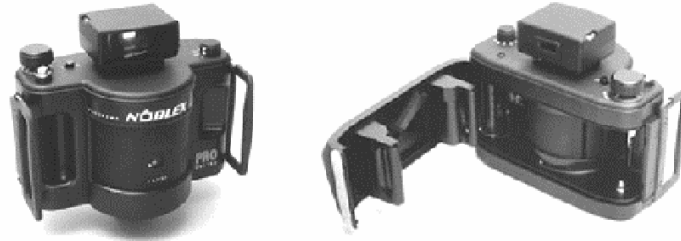
<sup>32</sup> [www.ins.itu.edu.tr/jeodezi/fotog/basics.pdf](http://www.ins.itu.edu.tr/jeodezi/fotog/basics.pdf) (13.02.2005).

Görüntülerin bir serisinde, pozlama yönü dönen bir kamerayla alınır. Görüş alanının geniş bir alanını gösteren en eski metotlardandır. Dijital görüntü teknolojinin avantajı, **bölümlenmiş** metodu bugün yaygın hale getirmiştir (Res.7). Dijital bir kamerayla çekilen fotoğraflar, görülen sahneleri sayılaştırılmış bir işlemle birleştirir.



Resim 7. Panoramik çekimlerde bölümlenmiş metodu.

180 derecelik görünen bir alan **döner lensli** bir kamerayla fotoğraflanabilir. Lens dönen bir silindirik düzenekle film düzleminde hareket eder. Pozlama sırasında lens döner ve iç taraftaki film üzerine bu pozlamayı gerçekleştirir. Bu tip bir kamera Almanya'da üretilmiştir (Res. 8).



Resim 8. Noblex marka bir panoramik fotoğraf Makinesi.

**Döner** metodunda, kamera rotasyonuna senkronize bir şekilde film dönerken yaklaşık 360 derece dönebilen bir kameraya gerek duyulur. Bu teknik hala çok yaygındır. Bir avantajı, hareket eden nesnelere hiç problemsiz kayıt etmesidir. Bölümlenmiş metotla cadde sahneleri çekilirken insanlar veya arabalar farklı zaman aralıklarında farklı pozisyonlarda görünür. İsviçre üretimi Roundshot kamera dönen kameraların bir örneğidir (Res. 9).

Noblex ve Roundshot kameraların ikisi de 220'lik film kullanır. Bu pahalı kameralar özel film tarayıcıları ve dijital sisteme gerek duyar. Çok daha ucuz çözüm ise bölümlenmiş görüntü düzeniyle bir dijital makine kullanmaktır<sup>33</sup>.

<sup>33</sup> Pomaska 1999, 1.

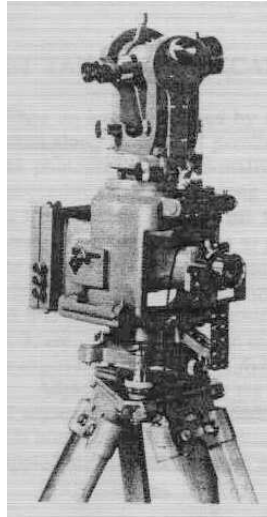


Resim 9. Roundshot marka panoramik bir fotoğraf makinesi.

Panoramik görüntüler bilginin çok güçlü taşıyıcılarıdır. Fotogrametrik uygulama açısından panoramik görüntüler ölçümlendirmelerde ve boyutlu analizlerde son derece kullanışlıdır. Ek olarak kullanılan metotlarda çoklu görüntü fotogrametrisinin, kamera ve kalibrasyonu iyi ayarlanmış malzemelerle çekildiği bilinir<sup>34</sup>.

#### 2.3.1.1.4. Fototeodolit

Kameraların çok büyük bir çeşitliliği, yersel fotoğrafların çekimi için kullanılmıştır ve elde tutulan, kesinlik için özellikle tripotlar üzerine takılan kameraların tasarlandığı bu çeşitlilik basit hobi kameralarını da kapsar. Resim 10'daki bir *fototeodolit* kamera kombinasyonudur ve teodolit yersel fotoğraf çekimlerinde tripot üzerine monte edilerek kullanılmıştır.



Resim 10. Yersel Fotoğrafçılıkta kullanılan Fototeodolit.

---

<sup>34</sup> a.g.e. 6.

### 2.3.1.1.5. Balistik Kameralar

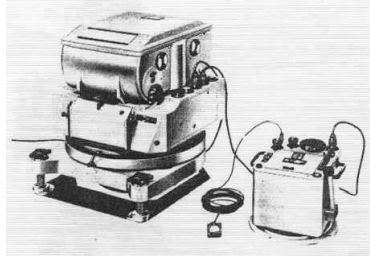
Yersel kameranın başka özel tipi, *balistik kamera*dır (Res.11). Balistik kameralar, dünya çapındaki ağ kontrol noktalarının kurulmasında ve uzak okyanus adaları, kıtalar gibi yerlerin göreceli hareketlilerin doğru tespitlerinde önemli bir rol oynar<sup>35</sup>.



Resim 11. Wild BC-4 Balistik Kamera.

### 2.3.1.1.6. Havasal Kamera

Resim 12, elektriksel kontrol mekanizması ve hava aracına yerleştirmek için monteli sistemi görülmektedir<sup>36</sup>.



Resim 12. Zeiss RMK 15/23 model elektrik kontrollü hava araçları için özel tasarlanmış Havasal Kamera

### 2.3.1.1.7. Amatör Kameralar

Fotogrametri uzmanları, “amatör bir kamera”nın iç geometrisinin “normal” ticari kameralar konusunda olduğu gibi kararlı ve güvenilir olmadığından sözederler. Bununla birlikte, bu makineler hem pahalı hem de profesyonel fotografik araçlarla geliştirilmiş teknik olarak kusursuz olabilir. Pek çok kontrol noktalı ve tekrarlanabilir bir şekilde sabitlenmiş bir kameranın kalibrasyonu bir test alanı fotoğraflama çalışmasında hesaplanabilir. Kadrajdaki dört köşe güvenilirdir. Bununla birlikte, hassaslık hiçbir zaman

---

<sup>35</sup> Wolf (1983) 4.

<sup>36</sup> a.g.e. 5.

metrik kameraların ulaştığı ölçüde değildir. Bu sebeple, amatör kameralar, yalnızca destek amaçlı kullanılmalıdır; yüksek doğruluk beklenmemelidir. Ancak fotoğraf gibi pek çok pratik konu için hiçbir şeyden daha iyi değildir ve acil durumlar için son derece kullanışlıdır<sup>37</sup>.

#### **2.3.1.1.7.1. Metrik Olmayan Amatör Kameraların Avantajları**

1. Metrik kameralara oranla çok daha ucuz oldukları için ekonomiktirler.
2. Yaygın olarak satılmakta ve kolaylıkla bulunabilmektedirler.
3. Kolay taşınabilir ve istenilen yerlere kolaylıkla götürülebilirler.
4. Değiştirilebilir objektifli olma özellikleri ve geniş alan derinliği görüntü üretiminde çeşitlilik sağlar.
5. Gelişmiş modellerinde seri çekim özellikleri mevcuttur.

#### **2.3.1.1.7.2. Metrik Olmayan Amatör Kameraların Dezavantajları**

1. Bu tür kameralar küçük boyutlu film kullanırlar. Film düzleştirme düzeni kullanılmadığından kesin bir boyut kararlılığına sahip değildirler.
2. Ana nokta bulucuları yoktur.
3. Mercekleri, yüksek mercek distorsiyonuna rağmen yüksek görüntü kararlılığında tasarlanmıştır.
4. İç yöneltme elemanları değişkendir.
5. Düzey ve yöneltme düzenleri olmadığından dış yöneltme elemanlarının bulunması önlenmiş olur.

Metrik olmayan kameraların bu sakıncaları, incelikli bir ayar işlemi ile giderilebilir. Ayarı yapılmış metrik olmayan bir kamera da bir yakın mesafe fotogrametrik veri toplama aracı olabilir<sup>38</sup>.

---

<sup>37</sup> [www.ins.itu.edu.tr/jeodezi/fotog/basics.pdf](http://www.ins.itu.edu.tr/jeodezi/fotog/basics.pdf) (13.02.2005).

<sup>38</sup> Müftüoğlu 1980, 4 v.d.

### 2.3.1.1.7.3. *Optik Sorunlar*

Karanlık bir kutunun önüne bir delik açılması ile elde edilen delikli kamera, delik büyüklüğü uygun seçildiği takdirde kullanılabilir fotoğraflar çeker. Yalnız görüntünün net olması için deliğin çok ince, parlak olması için de deliğin büyük olması gerekmektedir. İlk koşuldaki delik kenarlarındaki ışık eğilmesinin çoğalmasi ile görüntü netliğı kaybolur. O halde parlak ve net fotoğraflar elde etmek için optik araçlardan yararlanılmalıdır.

Günümüzde çekilen fotoğraflardan fazla netlik istenmektedir. Dolayısıyla bununla orantılı olarak da alım mercekleri konusundaki istekler de artmıştır. Arzî görüntü alımında küçük, rölatif açıklıklı objektifler kullanılabilir. Buna rağmen havadan çekilen fotoğraflarda, alım kameraları araziye nazaran çok daha hızlı hareket ettiklerinden daha kısa poz sürelerine, parlak fotoğraflara ve bunun sonucu olarak da büyük rölatif açıklıklı alım objektiflerine ihtiyaç duyulmaktadır<sup>39</sup>.

Bütün *görüntü yanılısamalarının*<sup>40</sup> aynı anda giderilmesi teorik ve pratik olarak imkansızdır. Değişik cam cinsinden tek tek merceklerin kombinasyonu ile yukarıdaki problemin çözümü çok uzun trigonometrik hesaplarla yapılmaktadır. Optik teorisi ve hesap

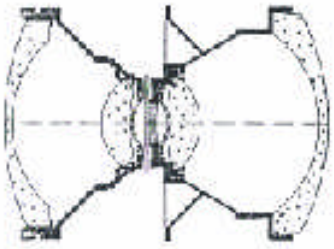
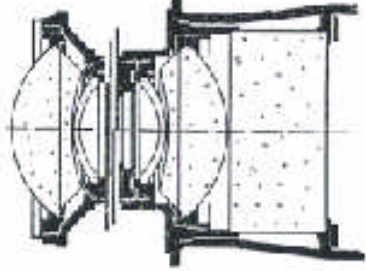
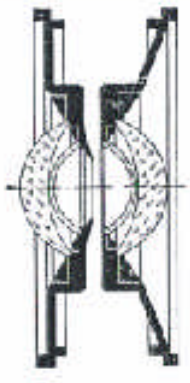
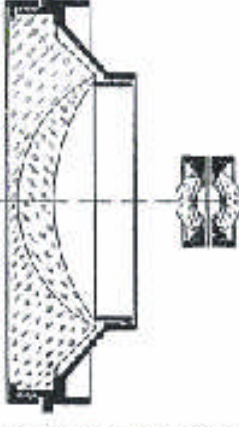

---

<sup>39</sup> Schwidefsky (1961) 30.

<sup>40</sup> Görüntü Yanılısamaları: bir cisim noktasından gelen ışık demeti basit bir yakınsak (ince kenarlı) merceğin muhtelif kısımlarından geçtikten sonra, görüntü alanında net bir nokta olarak birleşmezler. En daralmış yerlerinde bir ışık huzmesi oluşur. Bu sebeple nesnenin izdüşüm düzlemindeki kesiti nesneden farklıdır. Cisim alanında bir eksen noktasından gelen ve merceğı geçen ışınlar, görüntü alanında eksenin muhtelif noktalarında bölge bölge birleşirler. Bu *açıklık yanılması* veya *küresel uzunluk sapması* olarak isimlendirilir. Eksene dik bir cisim düzlemindeki noktalardan gelen ve eğik olarak mercekten geçen ışınlar bir nokta şeklinde birleşmeyip eksene dik iki kısa çizgi şeklinde birleşirler. Böylece bir görüntü düzlemi yerine iki eğik yüzey (görüntü kabukları) oluşur. Buna *astigmatlık* ve *resim kubbeleşmesi* denir. İzdüşüm, ince uzun ışık demetleri yerine geniş ve yaygın ışık demetleri ile meydana geliyorsa bahsi geçen çizgiler bir kuyruklu yıldız şeklini alır. Bu da *virgül yanılması* ismini alır. Farklı dalga boyundaki ışınlar, objektiften farklı uzaklıklarda ve değişik büyüklükteki görüntülerde birleşirler. Kromatik uzunluk sapması ve kromatik büyültme farkı da denilen bu durum *renk yanılması* olarak da adlandırılır. Tüm bu görüntü yanılısamaları, fotoğrafın mükemmelliğini etkilemekte ve görüntü noktalarının konumunda hata vermektedirler. Yani izdüşüm, merkezsel perspektifin matematik karakterini kaybeder. Daha detaylı bilgi için bkz. Schwidefsky (1961) 31; ayrıca a.g.e. Tablo IV, 48.

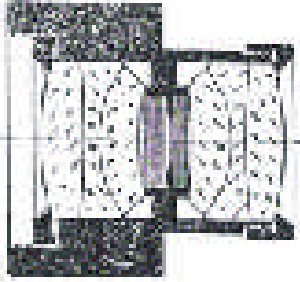
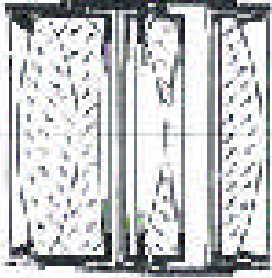
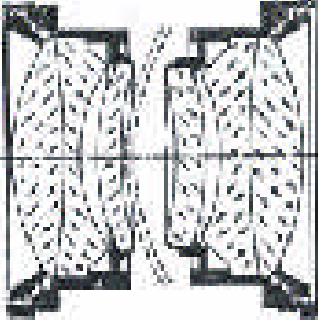
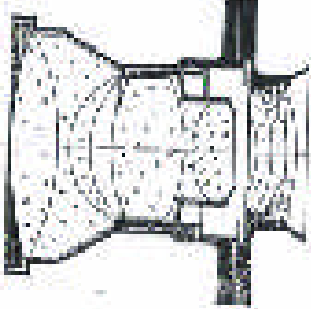
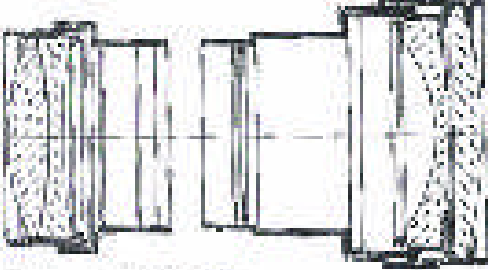
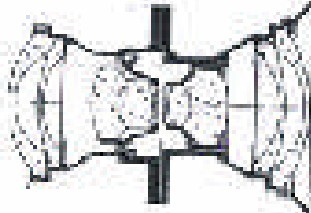
teknigi, yüksek kaliteli objektiflerin eğiklik çapları, kalınlıkları, ara mesafeleri, tek tek merceklerin cam cinsleri gibi bilgileri verebilecek durumdadır.

Özellikle yukarıda istenilen özelliklere ulaşmak için Tablo I ve II'deki merceklerle ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kendine has mercekler serbestçe veya diğerine bakan yüzleri temas edencesine bir araya getirilirler.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <p>Peogon 1:5,6 <math>f=15.3</math> cm (doğal büyük)<br/>Yeni geniş açılı objektif</p>                                  |  <p>Topar 1:4 <math>f=21</math> cm (1/3 doğal büyüklükte).<br/>Topogon tipinin normal açılı yüksek güçlü objektifi</p>  |  |
|  <p>Topogon 1:6,3 <math>f=10</math> cm (2/3 doğal büyüklükte).<br/>Havasal çekimler için ilk geniş açılı objektif.</p> |  <p>Pleon 1:8 <math>f=7.5</math> cm (1/5 doğal büyüklükte). Çok geniş açılı objektif, görüntü açısı 150 .<br/>Kuvvetli bir distorsiyonun sokulmasıyla yeknesak bir görüntü aydınlatılmasına erişilmiştir.</p> |  <p>Hypergon 1:20 <math>f=4</math> cm (1/1 doğal büyüklükte).<br/>Projeksiyon için kullanılan iki mercekli, distorsiyonsuz geniş açılı objektif</p> |

Tablo I. Mercek Çeşitleri.



|  |  |
|--|--|
|  <p>Arzi alımlar için Orthoprotar<br/>1:25, <math>f=19</math> cm<br/>(1/1 doğal büyüklükte)</p>   |  <p>Tessar 1:5, <math>f=50</math> cm<br/>(2/3 doğal büyüklükte). Tessar'ın<br/>özel bir formu. Triplet'e nazaran<br/>uzunluğu daha kısadır.</p> |
|  <p>Normal açılı havasal çekimler için<br/>Orthometar 1:4,5, <math>f=21</math> cm<br/>(2/3 doğal büyüklükte).</p>  |  <p>Wild'in Aviotar'ı 1:4,2, <math>f=21</math> cm<br/>(yaklaşık 1/4 doğal büyüklükte)</p>   |
|  <p>Telikon 1:6,3, <math>f=75</math> cm<br/>(yaklaşık 1/5 doğal büyüklükte). Çok<br/>yükseklerden yapılan havasal çekimler<br/>için, yüzeyleri yapışık olmayan (resim<br/>düzlemine kadar olan yapı uzunluğu<br/>60 cm) bir teleobjektif. Büyük odak<br/>uzaklığında yüksek görüntü kalitesi.</p> |  <p>Wild'in Aviogon'u 1:5,6, <math>f=11,5</math> cm<br/>(1/6 doğal büyüklükte). Yeni bir geniş<br/>açılı objektif</p>                          |

Tablo II. Mercek Çeşitleri.

Temas halindeki mercekler Kanada Balsamı ismi verilen bir ince tabaka ile bir diğere yapıştırılır. Açıklık diyafram düzlemi veya obtüratör düzlemi objektifin ön ve arka kısımlarını ikiye ayırır. Bu kısımlar özellikle yuvalarında yivler üzerinde oturmuş olup gerektiğinde dışarı çıkarılabilir. Her iki kısım arasındaki küçük mesafe yanılması fotoğrafın mükemmelliğini ve objektifin distorsiyonunu fark edilebilir ölçüde değiştirir. Objektifin ön ve arka kısımları simetrik, yarı simetrik veya simetrik olmayan durumda olabilirler. Havayla temas halinde olan serbest cam yüzeylerinin sayısı ile birlikte objektif içindeki refleksiyon kaybı artar. Aynı zamanda ışık ışınlarının mercek yüzeylerinde yansıması ile fotoğrafların parlaklığı azalır<sup>41</sup>. Dikkat edilecek diğere bir nokta, objektif yapısının uzunluğu arttıkça, objektif yuvasının kenarları sebebiyle giren ışık demetinin gölgelenmesinin de gittikçe artmasıdır. Böylece ışık, resim düzlemi üzerinde düzensiz bir şekilde dağılır.

Metrik olmayan kameraların en önemli eksikliği mercek distorsiyonlarının kabul edilebilir sınırları genellikle aşması ve iç yöneltme elemanlarının belirsizliğidir<sup>42</sup>. Fotogrametride diğere sapmalar görüntü kalitesini etkilerken mercek sapması doğrudan görüntünün metrik kesinliğini etkiler<sup>43</sup>. Mercek distorsiyonları ile iç yöneltme elemanlarının belirlenebilmesi için yapılan işleme “ayar” ya da “kalibrasyon” denilmektedir. Kalibrasyon ile genel bir fotografik görüntüyü değerlendirmek için gerekli verilerin yüksek bir doğrulukla elde edilme imkanı doğmaktadır.

Bir kameranın kalibrasyonunun iç yöneltme elemanları Prof.Dr. Hüseyin Gazi Baş tarafından altıya ayrılmıştır:

1. Ana Nokta
2. Ana Uzaklık
3. Işınsal (simetrik) ve Merkez Dışı Mercek Distorsiyonları
4. Film Deformasyonu
5. Afinite

---

<sup>41</sup> a.g.e. 32, dpn. 1.

<sup>42</sup> Baş (1993) 34.

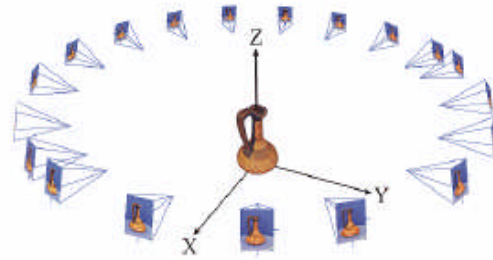
<sup>43</sup> Fregonese 2003, 275.

6. Görüntü koordinat ölçmeleri için kullanılan komparatör eksenleri arasındaki kesişme açısı<sup>44</sup>

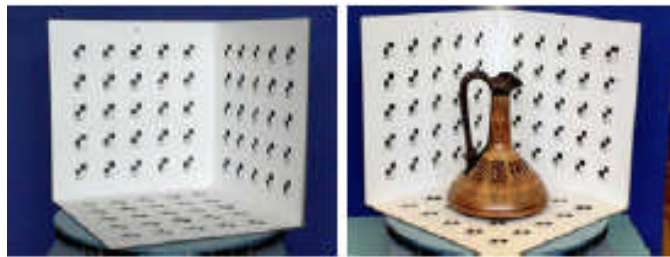
Kameranın iç yönlendirme parametrelerini hesaplamak için kalibrasyon (hesaplama) aleti kullanılır. Görüntü alınmadan önce kamera kalibre edilmelidir<sup>45</sup>. Geometrik Dönem'e ait bir vazonun kopya canlandırması<sup>46</sup> için kullanılan CCD<sup>47</sup> bir kameranın kalibrasyon ayarları sırasında vazo, mavi bir fon önüne yerleştirilmiş ve vazonun görsel gövdesini ele etmek için görüntü segmentasyonu gereklidir. Arka fon piksellerinden kullanılan nesne vazo piksellerini ayırmak için nesne, homojen mavi bir fon önüne yerleştirilir (Res.13). Daha sonra dairesel kamera hareketleriyle vazonun çoklu açılardan görüntüleri elde edilir (Şek.6). Böylece vazonun iyi görüntüsünü sağlayan ve her bir düzleminde 25 kontrol noktası bulunan 3 kare düzlemin en iyi görüntüsünü sağlayan bir kalibrasyonla algılayıcı kalibre edilir. Vazo, birkaç doğal kontrol noktasını kesin olarak tanımlamak için kalibrasyon yapısı içine yerleştirilir (Res.14).



Resim 13. Oinochoe.



Şekil 6. Vazonun belgelenme tekniği.



Resim 14. Malzemenin kalibrasyon yapısı içersine yerleştirilmesi.

<sup>44</sup> Baş (1993) 34 v.d.

<sup>45</sup> Kuzu- Sinram 2003, 2.

<sup>46</sup> a.g.e. 6.

<sup>47</sup> CCD: Bu tip kameralar üzerinde, o makinenin çözünürlüğü kadar sensör/ devre mevcuttur. Bu sensörler, o noktaya düşen ışığı piksel cinsinden dijital ortama yansıtmaktadırlar. Örneğin; beş milyon piksellik bir dijital fotoğraf makinesi üzerinde yaklaşık beş milyon adet (2560x1920) mini sensör bulunmaktadır.

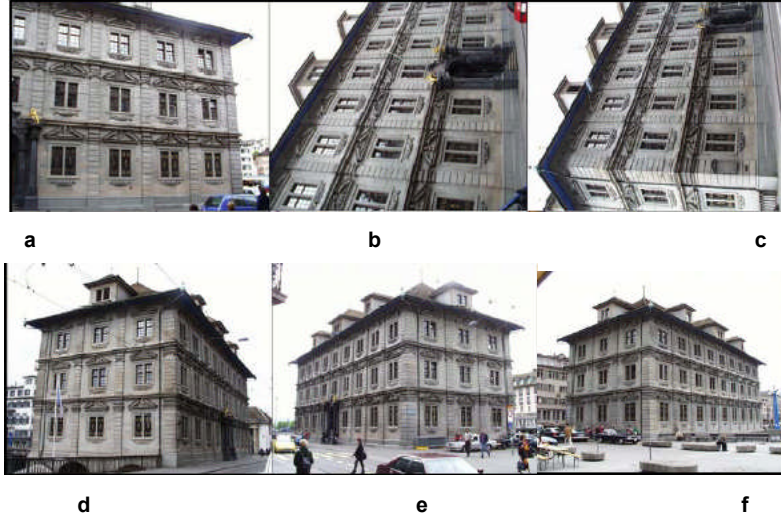
Kamera kalibrasyonu metodu, Hollanda, Delft Teknoloji Üniversitesi, Jeodezi Bölümü'nden Frank van den Heuvel tarafından üç adımda özetlenmiştir:

1. Düz görüntü çizgilerinin çıkarılması
2. Görüntü çizgilerine ait nesne yönünün bulunması
3. Paralellik ve görüntü çizgileri üzerinde dik bir şekilde yapılan baskılarla kamera parametrelerinin tahmini

İlk iki adım, otomatik olduğu kadar manuel olarak da yapılabilir. Sonraki adım ise, görüntü çizgi çıkarımı için, bir artan çizgi algoritması<sup>48</sup> ve üç baskın nesne yönlerini bulmak için kayıp nokta bulma metodu kullanılmıştır. Tahmin edilmiş parametrelerin niteliği, adım ikide yapılmış görüntü çizgilerine ait doğru bir kayıp nokta etiketlenmesine bağlıdır. Kamera parametreleri bilinmiyorsa üç ortogonal nesne alan yönlerinin kenarlarıyla uyan üç kayıp noktayı otomatik bulmak kalibre edilmiş bir kamera kullanmaktan daha kritiktir. İki faktör rol oynar. Birincisi, bilinmeyen lens distorsiyonu düz çizgi bulmayı ve görüntü alanı içindeki bir noktada bulunmuş kesişen noktaları engeller. İkincisi, bilinmeyen odak uzaklığı ve temel nokta bir veya iki kayıp noktayı bulma sonrası arama alanını sınırlamak için bunu imkansız kılar. Sonuç olarak her bir kayıp nokta, önceki bulunmuş kayıp noktalardan bağımsız bulunur. Bu prosedür, CIPA Veri Ayarı'na ait aşağıdaki beş görüntüye uygulanmıştır (Res.15). Lens distorsiyonu ilk olarak bulunmuş; bunu kamera modeli, odak uzaklığı ve temel nokta gibi diğer parametreler izlemiştir.

---

<sup>48</sup>Algoritma: Herhangi bir sorunun çözümü için izlenecek yol anlamına gelmektedir. Çözüm için yapılması gereken işlemler hiçbir alternatif yoruma izin vermeksizin sözel olarak ifade edilir. Diğer bir deyişle verilerin bilgisayara hangi çevre biriminden girileceğinin, problemin nasıl çözüleceğinin, hangi basamaklardan geçirilerek sonuç alınacağıın, sonucun nasıl ve nereye yazılacağıınn sözel olarak ifade edilmesi biçiminde tanımlanabilir.



Resim 15. CIPA görüntülerinin uygulandığı örnek çekimler.

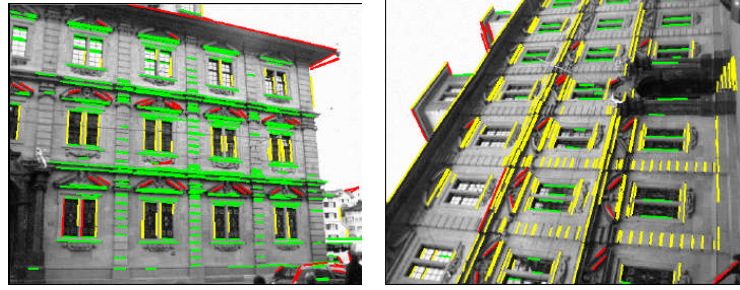
1. Binanın yalnızca tek cephesini içeren bu görüntüler için kayıp nokta bulmayla başlamak.

Bu görüntüler için, dikey nesne yönü için bir ve yatay nesne yönü için bir olmak üzere iki kayıp nokta bulunmuştur.

2. Eğer sadece iki cepheli görüntüler elde ediliyorsa dik nesne yönüne uyan kayıp nokta bulunmuş ve ona ait çizgiler lens distorsiyonu tespiti için kullanılmıştır. Bu yaklaşım, sınırlanmış kamera titremesi ve optik eksen etrafında dönüşü de kapsar.
3. Lens distorsiyon tespiti bir çizgilerin en az birini bulmuş ve etiketlemiştir. Ancak daha fazla görüntü tercih edilmektedir. Daha sonraki adım, tespit edilmiş lens distorsiyonunun gözlemlerden çıkarılmasıdır.
4. Üç kayıp nokta bulma. Üç nokta perspektif tasvirleri (Res.15c) odak uzaklığı ve temel nokta tahmini için gereklidir. Optik eksen neredeyse yatay olduğu zaman böylece, bir nokta veya iki nokta perspektife uygun kalıntılar yatay yön (kamera x ekseni) içindeki temel nokta yeri tahmin edilemez ya da sadece çok düşük hassaslıkta tahmin edilebilir.
5. Odak uzaklığı ve temel nokta tahmini yapmak çizgilerin en az birinin bulunması ve etiketlenmesi ile olur fakat tercih edilen bunun daha fazla görüntü kullanılarak yapılmasıdır.

CIPA Veri Ayarı kapsamında kamera kalibrasyonu için gerekli olan lens distorsiyonu ve odak uzaklığı ve temel nokta konularına yine Zürih'teki aynı tarihi bina

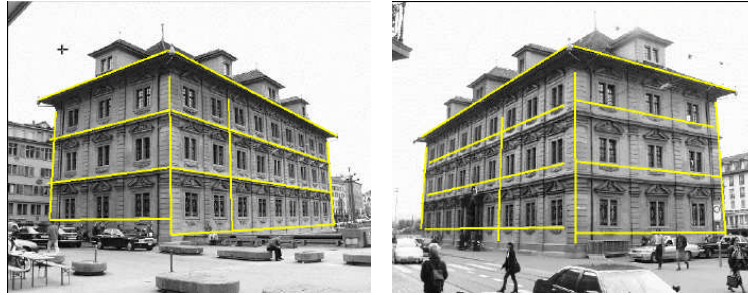
üzerinde kısaca göz atalım. Lens distorsiyonunda iki kayıp noktayı bulma binanın yalnızca tek cephesini gösteren iki görüntü üzerinde yapılmıştır (Res.15a-b). Sonuç resim16’da gösterilmiştir. Burada kayıp nokta bulmaya ait etiketlenmiş sonuçlar renkli kodlar kullanılarak görüntü çizgilerini oluşturmuşlardır.



Resim 16. Lens distorsiyonunda iki kayıp noktanın gösterilmesi.

Lens distorsiyonunun tahmini için (parametre k1) Res.16’daki çizgiler için paralel durum denklemleri kullanılmıştır. k1 için tahmin edilmiş değer  $-0.570 \times 10^{-3}$ ’tür. Bu değer, 7.0 kez onun tahmin edilmiş standart sapmasıdır ve bu sebeple önemlidir. Bir önceki standart sapma tüm deneyler için 1 piksele ( $=0.006445$  mm)’ye ayarlanmıştı.

Odak uzaklığı ve temel nokta tahmini için üç kayıp nokta çizgisi gereklidir. Çizgiler, çıkarılmış ve kayıp nokta bulunmasıyla otomatik olarak gruplanmıştır. Üstelik manuel olarak hesaplanmıştır (Res.17).



Resim 17. Üç kayıp nokta çizgisinin manuel hesaplanması.

Her bir görüntü sonucunda kullanılan tahmin edilmiş parametreler ayrı olarak tutarlı değildir (Tab. III). Özellikle tahmin edilmiş odak uzaklığındaki fark oldukça büyüktür.

|                                  | Resim 15 f        | Resim 15 e        | Resim 15 f Manuel | Resim 15 e Manuel |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Uyuşmazlık Faktörü               | 1.027             | 0.903             | 1.152             | 0.132             |
| d.o.f                            | 487               | 454               | 7                 | 7                 |
| Max. Artan<br>(mm / Piksel)      | 0.018 / 2.8       | 0.018 / 2.8       | 0.010 / 1.6       | 0.003 / 0.4       |
| Odak Uzaklığı<br>mm ( $\sigma$ ) | 8.668<br>(0.052)  | 9.663<br>(0.079)  | 8.514<br>(0.046)  | 10.092<br>(0.058) |
| Temel Nokta y<br>mm ( $\sigma$ ) | -0.200<br>(0.057) | -0.053<br>(0.067) | -0.085<br>(0.066) | 0.376<br>(0.076)  |

Tablo III. Parametrelerin Karşılaştırılması.

Temel noktanın yeri tasarıların yakın iki nokta perspektifi yüzünden x yönünde tahmin edilemezdi. Parametrelerin hassaslığı daha iyi olan manuel hesaplamalardan tahmin edilmiştir. Yine de çizgi sayısı, otomatik olarak çıkarılmış çizgi sayılarının yalnızca bir bölümüdür. Sebep, manuel olarak çıkarılmış çizgilerin uzunluğunda bulunmuştur. Bu nedenle, bundan sonra kamera kalibrasyonu için sadece manuel olarak çıkarılmış çizgiler kullanılmıştır. Bu seçimin tercih edilmesinin nedeni; binanın hesaplanmış kenarlarına dikliği ve paralelliğinin olasılıklarını sınırlamasıdır.

Tutarsızlığın kaynağı, iki görüntünün kombinasyonlarına ait manuel hesaplamaların tahmin edilen parametreler tarafından belirlenmesiydi (Tab. IV).

|                                  | Resim 15 f-e     | Resim 15 f-d     | Resim 15 e-d      |
|----------------------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Uyuşmazlık Faktörü               | 31.01            | 31.63            | 1.435             |
| d.o.f                            | 16               | 16               | 16                |
| Max. Artan (mm/piksel)           | 0.0580 / 8.8     | 0.052 / 8.1      | 0.012 / 1.8       |
| Odak Uzaklığı<br>mm ( $\sigma$ ) | 9.124<br>(0.035) | 9.234<br>(0.032) | 10.056<br>(0.037) |
| Temel Nokta y<br>mm ( $\sigma$ ) | 0.158<br>(0.048) | 0.028<br>(0.046) | 0.267<br>(0.050)  |

Tablo IV. Manuel hesaplamaların, tahmini parametreler yardımıyla belirlenmesi.

Resim 15c, sonuçları doğrulamak için tahmin içine eklenmiştir. Tablo IV'te üç görüntünün manuel hesaplamaları kullanılarak ayar sonuçlanır. Kritik değer olarak 1.8 (%5 fark seviyesi) ayarların ikisi de kabul edilmiştir. Resim 15c'nin optik eksenini etrafında 90°lik dönüş yüzünden temel nokta x eksenini zaten tanımlanabilir. Manuel çizgi

hesaplamaları lens distorsiyonu tahmini için uygun değildir. Tablo V'in son sütunundaki sonuçlar *görüntü yönü* için kullanılan kamera parametrelerinin son tahminleridir<sup>49</sup>.

Kamera kalibrasyonu bu örnekte referans veri ayarının beş görüntüsüyle yarı otomatik şekilde yapılmıştır. Tek görüntü kamera kalibrasyonuna ait sonuçların kalitesi büyük oranda görüntü özelliklerine bağlıdır. Doğru kamera kalibrasyonu için, binanın farklı göreceli yerlerinden çekilmiş çeşitli görüntülere ihtiyaç duyulmaktadır. Görüntüler arasında benzerlik gerekli değildir<sup>50</sup>.

|                                  | Resim 15 e, c, d  | Resim 15 e, c, d<br>SON |
|----------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Uyuşmazlık Faktörü               | 1.553             | 1.211                   |
| d.o.f.                           | 26                | 25                      |
| Max. Artan (mm / piksel)         | 0.0131 / 2.0      | 0.0100 / 1.6            |
| Odak Uzaklığı<br>mm ( $\sigma$ ) | 10.103<br>(0.029) | 10.116<br>(0.030)       |
| Temel Nokta x<br>mm ( $\sigma$ ) | -                 | -0.146<br>(0.146)       |
| Temel Nokta y<br>mm ( $\sigma$ ) | 0.222<br>(0.047)  | 0.220<br>(0.046)        |

Tablo V. Kamera parametrelerin son tahminleri.

Mimari belgelerde ağırlıklı olarak analog veya dijital metrik olmayan veya video-kameralar tercih edilmektedir. Bilinmeyen iç geometri özellikle geniş açı lensler dolayısıyla büyük distorsiyon miktarı için temel problemdir. Kendinden kalibre edilmiş çoklu ayar (bundle adjustment) veya 3D test-alan kalibrasyonu bu probleme açık çözümler getirebilir.

Mimari ve arkeolojik belgelerde içinde günümüz fotogrametri uygulamalarındaki en yaygın tecrübe metrik olmayan kameralarla (analog veya dijital) gerçekleştirilmektedir. Anlaşılır şekilde metrik olmayan kameraların metrik-miş gibi kullanımı (görüntü işleme araçlarında olduğu gibi analitik ve dijital fotogrametri tarafından mümkün kılınan), mimarlar, arkeologlar, restoratörler, konservatörler hatta mühendisler gibi uzman olmayan kullanıcılar arasında çok yaygındır. Metrik olmayan kameraların bu olanağı

<sup>49</sup> Van den Heuvel 2003, 2 v.d.

<sup>50</sup> a.g.e. 6.



“fotogrametrinin demokratikleşmesi” olarak adlandırılmakta ve kararlı bir faktör olarak görülmektedir.

Sıradan amatör bir kameraya gelince, neredeyse iç geometrisi ve iç yöneltme meselesi otomatik olarak önem kazanmıştır. Metrik olmayan fotoğraf makinelerinin arkeolojik ve mimari uygulamaların belgeleme sırasında önemli bir miktarını kolaylaştırdığı gerçeğini de eklemek gerekir.

Fotogrametrik literatürde ve pratikte iç yönlendirme probleminin nasıl olduğuna ilişkin çeşitli seçenekler vardır:

*Tasarı Yaklaşımının Kullanımı.* Tasarı denklemlerinin kullanımı mümkün olduğunca kameralarının iç yönlendirmesini bilmeye gerek duyan serbest kullanıcılar için gereklidir. Bunlar, 2D-2D düzeltmeler veya 2D-3D doğrudan çizgisel dönüşüm (DLT) konularıdır. İlk teknik, çok pratik bir araçtır; (neredeyse) planar nesnelere İkinci olarak derinlik içindeki önemli uzatmayla genellikle jeodezik kontrol istenirken doğal olarak sınırlanmıştır. Ve tabii ki, tasarım görüntüsü olmamasına, deformasyonlara neden olan lens distorsiyon problemi de vardır.

*Test-alan Kalibrasyonu.* Bu geleneksel kamera kalibrasyon yaklaşımıdır. Fakat, kullanıcıların kullanacakları tüm kameralar, lensler ve odak mesafeleri için doğru hedeflenmiş bir 3D test alanı oluşturduğu açıkça ifade edilir.

*Demet Dengeleme Ayar Çözümleri.* Prensipinde, geometrik olarak bir demet dengeleme durumu, özel uygulama için iyi sonuçlar üretecektir. Bununla birlikte, katı bir şekilde kontrol edilmiş çevreler içinde yapılmamışsa farklı ayarlar için yön elementleri için güçlü bir şekilde uzaklaşan değerleri verebilir.

*Daha Basit Diğer Teknikler.* Bu kalibrasyon seçenekleri arasında görüntü kayıp noktalarının kullanımından bahsedilmiştir. Kabul edilebilir sonuçlar, kullanılmış özel görüntüler (örneğin; yok edilmiş binaların tarihi fotoğrafları) için beklenebilir. Bu tekniklerin tekrarlanabilirliği genellikle oldukça nadirdir ve genel-amaçlı kalibrasyon metotları gibi sayılmaktadır.

Temel soru, analog amatör kameraların kendi görüntü koordinat sistemiyle ilgilidir. Genel olarak negatifin 4 köşeden “sabitlenmiş” görüntü sistemi gerçekten çok nadir tanımlanmıştır. Bu açıkçası, görüntü temel noktasının yeniden üretilebilirliğine doğru doğrudan bir darbedir. Böylece, pek çok konu içinde bir soru sorulabilir: eğer bu merkezin yeri kıyaslanabilir bir alandan emin olunamıyorsa “ideal” bir görüntü merkezinden bir sapmayı denemek ve tahmin etmek anlamlı mıdır? Bu düşünce, çoğunlukla pratik olarak iç yöne bağlı seçim takibini aydınlığa kavuşturur<sup>51</sup>.

### 2.3.1.2. FOTOĞRAF ÇEŞİTLERİ

Fotogrametri biliminde fotoğrafçılığın yersel ve havasal olarak iki temel sınıfı kullanılmaktadır. Yersel fotoğraflar, çoğunlukla pozlama anında pozisyon ve yönü hesaplanan yerlerde sabit kameralarla çekilir.

İstenen ya da dünyanın eğiklik açısı bilinen kameranın teodolit olanakları ve kamera pozisyonunun ve yüksekliğinin hesaplanması aynı anda yapılır. Resim 18, Resim 10’da gösterilen tipte bir kamera ile çekilmiş yersel bir fotoğrafı gösterir.



Resim 18. Yersel Fotoğraf

Balistik kameralar ise, seçilmiş bir yer istasyonuna monte edilmiş ve bir yıldız arka planına karşı yörüngede dönen yapay uyduların fotoğraflarını elde etmekte kullanılmıştır.

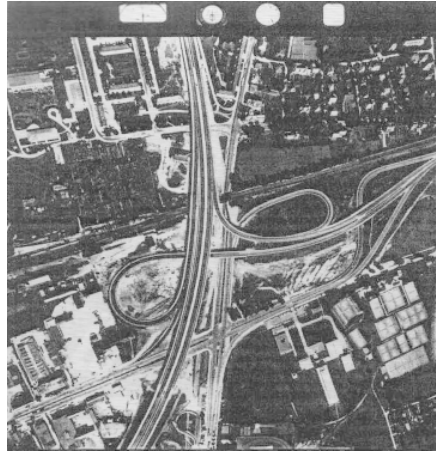
Fotoğraflar, uydu yörüngelerini, ebatı, biçimi, ve dünyanın yerçekimini ve kamera istasyonlarının kesin pozisyonlarını hesaplamayı analiz etmiştir. Bu metot, acil pozlamada

<sup>51</sup> Karras- Mavrommati 2001, 1 v.d.

fondaki yıldızların bilinen pozisyonlarıyla birlikte tam olarak bilinen kamera sabitliklerinden faydalanmıştır.

Hava fotoğrafçılığı, yaygın olarak dikey veya eğik olarak sınıflanmıştır. Dikey fotoğraflar, neredeyse dikey olarak yönetilmiş kamera eksenine çekilmişlerdir. Bir pozlama yapıldığı zaman eğer kamera eksenini kusursuzca dikey ise fotoğraf veriye paralel olabilir ve sonuçlanan fotoğraf *gerçekten dikey* şeklinde adlandırılmış olurdu. Uygulamada, kamera eksenini hava aracının kaçınılmaz sarsıntıları yüzünden nadiren kusursuzca dikey tutulur. Kamera eksenini dikey durumdayken istemeyerek sarsıldığında sonuçlanan fotoğraf *sarsıntılı fotoğraf* adını alır. Bu istenmeyen sarsıntılar genellikle 1 dereceden, nadiren de 3 dereceden daha azdır. Çoğu pratik uygulamalar için *gerçekten dikey* fotoğrafların analizinde uygun basit metotlar ciddi önemi olmayan *sarsıntılı fotoğraflarda* bile kullanılmıştır. Kesin fotogrametrik enstrümanlar ve metotlar geliştirilmiş, bununla birlikte hepsinde hiçbir kayıp olmadan kesin olan sarsıntıların özenli bir şekilde sayımı yapılmıştır.

*Dikey fotoğraf*, Resim.19’da gösterilmiştir. Bu fotoğraf Resim.12’de görülen tipteki bir kamerayla, yerden 1500 fit yükseklikten çekilmiştir.

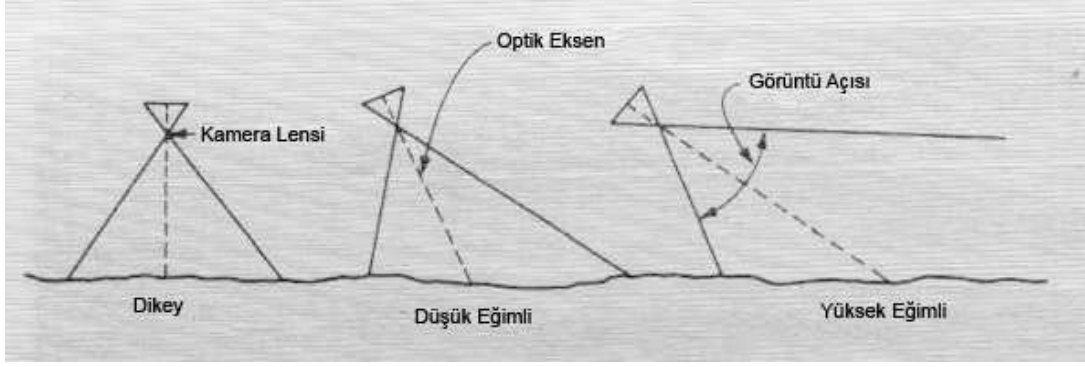


Resim 19. Dikey Hava Fotoğrafı.

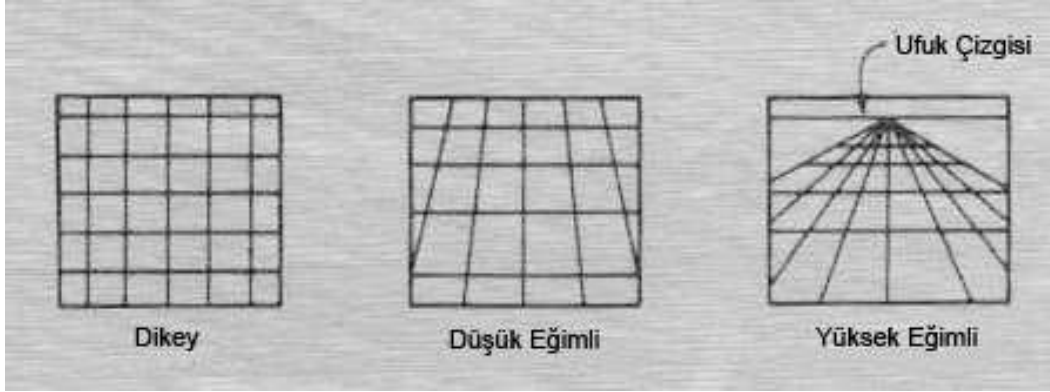
*Eğik havasal fotoğraflar*, kasten sarsılmış kamera eksenine pozlanmışlardır. Şekil 7’deki dikey, düşük eğimli ve yüksek eğimli fotoğrafçılık için kamera yönleri çizilmiştir ve bu tip fotoğrafların her birinde bir yer ağının nasıl gözüktüğü gösterilmiştir. Bu çizimlere ait fotoğraf örnekleri de Resim 20’de incelenebilir<sup>52</sup>.

---

<sup>52</sup> Wolf (1983) 3 v.d.

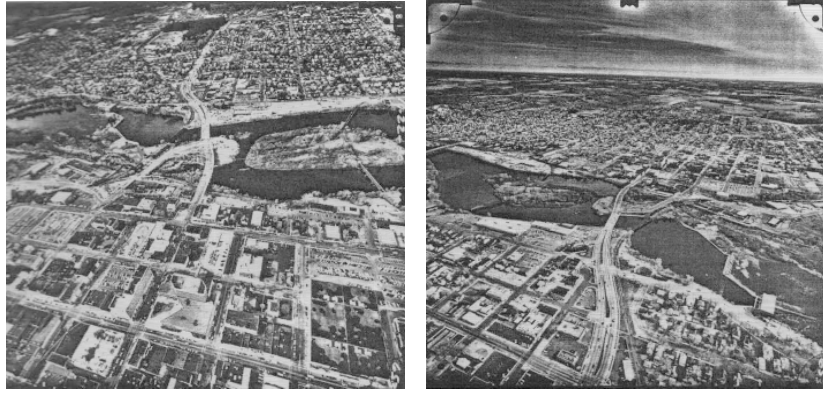


A: Havasal Fotoğraflara ait çeşitli kamera yönleri.



B: Kamera yönlerine göre rehber çizgilerin durumu.

Şekil 7. Sırasıyla aynı kamerayla çekilmiş dikey, düşük eğimli ve yüksek eğimli fotoğraflar.

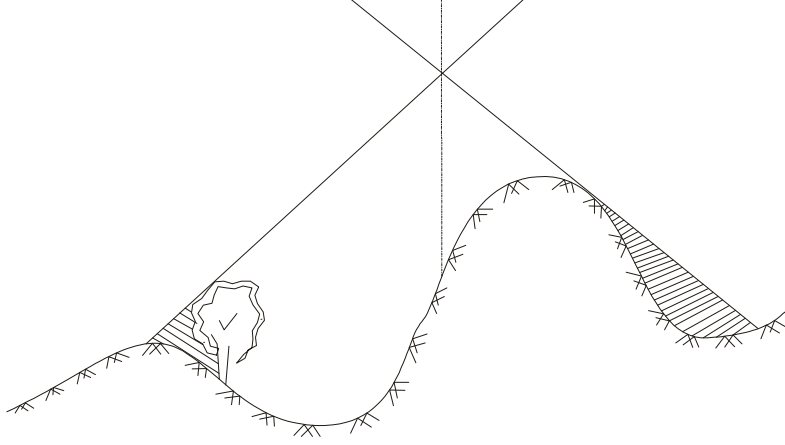


Resim 20. (Sol) Düşük eğimli fotoğraf (ufuk çizgisi gösterilmemiştir)

(Sağ) Soldaki görüntünün yüksek eğimli fotoğrafı (ufuk çizgisi görülmektedir)

Fotoğraf çekimi sırasında tespit edilmesi gereken arazi üzerindeki topografik durum fotoğraflarda ölü hacimler de yaratmaktadır. Bu ölü hacimler fotogrametrik değerlendirmeye engel olacağından fotoğraf çekim noktaları seçilirken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Şekil 8'de ölü hacimler olarak bahsedilen bölgeler, taralı alanlar ile ifade edilmiştir<sup>53</sup>.

<sup>53</sup> Ökten 1992, 17.



Şekil 8. Fotoğraf Çekimlerinde Ölü Hacimler.

Fotoğrafların son derece olağanüstü sınıflandırılması, *ekstra yersel* olarak adlandırılmıştır. Bu, uzay keşfinin bir sonucu olarak son dönemlerde ortaya çıkmıştır. Bunlar, bir uzay aracından çekilen fotoğraflardır. Aya ve yakın gezegenlere ait olağanüstü bir örnek son yıllarda elde edilmiştir. Resim 21, Apollo uzay programı sırasında çekilen yüksek eğimli ekstra yersel bir fotoğraftır. Bu, fonda yükselen dünyayla birlikte ayın görüldüğü bir kayıttır<sup>54</sup>.



Resim 21. Ay yüzeyinin ve arkada görülen dünyanın yüksek eğimli ekstra yersel bir fotoğrafı.

Fotogrametride ilk adım, istenilen şekilde resimlerin çekilmesidir. Stereo değerlendirmenin yapılabilmesi için aynı cismin farklı iki istasyon noktasından çekilmesi gerekir. Hava fotogrametrisinde çekim esnasında istenilen şartları tam olarak sağlamak mümkün olmazken yer fotogrametrisinde bunları sağlamak mümkündür. Bu sayede gerek analitik gerekse grafik değerlendirme daha basit bir şekilde yapılabilmektedir.

En önemli konu fotoğraf çekimi için uygun bir zamanın ve fotografik tekniğin seçimidir. Fotoğraf çekimi sırasında dikkat edilecek hususlar şu şekilde sıralanabilir:

<sup>54</sup> Wolf (1983) 3 v.d.

1. Seçilen çekim durumuna göre kameralar yönlendirilir.
2. Objenin ve kontrol noktalarının bütünüyle kadraj içinde yer almasına ve görüş alanında herhangi bir engel bulunmamasına dikkat edilmelidir.
3. Kontrol noktaları işaretlenir ve numaralandırılır; çekim ya da model numaraları ayarlanır.
4. Işık şiddeti ölçülür, poz verme süresi seçiminde fotografik malzemenin duyarlılığı ve kullanımına ve filtrelerin katsayısı göz önüne alınmalıdır.
5. Mono kameralarla yapılan stereo alımlarda stereoskopik görüşü engelleyecek görüntülerin oluşumuna olanak verilmemelidir.
6. Çok güneşli ve parçalı bulutlu havalarda çekim yapılmamalı, uygun zaman beklenmelidir.
7. Fotoğraf çekim akışı ve kontrolü önceden hazırlanan bir listeye göre olur. Poz vermeden önce koşullar son kez kontrol edilir ve çekim yapılır.
8. Fotoğraf çekimleri için bir çekim protokolü tutulur ve tüm bilgiler bu protokole kaydedilir.
9. Fotoğraf çekimi renkli yapılmalı ve fotoğraflar birbiriyle bindirmeli çekilmelidir.
10. Kamera metrik kamera olmalıdır. Kameranın kalibrasyon raporunda; kalibre edilmiş odak uzaklık değerleri, mercek distorsiyon değerleri ve kamerada bulunan réseau ağı noktalarının kalibre edilmiş koordinatları bulunmalıdır<sup>55</sup>.

Fotogrametrik röleve alımlarındaki değerlendirme sırasında, dijital fotogrametri yöntemi kullanılıyor ise hassasiyeti yüksek yer kontrol noktalarının homojen dağılımı son derece önemlidir. Değerlendirmeye esas olan fotoğrafların çekimlerinde;

1. Güneşin durumu dikkate alınmalıdır. Güneşin nesneyi tam aydınlattığı vakit beklenmelidir.
2. Nesnedeki tüm detaylar değerlendirilebilecek şekilde farklı açılardan ve mesafelerden (iz düşüm merkezleri, nesne yüzeyi ile aynı doğrultuda olmamak şartıyla) fotoğraf çekimleri gerçekleştirilmelidir.
3. Çekilen fotoğrafların çözünürlüğü yüksek olmalıdır<sup>56</sup>.

---

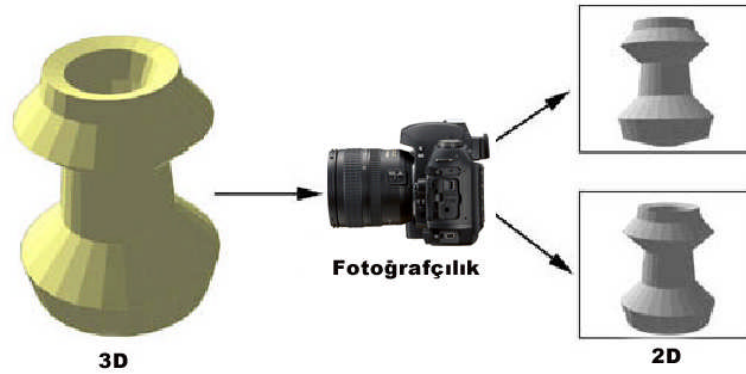
<sup>55</sup> Yiğitoğlu 2002, 40.

<sup>56</sup> Yıldız - Yakar 2001, 375 v.d.

Fotogrametrik belgeleme sırasında olağan fotografik problemlerin başında net alan derinliği ve ışıklandırma gibi konular gelmektedir. Dolayısıyla iyi bir fotogrametri incelemecisi aynı zamanda iyi bir fotoğrafçı da olmalıdır<sup>57</sup>.

### 2.3.2. FOTOGRAMETRİDE İKİNCİ ADIM – METODOLOJİ

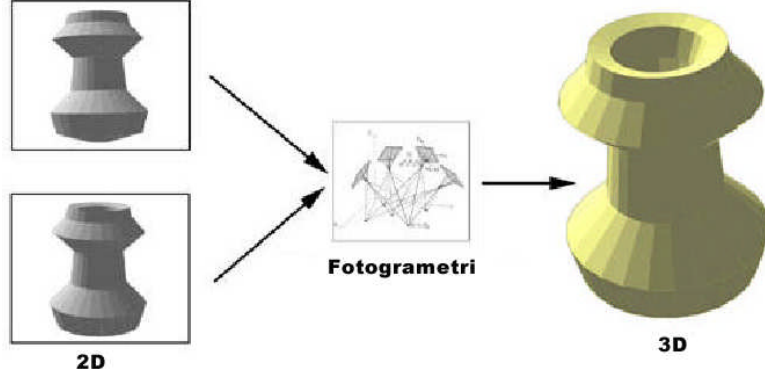
En geniş anlamıyla fotoğrafçılık gerçek üç boyutlu bir dünyadan düz iki boyutlu resimler oluşturan bir metottur. Kamera, bu dönüşümü sağlayan bir alettir. Ne yazık ki iki boyutlular üzerine tamamiyle üç boyutlu dünyayı harita olarak çizemiyoruz. Öyle ki fotoğrafçılıkta bazı bilgiler, özellikle derinlik kayıptır (Şek.9).



Şekil 9. Fotoğraf ile görüntü kaydı.

En geniş anlamıyla fotogrametri yukarıda tasvir edilen fotografik metotları tersine çevirir. Bu dönüşümler veya haritalar yani düz iki boyutlu resimler, gerçek üç boyutlu dünyayı oluşturur. Bununla birlikte bilgi fotografik metotlar içinde kaybolur. Bizler yalnızca tek bir fotoğrafla tamamen üç boyutlu dünyayı yeniden inşa edemeyiz. Üç boyutlu dünyayı inşa etmek için minimum iki farklı fotoğraf istenir.

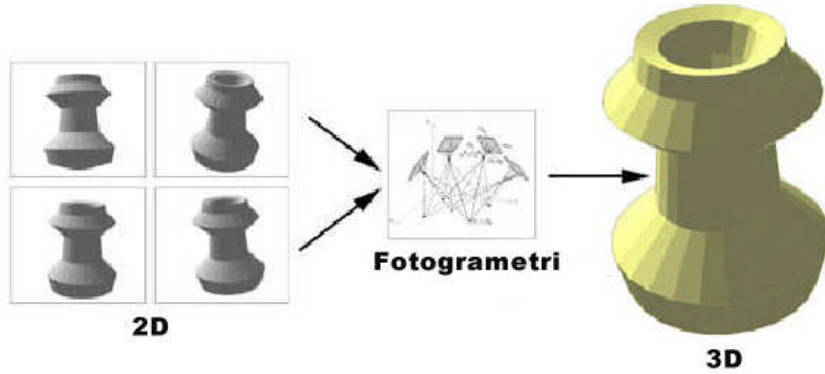
<sup>57</sup> R.C.Anderson, “Photogrammetry: the pros and cons for archaeology”, *World Archaeology*, Vol. 14, No.2, 1982, 201.



Şekil 10. Fotogrametrik Kayıtlama.

Şayet bu metot kusursuzsa iki fotoğraf, temsil edilen üç boyutlu dünyayı kusursuz bir şekilde oluşturmak için yeterli bilgiden daha fazlasıdır (Şek.10).

Ne yazık ki, fotoğrafçılık ve ölçümlendirme metodu üç boyutlu dünyanın yeniden oluşturulması için mükemmel değildir; üstelik kusurludur da. Bununla birlikte daha çok fotoğraf çekebilir ve onları metodu geliştirmek için ekstra bilgi olarak kullanabiliriz. Çoklu fotoğrafların ölçümlendirilmesinden ürettiğimiz üç boyutlu koordinatlar fotogrametrinin sonucudur (Şek.11).



Şekil 11. Çoklu fotoğraflar kullanılarak yapılan fotogrametrik kayıtlama.

Fotogrametri triyagülasyonun temel prensibini kullanır –ki bununla alandaki kesişen çizgiler, tüm üç boyutlar içindeki bir noktanın yerini hesaplamak için kullanılmışlardır. Bununla birlikte noktaların bir takımının triyagülasyon düzeni içinde biri tüm resimler için kamera duruşunu ve amaçlanan/hedeflenen açılarını (yön de denilir buna) bilmelidir. Bu kesme (resection) denilen bir metottur. Sonuç olarak kamera, hassas bir ölçümlendirme aracıdır; öyle ki tanımlanabilir ve çıkarılabilir hataları ayarlanmış olmalıdır. Sistemin çok daha güçlü özelliklerinden biri bu kamera ayarları kendinden-



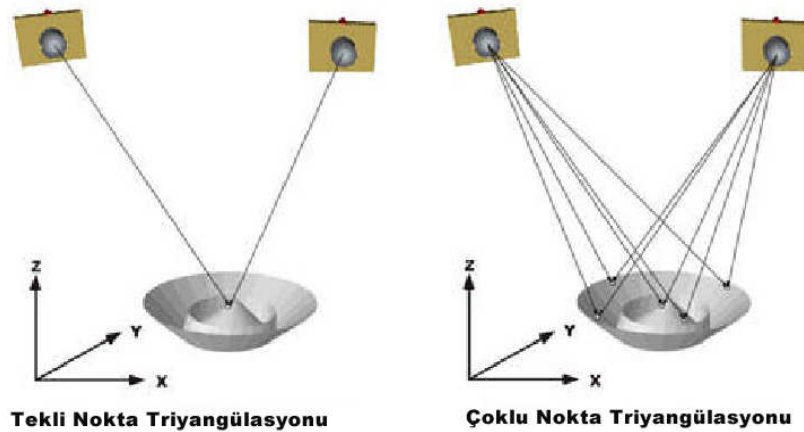
ayarlı olarak isimlendirilen bir metot ile ölçümünün bir yan-ürünü gibi üretilme yeteneğidir.

Buna rağmen bu tekniklerin her biri aynı şekilde en iyi biçimde tanımlanmıştır. Gerçekte hepsi eşzamanlı bir şekilde *Demet Dengelemesi* denilen bir metot içinde yapılmıştır.

### 2.3.2.1. TRIYANGÜLASYON / NİRENGİ

Triyagülasyon üç boyutlu nokta ölçümlerini üretmek için hem fotogrametri hem de teodolitlerle birlikte kullanılan bir prensiptir. Matematiksel olarak alan içinde bir noktada birleşip kesişen çizgiler noktanın kesin yerini belirlemiş olabilir. Bununla birlikte farklı teodolitlerin biri eşzamanlı bir şekilde nirengi noktalarının sayıları üzerinde neredeyse sınırsız zamanlarda çoklu noktaları ölçümlendirebilir.

Teodolitler konusunda iki açı, her bir teodolitten bir çizgi oluşturmak için ölçümlenmiştir. Fotogrametri konusunda bu, bu çizgiyi yapmak için ölçülenmiş resim üzerindeki hedefin iki boyutlu x, y yeridir. En az iki farklı yerden çekilen resimler ve her bir resimdeki “görüş hattı”ndaki aynı hedef ölçümü tarafından hedef, her bir kamera yerinden gelişmiştir. Şayet kamera yeri ve amaçlanan/istenen yön biliniyor ise, çizgiler matematiksel olarak hedeflenmiş her bir x, y, z nokta koordinatlarını yapmak üzere kesişmiş olabilir<sup>58</sup>(Şek.12).



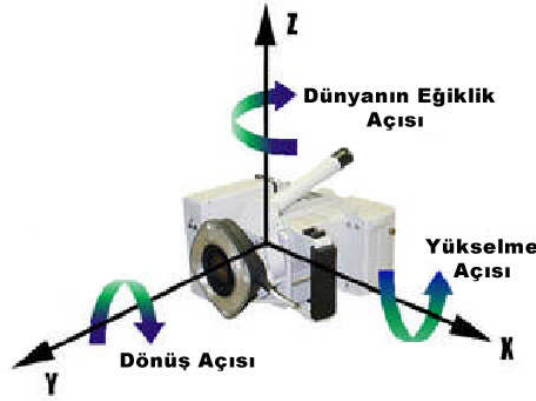
Şekil 12. Tekli ve Çoklu Nokta Triyagülasyonu.

<sup>58</sup> [www.ins.itu.edu.tr/jeodezi/fotog/basics.pdf](http://www.ins.itu.edu.tr/jeodezi/fotog/basics.pdf) (13.02.2005).

Kesme, fotoğraf çeken bir kameranın son pozisyonunu ve yönünü ayarlama metodudur. Bir bölüm almadan önce, nesne üzerinde en az dört belirli nokta görmek gerekir. Bu noktalar kameranın ilk yön tespitinde kullanılır. Güçlü bir kesme için her fotoğrafta en az on iki iyi dağılımlı noktaya ihtiyaç duyulur. Nokta sayısı kesme sonucunu kuvvetlendirmek için arttırılabilir. Daha sağlam bir çözüm için arttırılan bu noktalara “fill-in” noktalar denir.

Eğer nesne üzerinde noktaların x,y,z koordinatları biliniyorsa (bunun nasıl yapıldığı Triyagülasyon konusunda açıklanmıştı) kameranın yönünü hesaplayabiliriz. Bu, hem kameranın duruşunu hem de tespit edilen yönünü anlamak için önemlidir. Herhangi bir yöne doğrultulmuş kameranın yalnızca aynı yerde olduğunu saptamış olmak yeterli değildir.

Sonuç olarak, üç koordinatla tanımlanan ve üç açıyla belirlenen doğrultudaki kameranın duruşunu bilmemiz şarttır. Böylece üç değer bir hedef noktayı belirlemeye yaramıştır (duruşun üç koordinatı). Bir fotoğrafı tanımlamak için altı değere gerek duyulur yani duruş için üç koordinat ve tespit edilen yön için üç açı. Üç yön açısı, dünyanın eğiklik açısı, yüksekliği ve dönüşü ifade eder (Şek.13).



Şekil 13. X, Y, Z Koordinatları olarak bilinen üç yön açısı.

Kamera ve lensler en yüksek kalitede olmasına rağmen günümüzde hala hatalar vermesi dolayısıyla kesinlikle kalibre edilmelidir. Bu hataların bazıları fiziksel sebeplerle tanımlanabilir. Diğer hatalar çok daha deneyseldirler. Bu hata koşullarının tümü otomatik olarak hedef noktalarının x, y, z koordinatlarıyla birlikte çözülür ve süreç içerisindeki her fotoğrafın yönü (duruş ve belirlenen açı) **Demet Dengelemesi** olarak isimlendirilir.

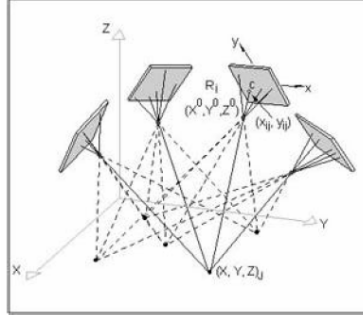
Kameraya ait hesaplamaların üretimle birlikte kalibre edilme becerisine kendiliğinden kalibrasyon denir. Bu kameranın ölçüm anında ve bu sıradaki çevresel durumlar altında (sıcaklık, nem vb.) kalibre edilmiş olduğu anlamına gelir. Bu, eski ve muhtemelen kullanımdan kalkmış laboratuvar kalibrasyonu ölçüm sırasında yapılandırılan farklı koşullar altında yapılmaktadır.

Kendiliğinden ayarlı bir kamerayla çalışılması zorunluluğuna ilişkin kesin talepler vardır. Hepsinden önce, hesaplama, dönüş çeşitliliğine sahip olmalıdır. Bu yaygın olarak bazı fotoğrafların yatay kamerayla bazılarının da dikey kamerayla çekilmesi gerektiği anlamına gelir. Yanı sıra, çekimlerin yarısı dikey, diğer bir yarısı da yatay çekilirse en iyi sonuçlar alınır. Bu eleştirel bir tutum değildir. Eleştirel yani kritik olan diğerlerinden farklı bir şekilde yaklaşık doksan derece döndürülmüş en az bir fotoğrafa sahip olmaktır. Bu yapılmazsa kamera kendiliğinden kalibre edilemez. Onun yerine daha az güvenilir ve az olan önceden kalibre edilmiş kameraya güvenmek zorunda kalınırdı.

İkinci bir talep, farklı yerlerden en az sayıda fotoğrafla ölçümler alma zorunluluğudur. Nesne iki boyutlu (nesne özellikle düz ise) ise en az altı fotoğraf veya nesne üç boyutluysa dört fotoğraf alınmalıdır. Üstelik fotoğraflar en az üç farklı noktadan çekilmelidir. İşlerin çoğu fotoğrafların en az sayıda çekilmesinden bu yana genellikle kamerayı kendiliğinden ayarlamaya gerek kalmaz. Aslına bakılırsa kendiliğinden kalibre edilmiş kamerayla yeteri kadar fotoğraf çekimi yapmak tavsiye edilir. Çünkü bu iş, çabuk ve kolaydır.

Son bir istek, her fotoğraf üzerinde tam ölçüm için iyi dağılımlı noktalara en az sayıda sahip olmaktır. Özellikle her fotoğraf üzerinde en az on iki dağılımlı nokta ve tam ölçüm için en az yirmi nokta elde edilmelidir. İyi dağılımlımın anlamı noktaların fotoğraf boyunca oldukça düzenli bir şekilde dağılmasıdır. Örneğin küçük bir alanda bir arada toplanmış elli noktadan fotoğraf boyunca düzenli dağılımlı on iki nokta çok daha iyidir. Ölçüm için bu pek çok noktaya gerek duyulmazsa veya bu noktalar iyi dağılmamışsa ölçüme noktalar eklenmesi tavsiye edilir. Görüldüğü gibi ölçüme serbestçe ekstra noktalar eklemek çok hızlı ve kolay bir işlemdir. Bir ölçüme eklenen noktalar, “fill-in” noktaları denilen kuvvetli çözüme yardım etmek içindir.

Demet Dengelemesi, ölçülü tüm noktaların son x,y,z koordinatlarını oluşturmak için fotografik ölçüm süreçleri programıdır. Bunu yapmak için hedef noktalar üçgenlere bölünmeli, fotoğraflar bölümlere ayrılmalı ve kendiliğinden kalibre edilmiş makine kullanılmalıdır.



Demet dengelemesinin gerçek gücü, bu söylenenlerin tümünün birlikte/aynı anda yapılabilmesindedir (Şek.14).

Triyngülasyon ve Kesme tanımları incelenirse bir problem ortaya çıkar. Triyngülasyon için noktalar ölçülmüştür, fotoğrafların yönünü bilmek gerekir. Bununla birlikte, fotoğraflara yön vermek için hesaplanan noktaların koordinatlarını bilmek gerekir. Demet dengelemesi kendiliğinden kalibre edilmiş kameranın yerini alma yeteneğine sahiptir. Demet dengelemesi ismi demetlerin hepsinin bir arada olmasından ve aynı anda onların tümünü çözmesinden gelir. Buna rağmen demet dengelemesi küçük bir yardıma gerek duyar. Çekilecek her fotoğraf için tek bir yöne sahip olmalıdır<sup>59</sup>.

### 2.3.2.2. TEK FOTOĞRAFTAN HARİTALANDIRMA

Yalnızca düz (2D) nesnelere için kullanılabilir. Dolaylı olarak düzeltilmek zorundaki fotoğranlanmış düz nesnelere perspektif deformasyonu gösterirler. Düzeltme işlemi geniş bir teknik sahaya sahiptir. Bunların bir kısmı son derece basittir. Bununla birlikte, bazı sınırlamalar vardır. Basit tekniklerle bile iyi sonuçlar almak için nesne, düz (örneğin bir duvar) olmalıdır ve sadece bir fotoğraf kullanıldığından dolayı haritalandırma yalnızca 2D yapılmaktadır. Düzeltme işlemi, sadece nesne düz ise ve resim nesneye dik bir

<sup>59</sup> www.ins.itu.edu.tr/jeodezi/fotog/basics.pdf (13.02.2005)

açından üretilmişse gerçekleşebilir. Eğer nesnenin en azından bir uzunluğu biliniyorsa bu konuda fotoğraf belirlenebilen benzersiz bir faktör olacaktır.

### 2.3.2.3. STEREOFOTOGRAMETRİ

Daha önce burada bahsedilen konular gibi stereo-çiftler temel ihtiyaçtır. Bunlar stereometrik kameralar kullanılarak elde edilebilir. Elimizde sadece tekli bir kamera mevcutsa farklı pozisyonlardan iki fotoğraf çekilebilir. Dikey havasal fotoğraflar, “normal olay”a çok daha yakındır. Bunlar düz görünümlü yüksekliklerden bir uçağa yerleştirilen metrik kameralar kullanılarak yapılır. Fotoğraflar çekilirken uçak, meadrik bir yolda kesin bir bölge üzerine uçar. Böylece tüm alan üst üste gelen fotoğraflarla tespit edilir. Her bir stereo-çiftinin üst üste gelen kısmı 3D görülebilir ve sonuç olarak aşağıdaki tekniklerden biri kullanılarak haritalandırılır:

#### 2.3.2.3.1. Analog

Analog metot, 1970'lere kadar başlıca kullanılan metottu<sup>60</sup>. Fotogrametrinin dayandığı temel ilke, merkezi perspektif izdüşümdür. Fotogrametrik değerlendirmenin temel ilkesi ise, merkezi izdüşüme dayalı fotografik görüntünün yeniden inşasıdır<sup>61</sup>. Basitçe açıklanmıştır; metot kayıtlı prosedürü çevirmeyi dener. Kullanılan kamerada olduğu gibi aynı geometrik özellikler taşıyan iki projektör, stereoçifte ait negatifleri oluşturur. Bu stereoçiftlerin pozisyonu daha sonra pozlama anında olduğu gibi bir diğerine doğru aynı şekilde çevrilir (=göreceli yön).

Bu adımdan sonra, her iki fotoğraftan çizilen ışık ışınları yığını bir “model” oluşturan bir diğeriyle kesişir. Sonunda, bu model ölçeği gerçek boyutlarına bağlı olmalıdır. Haritalandırılan koordinat sistemine bağlı dönüşler ve kaymalar kararlı olmak zorundadır (=kesin yön)<sup>62</sup>.

---

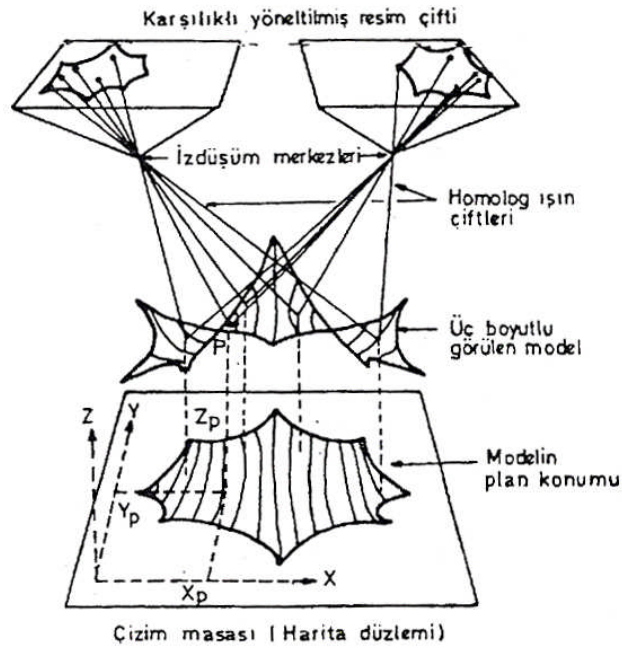
<sup>60</sup> <http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/intro.htm> (21.02.2005).

<sup>61</sup> Baş (1993) 11.

<sup>62</sup> <http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/intro.htm> (21.02.2005).

Analog yöntemin temel yaklaşımı, matematiksel izdüşüm eşitliklerini optik, mekanik veya optik-mekanik biçimde çözmektir. Böylece iç yöneltme yapılarak elde edilen ve resim çekme anındaki geometrik durumu temsil eden ışık ışını demetleri, karşılıklı yöneltme sonucunda, analog izdüşümle ve küçültülmüş bir ölçekte yeniden elde edilmektedir<sup>63</sup> (Şek. 15).

Optik model bir stereoskop ile görülebilir. Kesişen ışınlar daha sonra iz ölçer kullanılarak (bu cetvel olmamalıdır) nokta nokta ölçümlendirilmelidir. Model görüldüğünde iz hareketleri mekanik olarak bir çizim aletine geçirilir. Böylece, haritalar tasarlanır.



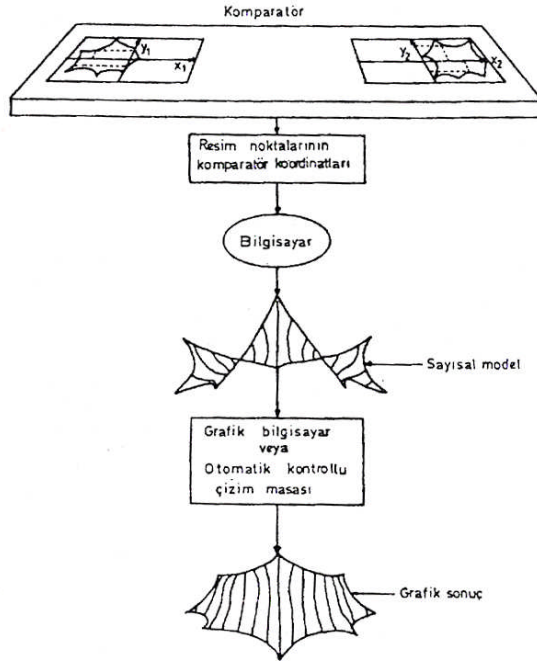
Şekil 15. Analog Yöntemin Temel Esası

<sup>63</sup> Baş (1993) 12.

### 2.3.2.3.2. Analitik

İlk analitik çizim makineleriyle 1957'de tanışılmıştır. 1970'lerden bu yana en yaygın kullanım alanına sahiptir. Bu teknik, analog enstrumanlarla yapıldığı gibidir. Ancak burada, görüntü ve reel dünya koordinatları arasındaki bağı bir bilgisayar yönetir. Stereociftin eski hale getirilmesi üç aşamada gerçekleşir:

1. Film distorsiyonunu düzeltebilen bilgisayarlar zamanında "iç yön" restorasyonundan sonra her detay, her iki resimde göreceli olarak yönlendirilir. Bu aşamadan sonra resimler, 3D içinde görülmüş olacaktır. Sonrasında 3D modelin reel dünya koordinat sistemine dönüştürüldüğü yerde kesin yön yapılır. Bunun için en az üç kontrol noktası gereklidir.
2. Yönden sonra her detay 3D içindeki stereomodelin dışında ölçülebilir. Analog enstrumana benzer model ve uygun ölçüm izi 3D içinde görülür. İz hareketleri sizin kontrolünüz altındadır. Önceki analog planlama metodundan temel farkı çizim makinesinin harita üzerinde monitör ekranlarına yada bilgisayarın veritabanında çok daha doğrudan planlama yapmamasıdır.
3. Analitik çizim makinesi ASCII dosyasında depolanabilen veya CAD programlarında dönüştürülmüş reel dünya koordinatlarını hesaplamak için bilgisayarı kullanır. Bu yolla dijital olarak saklanabilen, diğer veri ve sonradan bir ölçekle planlananlarla birleştirilmiş 3D çizimler yapılır (Şek. 16).



Şekil 16. Analitik Yöntemin Temel Esası.

### 2.3.2.3.3. Dijital

Dijital teknikler son on yıl içinde daha geniş kullanım alanı haline gelmiştir. Burada görüntüler, film üzerinde değildir; dijital olarak bir bant veya disk üzerinde depolanmıştır. Her resim ögesi (piksel) bilinen pozisyonda ve ölçülmüş şiddet değerinde yalnızca biri siyah/beyaz, diğer çeşitleri renkli ya da çoklu renkli görüntülerdir<sup>64</sup>.

Dijital fotogrametri değerlendirme sürecine radyometrik resim çekme makinesi ile analitik fotogrametride içermeyen düzeltmelere imkan sağlanmıştır. Analitik fotogrametri ile dijital fotogrametri arasındaki temel benzerlik ve ayrılıklar Tablo VI'da gösterilmektedir.

<sup>64</sup> <http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/intro.htm> (21.02.2005).



| <b>Özellik</b>                            | <b>Analitik Fotogrametri</b>                              | <b>Dijital Fotogrametri</b>  |
|---|---|--|
| Metrik görüntü                            | Analog Görüntü: Siyah-Beyaz veya Renkli                   | Dijital Görüntü: Siyah-beyaz veya Multispektral  |
| Metrik görüntülerde ölçülecek büyüklükler | Tek tek noktaların görüntü koordinatları                  | Dijital optik yoğunluk (Dx, y) veya görüntü alanlarının eşdeğer yansıyan çekimleri           |
| Ölçme işlemi                              | Operatör ile  | Operatörsüz tam otomatik   |
| Ölçme aleti                               | Analitik çizici<br>Stereokomparatör<br>Digitizer          | Algılayıcı<br>Dijital Kamera<br>Tram (raster) Tarayıcı                                       |
| Bilgi işlemek için donanım                | Analitik çizici ile entegre bilgisayar                    | İnteraktif tram gösterimli bilgisayar  |
| Semantik bilginin değerlendirilmesi       | Operatör (interaktif olarak bilgisayar grafikte destekli) | Operatör (interaktif veya yüksek otomasyonlu dijital görüntü işleme teknikleri ile destekli) |
| Geometrik bilginin değerlendirilmesi      | Merkezi izdüşüm eşitlikleri<br>$x = (X, Y, Z)$            | Cisim yüzeyinin uzay fonksiyonları<br>$x = (X, Y, Z(X, Y), D(X, Y))$ üzeri T                 |
| Radyometrik bilginin değerlendirilmesi    | Mümkün değil  | $D(X, Y) =$ cismin optik yoğunluğu   |

Tablo VI. Analitik Fotogrametri ile Dijital Fotogrametrinin Karşılaştırmalı Özellikleri

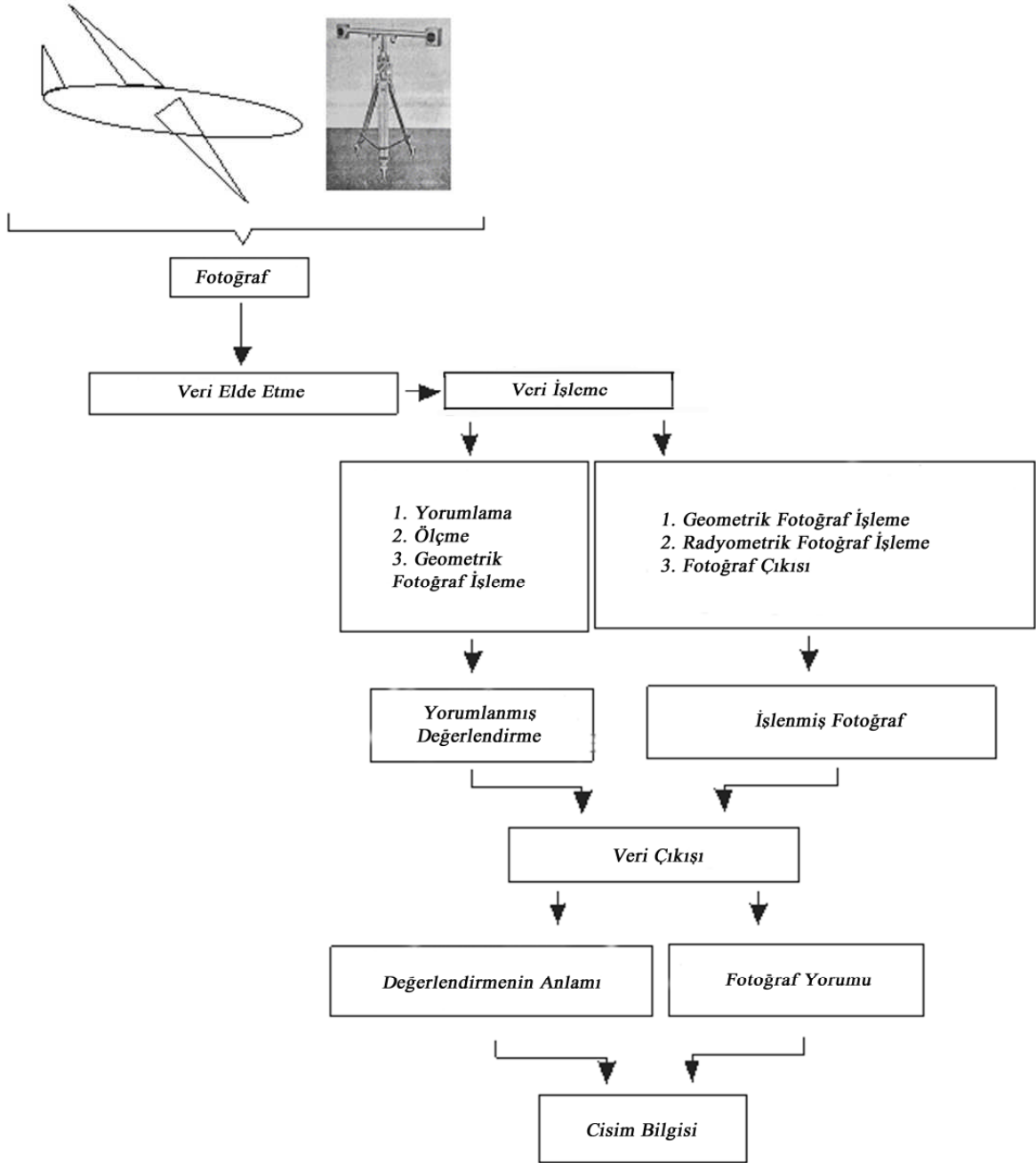
#### 2.3.2.4. ÇOK SAYIDAKİ FOTOĞRAFLARDAN HARİTALANDIRMA

3D içinde yapılabilen eski haline dönüştürme türü yalnızca analitik ve dijital fotogrametri tarafından olanaklı hale getirilmiştir. Gerekli donanım ve yazılımın durmadan daha da ucuzlamasından bu yana uygulama alanları günden güne artmıştır.

Burada, iki fotoğraftan çok daha fazlası kullanılmıştır. 3D nesnelere, ayrı pozisyonlarda fotoğrafların. Bunlar nesne etrafında en az iki (en iyisi üç) fotoğraf üzerinde görünmesi gereken bir nesne noktasının olduğu yerde saptanır. Fotoğraflar, farklı hatta amatör kameralarla ve nesne kıpırdamamak koşuluyla farklı zamanlarda bile çekilebilir.

Yukarıda söz edildiği gibi sadece analitik ya da dijital teknikler kullanılabilir. Tüm metotlarda, ilk olarak bir demet dengelemesi hesaplanmalıdır. Tüm fotoğraf bloklarının geometrisine ait kullanılan kontrol noktaları ve nirengi noktaları yüksek hassasiyetle

birlikte yeniden yapılır. Sonra, en az iki fotoğrafta istenen nesne nokta ölçümünün görüntü koordinatları kesişmiş olmalıdır. Sonuç, gerekli noktaların koordinatlarıdır. Bu yolla 3D nesnelerin tümü dijital olarak yeniden üretilir<sup>65</sup>. Fotoğraf ile fotogrametri arasındaki ilişki Şekil 17'den takip edilebilir.



Şekil 17. Fotogrametri- Fotoğraf İlişkisi / Veri Elde Etme Algoritması<sup>66</sup>.

<sup>65</sup> <http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/intro.htm> (21.02.2005).

<sup>66</sup> Ökten 1992, 2.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### KÜLTÜREL ZENGİNLİKLERİ KAYDETME VE BELGELEMEDE BAZI MODERN YAKLAŞIMLAR

Önemli yerlerin ve anıtların yaratıcı kayıtlamalarına ait süreç, yüzyıllardır, yaklaşık son elli yıldır da düzgün bir şekilde belirgin bir artışla uygulama halindedir. Özellikle II. Dünya Savaşı'ndan bu yana, pek çok ulus kültürel miraslarını korumakla daha çok ilgilenmişlerdir. Konservasyon sürecinin bir bölümü, çalışma altındaki mevcut anıt veya yerin tam olarak belgelenmesine ihtiyaç duyar. Bir yer üzerine yapılan herhangi bir çalışma o yerin karışıklığından önce fiziksel, belgelere dayalı, başka kanıtlara ve var olan yapı kayıtlarına ait hazırlanmış çalışmalar tarafından başlatılmalıdır.

#### 3.1. KÜLTÜREL MİRAS BİLİNCİ VE KÜLTÜR VARLIKLARININ BELGELENMESİNİN ÖNEMİ

Öncelikle bu projenin anahtar kavramlarından biri olan “kültürel miras”ı niteleyen “kültür” kelimesinin kısa bir tanımını yapmak uygun olacaktır. “Kültür” tanımının tartışması, binlerce yıldır zaman zaman yapılmaktadır. Kültür; binalar, tablolar ve yapılar gibi (kültürel mülkiyet de denilebilir) maddi nesnelere tarafından ifade edilebilirdi; ancak dil, dans, müzik, mutfak, gelenek, inanç, peyzaj, edebiyat, sanat, felsefe ve hatta bu yüzyılda televizyon programları gibi maddi olmayan göstergelerle de tarif edilebilir.

1954'te UNESCO'nun Genel Konferansı'nda, *Silahlı Çatışma Halinde Kültürel Mülkiyetin Korunması* üzerine uluslararası bir anlaşma benimsenmiştir. Bu “Hague Anlaşması” olarak bilinmektedir ve burada kültürel mülkiyet şöyle tanımlanır:

***“Kültürel miras her insana ait taşınır veya taşınmaz malları, mesela ister dini ister milli olsun mimari, sanat veya tarihi anıtlar; arkeolojik yerler; tarihsel veya estetik olan bina grupları; sanat eserleri; el yazmaları, kitaplar ve diğer sanatsal nesnelere; tarihi ve arkeolojik paylar; ek olarak bilimsel koleksiyonlar ve kitapların, arşivlerin veya yukarıda tanımlanmış mülkiyetlere ait röprodüksiyonların önemli koleksiyonları”***

Kültürel mülkiyet, kültürel mirastan bağımsız değildir. Bu çok daha somuttur ve fotoğraflanabilen ve bu sebeple kayıt edilebilen fiziksel nesnelere oluşturur<sup>67</sup>.

Üzerinde yaşadığımız dünya tarihin her döneminde savaflara, yıkımlara ve katliamlara sahne olmuştur. Yaşanan bu olumsuz hadiselerden en çok da doğal ve kültürel miras zarar görmüştür. Özellikle 20. yüzyılda yaşanan iki büyük savaş bunların en acımasızı olarak tarihe geçmiştir. Bu savaflardan milyonlarca insan hayatını kaybetmiş, açlık ve sefalet içerisinde kalmış, yerinden yurdundan olmuş ve bunlara bağlantılı olarak; tarihin farklı dönemlerine ait birçok kültür varlığı yok olmuş ya da illegal yollarla el değiştirmiştir. Bu savafların sonucunda dünya üzerinde yer alan devletlerden ortak hareket etme bilinci doğmuştur. İşte bu bilincin sonunda 1945 yılında *Birleşmiş Milletler Örgütü* kurulmuştur.

Elli bir üye devletin 24 Ekim 1945'te imzaladığı anlaşmayla; Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), BM Çevre Sorunları Programı (UNEP), Uluslararası Havacılık Örgütü (ICAO), Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), BM Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) gibi bir çok alt birime sahip olan Birleşmiş Milletler Örgütü'nün çalışma sistemi; dünya üzerindeki her probleme -kültür varlıkları dahil- üye devletlerle hareket ederek ortak bir çözüm bulmaktır.

Türkiye'nin de 20 Mayıs 1946 tarihinde üye olduğu Birleşmiş Milletler'in bir alt birimi olan UNESCO'nun amacı ise; eğitim, bilim ve kültür alanında yoğun çalışmalar yaparak, uluslararası işbirliğine katkıda bulunmaktır. Örgütün çalışma alanlarından bir tanesi de insanlığa ait kültür değerlerine sahip çıkmak ve yok olmalarını engellemektir.

Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü Genel Konferansı, 17 Ekim- 21 Kasım 1972 tarihleri arasında Paris'te toplanan 17. Oturumunda "DÜNYA KÜLTÜREL VE DOĞAL MİRASININ KORUNMASINA DAİR SÖZLEŞME"sini 16 Kasım 1972 tarihinde kabul etmiştir. 14 Nisan 1982 tarih ve 2658 Sayılı Kanunla katılmamız uygun bulunan bu sözleşme, 23.05.1982 tarih ve 8/4788 Sayılı Bakanlar Kurulu Kararıyla onaylanarak, 14.02.1983 tarih ve 17959 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmıştır. Bu sözleşmenin amaçları bakımından aşağıdakiler 'kültürel miras' sayılacaktır:

---

<sup>67</sup> Ogleby 1995, 8 v.d.

Amıtlar: Tarih, sanat veya bilim açısından istisnai evrensel değerdeki mimari eserler, heykel ve resim alanındaki şaheserler, arkeolojik nitelikteki element veya yapılar, kitabeler, mağaralar ve element kombinasyonları.

Yapı toplulukları: Mimarileri, uyumlulukları veya arazi üzerindeki yerleri nedeniyle tarih, sanat veya bilim açısından istisnai değere sahip ayrı veya birleşik yapı toplulukları.

Sitler : Tarihsel, estetik, etnolojik veya antropolojik bakımdan istisnai evrensel değeri olan insan ürünü eserler veya doğa ve insanın ortak eserleri ve arkeolojik siteleri kapsayan alanlar.<sup>68</sup>

1994 yılında Japonya'da yapılan Nara Konferansı sonucunda hazırlanan Nara Belgesi'nde Venedik Tüzüğü'nde vurgulanan Kültürel Mirasa ait "özgünlük", değerlerin en vazgeçilmez belirleyici etkeni olarak ortaya çıkmaktadır. "Özgünlük hakkında Nara Belgesi" 1964 Venedik Tüzüğü'nün ruhuna uygun olarak hazırlanmış; bu belge üzerine kurulmuş ve çağdaş dünyamızın kültürel miras anlayış ve ilgisinin genişleyen bakış açılarına göre onun kapsamını büyütüştür. Özgünlük kavramı, Nara Belgesi'nde "kültürel mirasın doğasına ve bunun kültürel bağlamına dayanarak, çok çeşitli bilgi kaynaklarının değerleriyle ilişkilendirilebilir; biçim ve tasarım, malzeme ve (madde) özdek, kullanım ve işlev, gelenekler ve teknikler, konum ve çerçeve, anlam (ruh) ve duyu, diğer içsel ve dışsal girdiler bu kaynakların çeşitli yönlerini oluşturur. Bu kaynakların kullanımı, incelenen kültürel varlığının kendine özgü sanatsal, tarihsel, sosyal ve bilimsel boyutlarının zenginleşmesine olanak sağlar" şeklinde açıklanmaktadır<sup>69</sup>. Kültürel Miras; tarihsel, arkeolojik, mimari, teknolojik, estetik, bilimsel, dini, sosyal, insan aktivitesiyle ilgili geleneksel veya özel kültürel öneme sahip olan anlamına gelir<sup>70</sup>.

Ülkemizde arkeolojinin diğer bilim dallarına göre ayrıcalıklı bir yeri vardır. Diğer pek çok bilim dallarından ziyade özellikle arkeoloji alanında sesimizi dünyaya duyurma nedenimiz yalnızca topraklarımızın geçmiş dönemlere ait kalıntılarla dolu olması değildir. Zira ülkemiz dünyada arkeolojik zenginliği olan tek ülke olmadığı gibi ülkemize özgü tek

<sup>68</sup> <http://www.ogm.gov.tr/yukle/bem.doc> (24.09.2005).

<sup>69</sup> <http://66.249.93.104/search?q=cache:4Z0eDecUr18J:www.mimarlarodasi.org.tr/mimarlikdergisi/index.cfm%3Fsayfa%3Dmimarlik%26DergiSayi%3D8%26RecID%3D213+nara+belgesi&hl=tr> (24.09.2005).

<sup>70</sup> Yeh 2003, 757.

varlık da arkeoloji değildir. Türk arkeolojisi bu ayrıcalıklı yerini, temelinde Osman Hamdi Bey gibi, çağının çok ötesinde ileri görüşe sahip dinamik bir kişiliğin bulunmasına borçludur. Osman Hamdi Bey, sayılı birkaç ülke dışında, geçmişe karşı ilginin hemen hemen hiç olmadığı bir dönemde, ulusal arkeoloji ve korumacılık gibi yeni kavramları getirmiş, Türk arkeolojisinin çok sağlam temeller üzerine kurulmasını sağlamıştır. Türk Arkeolojisi, Osman Hamdi Bey'den almış olduğu bu itici güç ile, yakın zamanlara kadar, bilim dünyasında saygın ve önemli bir yere sahip olmuş; bazı Batılı ülkeler bir yana bırakılırsa, iyi yetişmiş arkeolog sayısı ve üretilen bilimsel çalışmalar bakımından öncü durumunu koruyabilmiştir<sup>71</sup>.

Osman Hamdi Bey geleneğinin en önemli ve genellikle göz ardı edilen yönü, korumacılığa dönük ulusal bir arkeoloji oluştururken, geçmişe ait izleri dünya ortak kültür mirasının bir parçası olarak görmesidir. Bütün bunlar Türk arkeolojisinde bir gelenek oluşturmuş, diğer az gelişmiş ülkelerden farklı bir yapının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Cumhuriyet'in ilk dönemlerinde, devletin en fakir ve uğraşacak çok daha temel sorunlarının olduğu bir dönemde, kültür mirasının korunması bir devlet politikası olarak alınmış, devletin malî yönden en sıkıntılı olduğu süreç içerisinde bile çok sayıda öğrenci, arkeoloji eğitimi için devlet bursu ile yurt dışına gönderilmiştir. Anadolu'nun araştırılması, kültür mirasının korunması, mevcut kadroların özverisi ile sağlanmıştır<sup>72</sup>.

Türkiye, dünya kültür mirasının çok önemli bir bölümüne sahip<sup>73</sup> ender ülkelerden biridir. Anadolu şehirlerindeki uygarlıkların kalan izleri tarih öncesinden modern zamana kadar tarihsel bir miras olarak bizlere kalmıştır. Bu sebeple böylesi zenginlikleri korumak ve kalan bu değerleri hak eden gelecek nesillere bırakmak gerekir. Bu değerleri koruma yöntemleri, modern teknoloji ile kolaylaşmıştır. Kullanılan bu metotlar, verimliliğini ve koruma sürecinin etkisini arttırmak için bize imkan verir. Mimarlıktan başka disiplinlerde kullanılan ileri teknolojiler ve farklı alanlar arasındaki işbirlikleri ile kültürel mirasın geleceği, tarihsel nesnelere ve bölgeleri korumak için garanti altına alınabilir. Bu nesnelere ve şehirleri korumak için nesnelere ve şehirlerin gerekli teknik belgelerini içeren planları

---

<sup>71</sup>Özdoğan (2001) 15.

<sup>72</sup> a.g.e. 20.

<sup>73</sup> a.g.e. 28.

ve işleri organize etmek için bu gereklidir. Bu belgelemeler yardımıyla bu nesnelere ve şehirlerin arzu edilen bilgilerine ulaşma imkanı olacaktır<sup>74</sup>.

Kültürel anıt ve insan yapılarını kayıtlamada fotogrametrinin kullanımı, Ogleby ve Rivett'de (1985), CIPA ve ISPRS'in V. Komisyonu'nda belgelenmiştir. Komisyon V, ISPRS'in yalnızca mimari ve arkeolojide fotogrametri uygulamalarıyla ilgili bir çalışma grubudur. Anıtların kayıtlamaları üzerine fotogrametri uygulamasının uzun bir ilgisi vardır. Aslında "fotogrametri" denilen bilimsel yöntem, teknoloji rutin olarak topografik haritalandırmaya uygulanmadan önce uzun zaman mimari hazineleri belgelemek için kullanılmıştı.

Fotogrametri, belgeleme ihtiyacını karşılamak için zaman zaman dünya çapında kullanılmıştır ve fotogrametri teknolojileri potansiyel ve güncel uygulama alanlarında artmıştır. Bu başlık altında kültürel mirası kaydetme ve belgelemede özellikle fotogrametri kayıtlama işlemlerinin kullanımı üzerine odaklanılacaktır.

Teknik gelişmeden yaklaşık son on yıla kadar kültürel bir anıtın fotogrametrik bir kaydını elde etmede geleneksel yaklaşım, paralel kamera eksenleri ve dik bir kamera yönüyle "normal bir konu"yu yani stereo çiftleri oluşturdu. Kameralar, genellikle yüzey üzerine yerleştirilmişti ve operatör, teodolitlere ya da mekanik olarak zorunlu kamera taşıyıcılarına benzeyen noktalama simgelerinin kullanımıyla fotoğrafların her bir yönü üzerinde kontrolün büyük bir miktarına sahiptir. Kameralar, cam kaplar veya vakum arkalıklara benzer güvenilir işaretleri, sabit odaklı lensleri ve film düzleştiren aletleri içeren sıkı bir zorunlulukla birlikte hava etüt kameralarından daha küçüktür. Onlar, genellikle geniş, kullanışsız ve pahalıdır fakat stereo çizim makineleri üzerinde ölçülü çizimler üretmek için kullanılan mükemmel fotoğraflar üretir<sup>75</sup> (Şek.18 ve 19).

---

<sup>74</sup> Toz- Duran 2004, 1.

<sup>75</sup> Ogleby 1995, 9.



Şekil 18. Profesyonel Odalar, Melbourne Şekil 19. Gizli-dinsel Botbot Oda Cephesi, Papua Yeni Gine

### 3.2. KÜLTÜR VARLIKLARININ BELGELEME YÖNTEMLERİ

Kültürel miras nesnelерinin belgelenmesi kendi içinde bir son değildir fakat bir araç olarak erişilebilir bilgiye ulaşmak için onlara hizmet eder. Bu bilgi transferinin gerekliliği için farklı sebepler bulunabilir:

- Nesne ilgili bölümlere erişilebilir değildir (misal; mağaralardaki kaya boyamaları)
- Gözden kaçan nesne çok geniş veya çok karışıktır ve sahip olduğu araştırmayı uygulamak için çok zaman harcanacaktır.
- Nesne (veya onun yalnızca küçük bir kısmı) kendi bulunduğu orijinal yerinde kısa bir süre içerisinde görülebilir (arkeolojik araştırmalarda ya da sivil mühendislik projeleri sırasındaki kazıp çıkarılanlarda olduğu gibi).
- Nesneden uzak yaşayan kişiler onu ziyaret etmek için uygun olmayabilirler.
- Nesne çevresel faktörlerin ya da ani yok olma tehlikesindedir (depremler ve diğer doğal felaketler, savaş veya Vandalizm).

Kültürel miras nesneleri, farklı doğa, ebat ve karmaşıklığa ait çok geniş bir çeşitlilik oluşturur. Böylece, onları sistematik bir şekilde gruplamak pek de kolay değildir. Rosvall tarafından açıklanan “konservasyon alt sistemleri” ile bu sistem içerisinde alınan ölçümler arasındaki ilişki Lagerqvist tarafından yayımlanmıştır:



- Etrafi sarılan doğal çevre; global bir sistem:
- Sıradan manzaralar tarafından oluşturulanlar:
- Kültürel manzaralar:
- Bulduğumuz bina çevreleri:
- Oluşturulan şehirler ve şehir ağları:
- İskeleti olan binalar ve diğer üç boyutlu yapılar:
- İnsan yapıları

Bunlara rağmen her nesne, aynı alt sistemle tespit edilebilmekle birlikte tamamiyle farklı bir belgeleme metoduna da ihtiyaç duyabilir. Bu, kültürel miras belgelemesinin uğraşısıdır. Fakat diğer yandan, çözümler yetersiz de kalabilir.

Kültür varlıkları her zaman insan üretimidir. Bütün zamanlarda insan, yerleşimleri, istihkamları ve tapınım yerleri için yer seçtiği zaman belirli coğrafik ve topografik faktörlerin avantajını kullanır. Böylece, belgeleme, her zaman hem nesnenin kendi tanımını hem de çevresindeki topografyayı kapsamalıdır. Buna rağmen içerisinde herhangi bir topografya belgelemesine gerek duyulmayan farklı durumlar da listelenebilir:

- Nesnenin kendisi manzaranın bir parçası haline gelmiştir, tarımsal (teraslar, sulama,...) veya taşımacılık sistemleri (yollar, kanallar,...).
- Nesne, topografik konumun avantajını almış ve onunla birlikte belgelenmiştir (tipik olarak istihkamlar ve ibadet yerleri).
- Nesne bütünüyle kazılıp çıkarılamaz durumda ve pek çok kazı olasılığı ile geniş bir zaman dilimi üzerinde değerlendirilmiştir (modern şehirlerde olduğu gibi, daha eski şehir yapılarının bir bölümü yerel sivil mühendislik projeleri sırasında görünür haldedir).
- Yüzey üzerinde veya altında bulunmuş insan yapıları taşınmıştır ve onların orijinal yeri belgelenmiştir.
- Belirli bir tipteki insan yapılarının dağılımı bölgesel veya kıtasal alanın üzerinde haritalandırılmıştır.

Tekrarlamak gerekirse olası belgeleme metodlarının alanı çok geniştir. Bir belgeleme projesi başladığında eğer mevcut topografik belgeler (haritalar, havasal veya

uydu görüntüleri) yeterli ya da özel etütler tamamlanmışsa bu belgeleme projesi sonuçlandırılmalıdır.

Kültürel mirasın belgelenmesi son derece önemlidir. Mevcut metotlar ve yeni gelişmeler hakkındaki bilgi kolayca elde edilebilir. Aynı zamanda bu görevlerin birikimleri varlıklı ülkelerde bile çok sınırlıdır. Gelişmekte olan ülkeler, zengin kültür varlıklarına sahip olanların pek çoğu gerekli prosedürleri zorlukla meydana getirmişlerdir.

Kültürel miras belgelemesi sırasında öncelikler üzerinde karar verilmelidir. En önemli ve tehlikeye atılmış nesnelere öncelikle ve şiddetle belgelenmelidir. Diğerleri beklemek durumundadır ya da o sırada basit metotlarla kaydedilebilir. Uygun metotların iyi seçimi ve belgeleme projesinin tam yönetimi erişilebilir birikimlerin ekonomik kullanımına ön ayak olmalıdır.

Nesnenin kendi tipine ve belgelemenin şiddetine bağlı olarak son bilgi sistemi farklı doğa durumuna bağlı olarak ayrı kısımlara dayanabilir:

- Geometrik etüt, koordinat değerleri üzerine temellendirilmiş bir tanıma öncülük eder. Bunlar sembol veya doku (texture) hakkında bilgi eklendiği zaman canlandırılabilir. Sonuçlar; planlar, haritalar, ortofotolar, perspektifler ve videolar şeklindedir. Eğer bu birikimler sınırlandırılırsa fotoğraflar bu belgeleri temsil edebilir.
- Görsel denetleme ve materyal test metotları kullanılmış materyallerin bir tanımıyla sonuçlanır.
- Çeşitli dönemlerde bulunan metotlar –eğer gerekliyse tarihlendirmede işe yarar.
- Dokusal tanımlamalar tamamlayıcıdır. Nesnenin farklı kısımlarıyla diğer nesnelere olan bağ arasındaki ilişkiyi açıklamak ve onları tarihi geçmişleriyle gelişimlerini bütünleştirmek için gereklidirler.

Sanat ve mimari tarihe ek olarak arkeolojiyi de ilgilendiren mevcut pek çok yayın, gerçekler ve sonuçlar (ya da spekülasyonlar dahil) arasında açık bir ayrıma izin vermez. Orijinal gözlemleri kapsamak ve tam olarak gerçekler ve sonuçlar arasındaki ayrımı yapmak, herhangi bir belgelemenin temel bir prensibi olmalıdır.

Kültürel mirasa ilişkin yayınlar ve bilgi sistemlerine gelince; son yıllara kadar belgelere dayanan bir araştırmanın neticesi bir yazıcı vasıtasıyla alınmış veya bir kâğıt üzerine çizilmiştir. Planların ve haritaların renkli baskı işi ve geniş kâğıt formatları üretim için masraflıdır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (GIS)<sup>76</sup> gelişiyle güçlü bir metot, grafiksel depolama ve onların tüm linkleriyle tanımlayıcı verileri elde edilebilirliği mümkün hale geldi. Analiz ve canlandırma metotları kâğıt üretimlerinden çıkarılabilir olmayan sonuçlara ön ayak olabilmekteydi.

Sonuçlar, veri taşıyıcıları (CD-ROM, DVD) veya internet yoluyla dağıtılmış ise kolay ve ucuz hale geldi. Herkes için kültürel miras belgelemenin elde edilebilirliği tüm geleneklerin karıştığı bir ana hedef olduğu için CBS kullanımı ve modern dağıtım olanakları güçlü bir şekilde tavsiye edilmektedir.

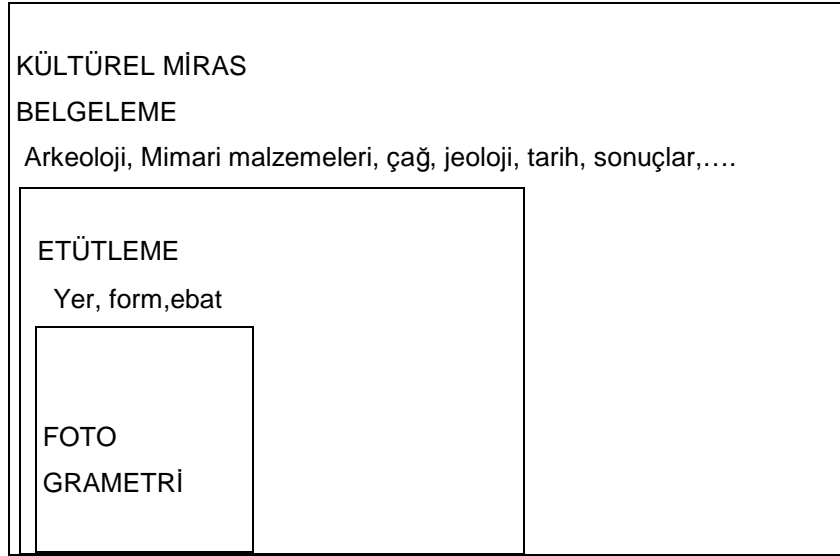
Bu sebeple, belgeleme pek çok bilimsel dalın katkılarından oluşur. Belgeleme projelerinde görevli kişiler mevcut teknikleri iyi bilmelidir. Doğa ve mühendislik konularında donanımlı bilim adamları CIPA 3. Çalışma Grubu gibi herhangi bir gönüllü kurum veya bireyler tarafından biraz temel eğitime tabi tutulmalı ve kullanılacak metotları geliştirmeyi denemelidirler. Diğer bir deyişle, sadece uzmanlar tarafından kullanılan kesin teknikler karışıktır. Bu gibi durumlarda belgeleme, farklı disiplinlerin uzmanları arasında işbirliği olmadan başarılamaz. Eğer gönüllülük mevcutsa ve birikimler elde edilebiliyorsa (çoğunlukla bir problem olan yerlerde) böyle bir ortak çalışma yapmaya değer bir tecrübe olabilir.

Kültürel miras belgelemenin bir bölümünde olduğu gibi etütleme nesnelere ve/veya topografyanın geometrisini kayıtlamada eldeki tüm metotları kapsar. Böylece, kültürel miras kaydedicileri ile etütleyiciler arasındaki herhangi bir işbirliği çok önemlidir. Fotogrametri çoğunlukla etütleme metodu olarak iyi bir seçimdir fakat son karara ulaşılmadan önce spesifik bir proje içinde kullanılması gereken etütleme metotlarının türleri, diğer metotlarla birlikte dikkate alınmalıdır. Yeni metotlar ve enstrümanlar sürekli olarak sunulmaktadır. Üniversiteler, sadece kesin branşlar için uzmanlar değil;

---

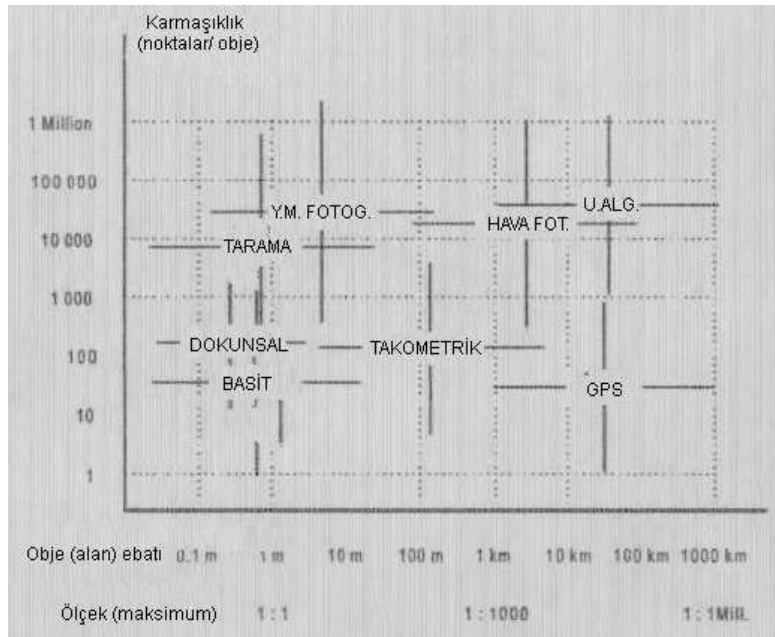
<sup>76</sup> Konu anlatımı içerisinde bu açılım Türkçe karşılığı olarak CBS kısaltması ile kullanılacaktır.

fotogrametride olduğu gibi çoğu metodu iyi bilen uzmanlar eğitmeyi denemelidir. Fotogrametri uzmanları ve miras kaydedicileri arasından gelen bireylerle CIPA kurulmuş ve 6. Çalışma Grubu ile bu problem görüşülmeye başlanmıştır. Fotogrametrinin yalnızca etütlemeye tek olabileceği ve etütlemenin kültürel miras belgelenmede tek bileşen olduğu bilinmelidir (Tab. VII).



Tablo VII. Fotogrametri etütlemenin bir metodudur. Etütleme sonuçları kültürel miras belgelenmesinin bir bölümüdür.

Her ne kadar her proje farklı bir şekilde ele alınıyorsa da kullanışlı etütleme metotları hesaba katılan nesne ebatı ve karmaşıklığında bulunabilir (Tab. VIII).



Tablo VIII. Obj ebatı ve obje karmaşıklığına göre elverişli etütleme metotları.

( Y.M.=Yakın Mesafe, U.ALG.=Uzaktan Algılama)

Bir levhanın en büyük ebatı bir metre kare iken nesne ebatı planların ölçeklendirilmesiyle ilgilidir. Etütlemenin karmaşıklığı kaydedilmiş olan nokta sayısı ile ifade edilmiştir. Bir tekli, insan yapısına ait bir nokta tanımlı coğrafik yerden çıkan mesafeler, yüz kadar noktaya, tipik olarak bir bina veya topografik bir yerin CAD çizimi, bir heykel veya bir dijital tepe modelinin tüm yüzeylerinin tanımında yaklaşık bir milyon ya da daha fazla nokta tanımlanmaktadır.

Ayrıca ebat ve karmaşıklık, diğer faktörler seçilmiş olan optimal metodun tesirinde kalabilir:

- Kesinliğe gerek duyulur
- Metod kullanım izni (misal; havasal fotogrametriye müsaade edilmemiş olabilir)
- Enstrümanların ve güçlü teçhizatın elde edilebilirliği
- Nesneye dokunma izni

Etütleme sırasında farklı metodlar kullanılabilir.

### **3.2.1. GELENEKSEL YÖNTEMLER**

Çoğu miras kaydedicileri, özellikle arkeologlar ve mimarlar etütlerini yalnızca sıralı ve dikey salkımlı yerel bir koordine sistemine ilişkin doğrudan ölçümlerle uygularlar. Noktalar en yakın diziye doğrudan mesafe ölçümüyle bu sisteme yerleştirilmiştir ve doğrudan doğruya haritalandırılmıştır. Bu metod çoğu etütçü tarafından desteklenmiştir. Fakat etüt edilen yer ulaşılabilir yerdeyse (çok geniş ve çok sarp değilse) çok etkili bir şekilde kullanılabilir.

### **3.2.2. ÇAĞDAŞ YÖNTEMLER**

Çağdaş yöntemler içerisinde, kültür varlıklarının belgelenmesi; Dokunsal Metodlar, Yakın Mesafe Tarayıcıları, Metrik Olmayan Fotogrametri Etkisi ve Analitik Düzeltim, Stereo-Çift, Tekli Fotoğraf Düzeltimi, Bir Noktada Birleşen Çoklu Fotoğraf, Dijital Görüntü Süreci, Kaya Sanatı Kayıtlaması, Görüntü Zenginleştirme, Mimari Kayıtlama, Sayısal Ortofoto Üretimi olmak üzere on bir farklı kayıtlama türü ile gerçekleştirilmektedir.

### 3.2.2.1. Dokunsal Metotlar

Tüm dokunsal metotlar, kaydedilmiş olan nesne noktasıyla birlikte temasına karar verilen bir sondanın (araştırma) ucundaki koordinatların kaydında güvenilirlerdir. Mekanik mühendislikte ve hatta miras nesne kayıtlamalarındaki uygulamalarda hedef son birkaç sene içinde yeni gelişmelerle çeşitlenmiştir. Farklı teknik çözümler sonda (araştırma) pozisyonu saptamak ve kaydetmek için seçilmiştir.

- Koordinat ölçüm makinelerinde, x, y, ve z yönlü ölçekler kullanılmıştır.
- Makine benzeri robotta, sonda menteşeli kolların bir dizisinin en sonuna bağlanmıştır
- Fotogrametri tabanlı sistemlerde, bir kamera saptanan konumundaki sondaya bölgedeki sabitlenmiş noktalardan bağlanmıştır veya ayrı ayrı sabit kameralar sondadaki LEDs gözlenir.
- Arkeolojide geliştirilmiş sistemler içindeki sondalar, geniş pantograflara veya üç sabit konuma bağlı teyplere sabitlenmiştir.

Koordinat ölçüm makineleri dışında tüm sistemler portatiftir fakat referans kısımlar için kararlı bindirmelere gereksinim duyar. Yaygın bir problem iğne uçlar kullanıldığında çizilen nesne tehlikededir; diğer bir deyişle alanlar (siferler) yalnızca nesneye bir yüzey paralelinde kayıtlanır, keskin yivlere ulaşamaz.

Dokunsal yöntemler içersinde **elektronik takometreler**, orta ebatlı alanlarda tekli noktaları kayıtlamada vazgeçilmezdir. Kutupsal etütler için (hedefe yansıtılmış bir aynayla veya aynasız) veya bir kesit çözümü kullanımında da (eğer hedefe ulaşılamazsa ama iki farklı gözlem istasyonundan tanımlanabilirse) kullanılabilir.

Yeni gelişmeler sadece tek bir kişi tarafından alınabilen ölçüm sürecinde otomatik hedef bulmalı enstrümanları içerir. Bu pek çok miras kaydetme projeleri içinde bir avantaj olmalıdır.

Dokunsal yöntemlerdeki bir başka kayıtlama türü, **Global Yerleştirme Sistemi (GPS)**, denizcilik ve etütlemeye iyi bilinen bir metot haline gelmiştir. Yaygın olarak bilinmez

ancak farklı GPS teknolojileri 100 metre ile 1 mm mesafesi arasında bir kesinlik verir. Fotogrametri veya uydu görüntü işlemlerinde kontrol nokta etütleri ve geniş alanlar oluşturan miras projelerinde son derece kullanışlı olduğu kanıtlanmıştır.

### 3.2.2.2. Yakın Mesafe Tarayıcıları

Oldukça büyük gelişmeler yakın mesafe tarama aletleri alanında görülebilmektedir. İki temel içerik çalışma içinde yer alır:

- Bir lazer ışınının bir ayna ile saptırıldığı lazer tarayıcılar. Nesne yüzeyine geri döndüğünde, mesafe ve yansıtıcılık kaydedilmiş olur.
- Işık desen tarayıcıları nesne üzerindeki ışık deseninin (çoğunlukla çizgiler) üretimi ve dijital bir kamerayla çekilmiş görüntü kaydı için bir projektör olarak kullanılır.

Tüm enstrümanların çözünürlüğü ve görüş açıları sınırlandırıldığından bu yana en önemli gelişme son günlerde tüm dijital nesne modellerini tasarlamada kısmi taramaların otomatik birleşmesi için güçlü yazılımların üretimidir.

*Yakın Mesafe Fotogrametrisi*, yakın mesafe fotogrametrisi kullanımında çoğu iyi örnekler CIPA tarafından sunulmuş ve basılmıştır.

Dijital kameraların gelişi, bu CCD bir çerçeveden veya çizgi elementinden elde edilmiş dijital görüntü deposu, yakın mesafe fotogrametrisi için filmlerin mi yoksa CCD kameraların mı daha iyi olduğu konusunda tartışmalara sebep olmuştur. 2000x2000 veya daha az bir çözünürlük bir film görüntüsüne kıyaslanabilir herhangi bir şey üretmek için çok düşüktür. 4000x4000 pikseli prototip kameralarıyla yapılan denemeler hem görüntü uyumu hem de nokta saptama amaçlarında iyi sonuçlar vermiştir. Daha fazla tecrübeler güvenilir bir enstrümana doğru prototiplerin gelişemediğini gösterir. Problemlere rağmen günümüzde bu çözünürlüğe metrik kameraların pek yakında ulaşabileceği farz edilmektedir. Uyumlu tekniklerle birleşen CCD kameralar veya taranmış filmlerden elde edilmiş dijital görüntüler hatta heykelerde olduğu gibi karışık yüzeylerden dijital nesne modelleri üretmek için mümkün hale gelmiştir. Böyle bir tanımlama, uzmanın yorumda oldukça güvendiği geleneksel fotogrametrik CAD vektör planlarını karşılaştırmakta olduğu gibi daha objektif ve tam bir kayıt oluşturur.

Kültürel miras belgelemede son yıllarda Minolta'nın 3 boyutlu kameraları ve yüzey üçgenlemeyi içeren 3 boyutlu işlem yazılımlı Kodak makineler sayesinde düşük maliyetin (yaklaşık 3000 \$) gelişmesi son derece ilgi çekicidir.

Bir belgelemenin gerçekleştirme sürecine gelince; Tablo 11'de gösterildiği gibi belgeleme proje yönetimi öncelikle spesifik projeyi kapsayan disiplinler üzerinde sonuçlandırılmalıdır. İdeal olarak bu, bütün disiplinlerin sunulduğu bir konferansta yapılmalıdır.

Yayın yolu kısa bir sürede, muhtemel olarak (aynı zamanda adım 1, en sonunda adım 2de olduğu gibi) kararlaştırılmalıdır. Çoğu projede bu karar fazla maliyeti dolayısıyla çok yüksek gelmiştir; dönüşüm ve yeniden biçimleme problemleri yüzünden ertelenmiştir.

Etütleme kısmına gelince bir uzmanlar komitesi etütlemeye en etkili metot üzerinde karar kılmalıdır. Etüt işi uzmanlaşmış bir hale geldiğinde bu kararı bir kara etütçüsü, bir fotogrametri uzmanı veya bir proje yöneticisine bırakmak yeterli değildir. Eldeki farklı pek çok etütleme tekniği (Tablo IX) imkânlar ölçüsünde ifade edilmelidir. Herhangi bir durumda basit etütleme metotlarından yeterli olanına karar verilebilir. Karmaşık konularda, ayrı metotlar uygulanmıştır. Sonuç olarak bu alanda bir işbirliği zorunludur<sup>77</sup>.

---

<sup>77</sup> Boehler- Heinz 1999, 1 v.d.



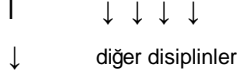
BELGELEME PROJE YÖNETİMİ  
Arkeoloji, sanat tarihi,...



DİSİPLİNLERE KATILAN KOMİTE  
Etütleme, jeoloji, kimya,....



YAYINLAR  
GIS  
UZMANLAR



ETÜT UZMANLARI KOMİTESİ  
Fotogrametri, Tarama, GPS,...



FOTOGRAMETRİ UZMANLARI  
Stereo çizimi, ortofoto, video, fotoğraf,...

*Adım 1:*

*Ne tür bir çalışma sınırlanmış ve belgelenmiştir ?*

*Adım 2:*

*Ne tür bir yayın / bilgi sistemi?*

*Adım 3:*

*Hangi etütleme metodu kullanılmıştır?*

*Adım 4:*

*Seçilen etüt nasıl başarılmıştır?*

Tablo IX. Karar Süreci

### 3.2.2.3. Metrik Olmayan Fotogrametri Etkisi ve Analitik Düzeltim

İlerlemeler, yaklaşık son on yılın üzerinde hesaplanan teknoloji ve analitik süreçlerde olmuştur. Yani bu şu anlama gelmektedir; fotogrametrik sistem elementleri kamera iç yönüne benzer ve fotogrametrik ölçüleme makineleri elde edilmiş yüksek toleranslara zorunlu olmaktan ziyade matematiksel olarak algoritmalar içindeki parametrelerle karşılanır. Bu gelişmeler, yeni bir terimin benimsenmesine neden olmuştur. Pek uygun bir tabir olmamasına rağmen bu “metrik olmayan fotogrametri” olarak anıldı. Havasal haritalandırmada etüt kameralarına ait kullanımın kabulü yavaş olmuştur. Geleneksel olmayan uygulamalar dışında, mimaride, arkeolojide, tıp ve imalatta fotogrametri uygulamaları şimdilerde yaygındır ve kesin bir şekilde yeni süreçlerin ve ekipmanların gelişmesi sürmektedir.

Kamera kalibrasyon teknikleri günümüzde daha iyi bilinmektedir ve bu genellikle fotografik görüntüleme enstrümanlarının iç yön karakterlerini saptamada kullanılır. Hasselblad MK70 (Res.22) ve Rolleiflex 6006 (Res. 23) gibi bazı modern kameralar, pozlama sırasında film yüzeyinin şekli yüzünden distorsiyonları azaltmak için birleşmiş reséau ağlarına yani film düzleştirici mekanizmaya sahiptir. Uygun bir analitik onarım enstrümanı ile birlikte lens distorsiyonlarının gerçek zamanlama modellenmesine izin verir. Modern fotografik kameralar öyle kullanılabilir ve etüt kameraları oldukları varsayılabilir.



Resim 22. Hasselblad MK70



Resim 23. Rolleiflex 6006

İç yön elementlerinin analitik telafisinde en önemli avantaj, gerçekte bugün fotoğraf çekimleri için daha iyi tasarlanan kameraların kullanılmasıdır. Bu film tiplerinin, lenslerinin kapsamı daha da genişlemiştir. Genellikle “daha hızlı” yani daha kısa pozlama süresinde daha çok ışık almasına izin veren filmler kullanılmaktadır. Lensler yakın nesnelere için netleme yapabilmektedir ve meydana gelen fotografik üretimi arttırmaya elverişli geniş bir aksesuarlar alanı vardır. Üstelik bu kameralar, etüt kameralarından kesinlikle daha pahalı, çok daha fazla

serbestliğe elverişli ve önemli olarak fotogrametride belgeleme servisi sağlayan disiplinler içinde en çok alan araştırmacıları tarafından kullanılırlar.

Üstüne üstlük analitik (ve dijital) fotogrametrik stereo çizim makineleri alanda kamera yönü hususunda daha büyük bir esnekliğe olanak verir. Paralel kamera eksenlerine ait karasal stereo-çiftlerine dayanan önceki geleneksel geometri sağ ve sol fotoğraflar arasında küçük farklara bağlı eğimler mevcuttur.

Metrik olmayan kameraların ve analitik stereo çizim makinelerinin kullanımını diğer disiplinlerde miras değerinin kaydedilen miktarlarını içeren etkili uygulamasını sınırlandıran pek çok baskıdan fotogrametriyi özgür kılar. Burada özgürlük olarak bahsedilen hadisede; uçurtmalar ve balonlardan askıyla asılı, model hava aracında uçan, yüzey üzerinde ve helikopterlerde elle tutulan ve pnömatiklerle kaldırılan kameralar kastedilmektedir.

Stereo-çiftlerin, genellikle çok yüksek bir hassas ölçümün etüt kamerası olmayan kameralardan ve fotoğraf ölçümlerinin çoklu yer kamera biçimleri ve bir demet dengelemesinden elde edildiği kabul edilmiştir. Fotoğrafların kazancına yönelik bu yaklaşım, hem kayıtlanan kültürel anıtlardaki uygulamalardır hem de, genellikle faydaları ağır basan sert kusurlardır. En önemli kusur, bir noktada birleşen fotoğraflardan üç boyut içinde görünen şeklin ve çalışma altındaki nesne formunun gerçekte mümkün olmamasıdır. Bu hala kompleks biçimlere, şekil yorumlamada gözlemcinin yeteneğine ve fotogrametrik kaydın artan bilgi muhteviyatına dayanan pek çok miras anıtta olduğu gibi sadece stereo-çift kullanımı ile gerçekte mümkündür. Karşılanabilir ADAM MP-2 gibi modern fotogrametrik analitik enstrümanlar ve düşük maliyetli Leica DVP gibi dijital sistemler ve pek de düşük maliyetli olmayan intergraf ImageStation ve Leica DSW100 kolay gözlem ve stereo-çift ölçümü. Yazılımda, bu ileri sürülen enstrümanlar iç yön parametrelerini telafi edeceklerdir ve genel olarak film düzlüğünün telafisinde farklı kamera yönlerinde geniş bir varyasyonla üst üste binen fotoğrafların kabulünde olduğu gibi bazı kolaylıklar sağlar. Fotogrametrik sistemler üstelik çalışma altındaki nesnenin dijital CAD modelini, çoğunlukla da nesnelere ya da standart özelliklerle birlikte bir coğrafi bilgi sistemi çevresi yaratmaktadır (ama mimari “özellikler” için hiçbir şekilde kullanılmamıştır). ImageStation gibi son yüksek sistemler, dijital yüzey modellerinin otomatik türemesi, dijital ortofoto haritaların üretimi ve karmaşık görüntü süreci olanakları için kolaylık sağlar. Burada verilmiş örnekler hiçbir şekilde tam liste değildir ancak mevcut stereo-onarım aletlerinin çeşitliliğinin bir göstergesidir.

Stereo-fotogrametrik kayıtların analitik sürecinin üç boyutlu veriye ihtiyacı arada sakıncalı da olsa kontrol nokta bilgisi kadar artmıştır. Bu şu anlama gelir; iyi yerleştirilmiş, görüntünün açık olarak tanınmış kontrol noktaları bir dikdörtgen koordinat sistemi üzerinde haritalandırılmasına gerek duyulur. Kullanılan metrik kameralar yön planları içinde hazırlandığında bu işlem her zaman gerekli değildir.

Mimari anıtlar, kolayca uygarlıkların diğer anıtları ve başarılarından daha çok sempati ve heyecan uyandırır. Bina cephelerinin geleneksel ölçülü çizim işlemlerini büyütmede kullanılan fotogrametriyi doğrulamayı üstlenmek son derece büyük bir çalışmadır. Ölçümlü çizimlerin sade tekrarından daha çok sunulan teknoloji sonunda gerçekleşmiştir.

Bir daha fotogrametri kayıtları ve görüntü sürecinin analitik onarımındaki son gelişmeleri, yapıların üç boyutlu CAD modellerinin yaratımını, operatörlerin gözlem veya bilgisayar destekli yüzey türetme becerilerinin kullanımını kolaylaştırmıştır. Örneğin, Cooper'ın çalışmasında olduğu gibi (1992) Kudüs'teki Hz.İsa Mezarı üzerinde on yıl önce bile mümkün değildi; fotoğrafçılık, elde edilmiş olabilirdi ancak bunun onarımı için kullanışlı kayıta izin vermesi son derece zordu. Hz.İsa Mezarı'nın çok detaylı üç boyutlu Edicule model projesi, Intergraph'ın MicroStation CAD paketi ile çiziliyordu. Alan üzerinde elde edilmiş görüntülerden tam yapı haritaları oluşturuldu. Işın izli ve sunulmuş görüntüler, yüzyıllardır birleştirilmiş bakış açılarının, ilavelerin ve değişikliklerin neredeyse sınırsız çeşitliliğinden yaratılmış, yok edilmiş olabilirdi ve kesin metrik bilgi konservasyon mühendisleri için uygundu. Bilgi, CAD model üzerindeki yüksek ışıklı alanları kullanmakla yapıya ait fotografik koleksiyona etkileşimli bir giriş verilmesi, bir SUN SPARCstation üzerinde bir CBS içinde yönetilmiş olurdu.

Fotogrametrik modellerin onarımında mevcut çok yönlülüğün başka bir örneği Maldon'un patlayan eski bir kuvars maden ocağında üstlenilmiş bir projedir. Ocak, tarihi bir anıttı ancak, altın çıkarmak için alanın yıkılmasına izin verilmişti. Ocakların bir kısmı şirket tarafından yıkıldığı zaman kalıntıların üzerinde fotogrametrik bir etüdün yapılması emredilmişti. Bu yapıldı ancak, (CAD modelindeki) planlarda, yıkılmış ocakların bir kısmına ait detaylar kaybolmuştu. Ne şans ki, maden şirketi yıkım öncesinde yapının 35 mm pek çok fotoğrafını çekmişti ve bu görüntüler yapı planlarını tamamlamak için kullanılmıştı. Kontrol,

varolan CAD modelinden elde edildi ve kayıp kısımlar tamamlanana kadar boşluklar çekilen fotoğraflar sayesinde dolduruldu<sup>78</sup>.

Bilgisayar tabanlı animasyon ve canlandırma sistemlerinin grafik üretimi, artarak yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu sistemlerin pek çoğunun temeli herhangi bir bakış açısından yüzeylere ve görüş şekillerine yansıtıcılık ve yarı saydamlığa benzer yüzey karakteristikleri verme ve bu yüzeylerden yapı ya da malzemeleri haritalandırma yeteneğidir. Bu sistemlere çoğu giriş CAD kullanımıyla üretilmiştir ve ilerlemelerin sonucu olarak CAD modellerine çoğu girişin fotogrametriden geldiği önceden bahsedilmiştir.

Geç Bronz Çağı'nın güçlendirilmiş şehri El Katar'da Intargaph'ın ModelView kullanımı ile yeniden yapılandırılmış görüntü ve animasyonlarını üretmek için son birkaç senedir çok başarılı bir proje üstlenilmiştir. Bir bölümü de bir uçurtmaya asılmış 35 mm bir kamera ile çekilmiş hava fotoğraflarının fotogrametrik olarak işlenmesinden elde edilmiştir. Projenin aşağıda bahsedilen kaya boyama barınaklarının birinde aynı sonuçlara ulaşılmasıyla tecrübe kazanılmıştır. Barınağın güneşe karşı olan önyüzüne ait kısmı canlandırmak, DSM ile birlikte pek çok TIN<sup>79</sup> fasetalar üzerinde bir kumtaşı malzemeli harita kullanmak ve “baştan sona yürünebilecek” ve “uçarak geçilebilecek” bir canlandırma üretmek istenmiştir. Geçerliliği olan araştırma altındaki başka mimari yeniden yapılandırma projesi, Sukhothai ve Ayuthaya'ya ait antik Thai şehirlerinin bilgisayarda yeniden yapılandırılmasıdır. Kullanılan tarihsel ve inceleme belgeleri ve “şipşak” şekilde çekilmiş 35 mm. fotoğraflar, şehir tapınaklarından biri tekrar düzenlenen şehir girişinin yapılabirliği olarak üç boyutlu CAD model yaratılmıştı. Mevcut kalıntıların genel boyu ve biçimi kolaylıkla dijital hale getirilmiştir; bununla birlikte daha “gerçekçi” model yapmak için şehirdeki çoğu Buddha heykelinin birkaçını dahil etmek gereklidir. Bu küçük bir antik Sukhothai stili Buddha'nın fotoğraflanmasıyla ve dijital bir fotogrametrik enstrümanla stereo-modelin gözlemlenmesiyle tamamlanmıştır. Bu plan, Intergraph'ın ImageStation programı, doğrudan stereo-modelin üzerindeki üçgenlere bölünmüş düzensiz ağ (dijital bir yüzey modeli) kazancı sağlar. Bu DSM sonradan mimari modeli uydurmak için tekrar ölçeklendirilebilir ve tapınağın canlandırılmasında birleştirilebilir. Res.24, 25, 26 bu işlemleri göstermektedir.

---

<sup>78</sup> a.g.e. 13 v.d.

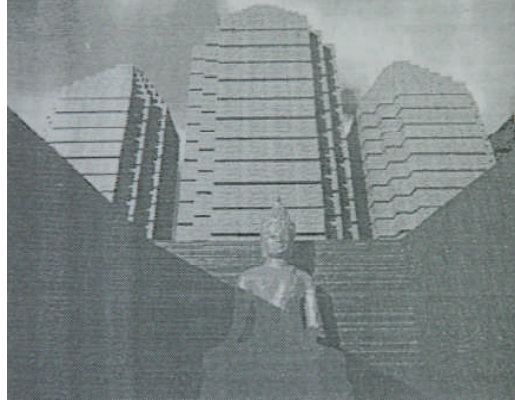
<sup>79</sup> TIN: Yüzeylerin sürekli ve teğet üçgenlerle tanımlandığı bir gösterim şeklidir. Her üçgen, farklı bir yüzeyi temsil etmektedir. Üçgenlemenin amacı; arazi yüzeyini üçgen elemanların toplamı şeklinde ifade etmektir; ayrıntılı bilgi için bkz. Duran 2003, 22; Şek. 3.2, 23.



Resim 24. Buda Heykeli, Skuthai Stili, Tayland



Resim 25. Heykelin teneke bir modeli



Resim 26. CAD içinde bir heykel modeli

Anıtların ve yerlerin üç boyutlu CAD modellerinin üretimini görmek için yalnızca azıcık bir hayal gücü gerekir ve canlandırma ve sanal-gerçeklik tipi bu planların mevcudiyeti, benzersiz bir yer kaydı üretmek için muazzam potansiyel ister. İnsanlara önemli anıtları ve yerleri (örneğin kaya boyama yerleri) ziyaret etme izninin yakında verilmesi kesinlikle muhtemeldir. Böylece kaya yüzeyleri üzerinde onların gerçek yerlerinde kaya boyamalarının tamamıyla üç boyutlu görüntülerinin gözükmesi, oradalmış gibi kafalarını çevirdikleri yerlerde o yöndeki olanları görmeleri sağlanması, ağaçlar arasından geçerek hafif esinti sesiyle kayıtlı yerin esas kısmının hikayesi veya bir şarkıyla dinlenmesi mümkün olacaktır. Böylece bu teknolojik gelişme sayesinde vandallar, terk edilen el sürülmemiş gerçek yerlerin sanal duvarlarını tahrip edemezlerdi. Kesinlikle bir bilim kurguya benzer hatta yaşayan günümüzde bunu yapma potansiyeli de mevcuttur.

Güncel incelemelerin diğer örnekleri son zamanlardaki fotogrametri konferanslarında sunulmuş bildirilerde bulunabilir. Melbourne'deki ISPRS Komisyon V sempozyumunda,

bildiriler binalara ait eski fotoğrafların dijital düzeltilmesi, mimari modellerin CAD yaratımında video kamera tasvirlerinin kullanımı, Haida totem sırıklarının fotogrametrik kayıtlamaları ve anıtların video animasyonlarının üretimi, Kodak foto-CDnin orta veri depolamada uygunluğu, heykellerin otomatik DTM yaratımı ve bir sanat envanteri yaratımında dijital fotogrametri kullanımı üzerine sunulmuştu. Dijital görüntülerden yüzey CAD modellerinin otomatik türetilmesini kolaylaştırmak için birbirine uyan kalıpların kenarı kullanılmıştır. Bu Gruen'inkine (1994) benzeyen çok daha önemli bir çalışmadır. Bu, fotogrametri uygulamalarının teknoloji uzmanı olmayanlar için daha basit hale geldiği anlamına gelir.

Araştırmalar, Melbourne Üniversitesi'ndeki işlemler multi-medya CD-ROM tabanlı miras envanterlerinin yaratım prosedürlerinin gelişimine doğrudur. Bu görüntüler, hikayeler, istatistikler ve soyutlamalar teknolojisi kullanımı orta düzeydedir.

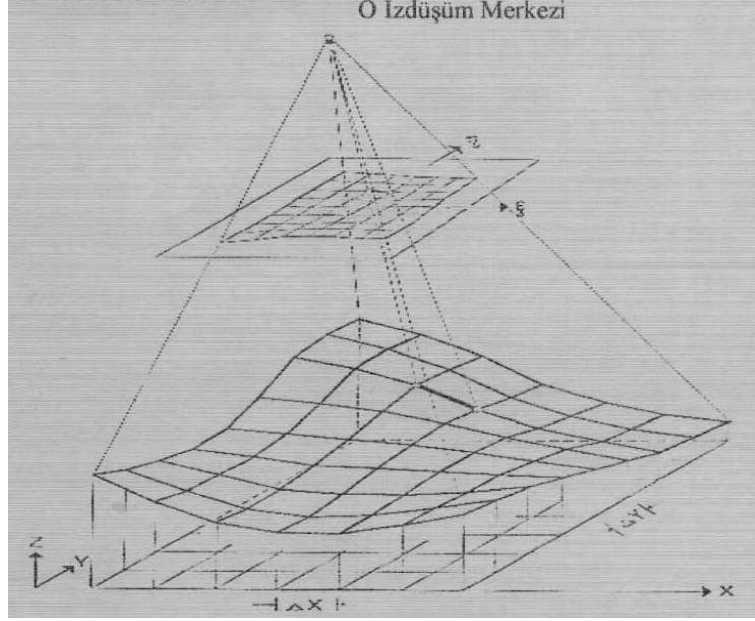
Örneğin, kaya boyama yerlerinin birinde önceden fotogrametrik kayıttan sözedilmiştir. Kaya barınağının geniş ölçekli bir CBS'nin kurulması için taban haritası hazırlanmıştır. Sonunda CBS, üstlenilmiş olan konservasyon ölçümlerini, kaya yüzeyi üzerindeki tuzluluk testi bölgeleriyle ilgili verileri, fotoğrafları, taslakları, çizgisel çizimleri ve yerel halktan birinin anlattığı yöre hikayesini içerir<sup>80</sup>.

#### **3.2.2.4. Sayısal Ortofoto Üretimi**

Ortofoto ya da diğer bir deyişle foto-harita, perspektif görüntülerdeki resim eğikliği ve arazideki yükseklik farklarından dolayı görüntü kaymalarının giderilmesi sonucu elde edilen harita gibi belli bir ölçeği olan fotografik görüntülerdir. Diferansiyel rödrese fotoğraf, ortofoto fotoğrafı sürecinde meydana gelen distorsiyonları ortadan kaldırır (Şek.20). Bu nedenle çizgisel harita ile ortofotolar aynı geometrik kaliteye sahiptir.

---

<sup>80</sup> a.g.e.15 v.d.



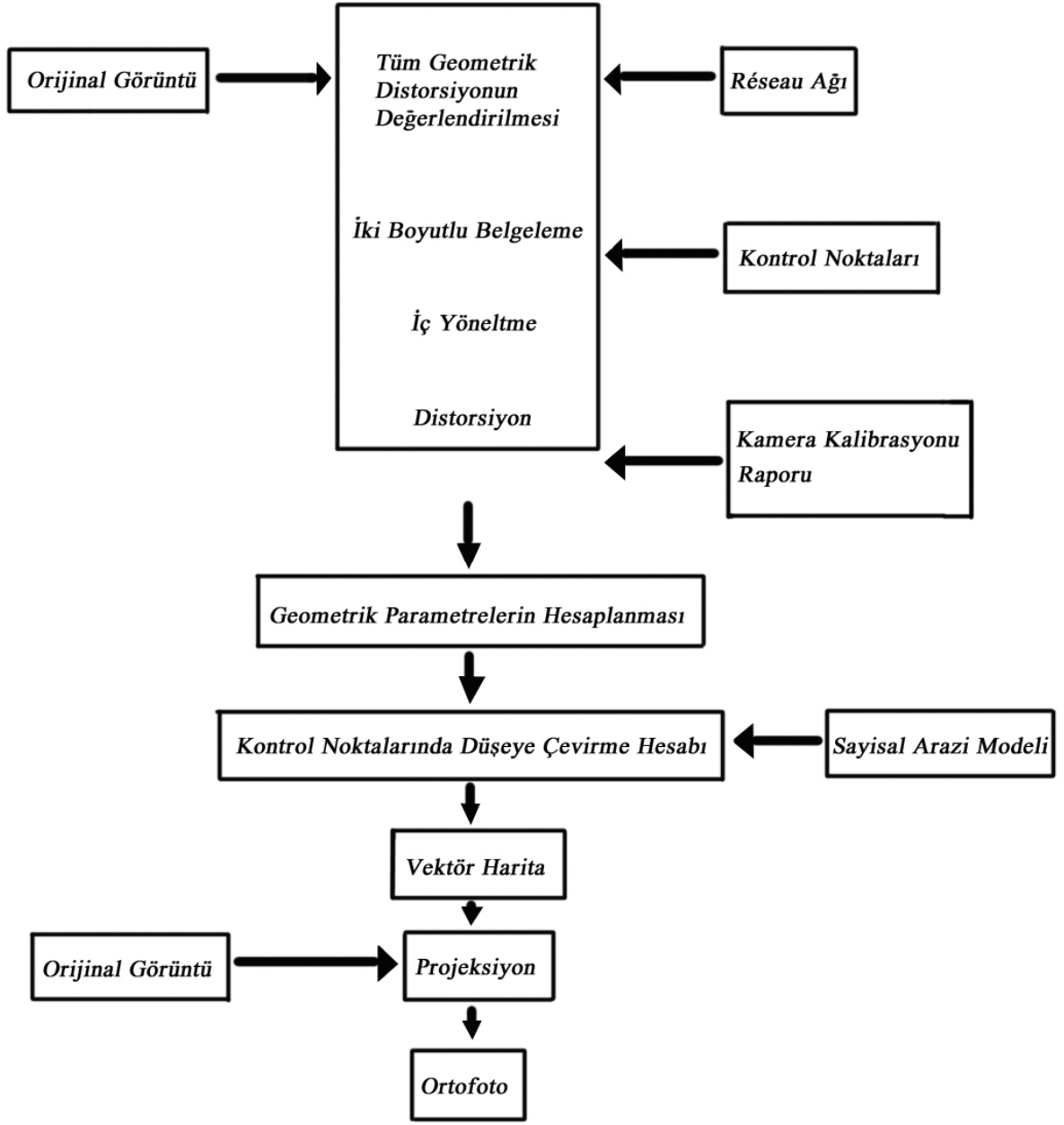
Şekil 20. Bir ortofotonun geometrik gösterimi

Bazı durumlarda tarihi bir yapının detaylı ölçümü zaman alan ve pahalı bir iştir. Vektörel sayılaştırma bazen detaylı restorasyon projeleri için yeterli olmamaktadır. Ortofotolar mevcut durumun bütün detaylarını fotoğrafta topladığı için bir restorasyon projesi için son derece önemlidir.

Mimari restorasyon projeleri, tarihi yapıların durumunu kapsamlı bir şekilde belgelemelidir. Tek resim alımı, duvarlar gibi derinlik farkı olmayan yüzeyler için başarı ile kullanılmaktadır. Derinlik farkı çok büyük olan yüzeyler için tek resim alımı yeterli değildir. Bu tür yüzeyler için sayısal sistemlerde stereo çözümler üretilmelidir. Sayısal Stereo sistemlerde derinlik problemini çözmek üzere ortofoto üretimi için izlenmesi gereken adımlar Tablo X'da görülen algoritma ile özetlenebilir<sup>81</sup>.

<sup>81</sup> Yiğitoğlu 2002, 45 v.d.





Tablo X. Sayısal ortofoto üretimi için akış diyagramı.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### FOTOGRAMETRİ VE ARKEOLOJİ

Fotogrametri pek çok arkeologa teklif edilmektedir. Arkeoloji bilimi için neredeyse ideal bir metottur. Stereo fotogrametri, belgelemeci arkeoloji anlamında bu yüzyılın ilk yıllarından bu yana kullanılmıştır. Bu incelemeciler (etütçüler) ve harita üreticileri bir kesinlik içinde son derece dikkatli kontrol edilmiş şekilde işlerini yaparlar ve üretim, açıklanabilir bir ekonomik durum içindedir; hükümetler ve askeriyeler bunu ödemeye gönüllüdürler.

Stereo fotogrametri ile hesaplanan ve çizilen yer, yapı gibi nesnelere, iki temel bölümdür: site üzerinde fotografik evre ve bir çizim laboratuvarında daha sonra yapılan çizim (plotting) evresi. Bu safhaların hem avantajları hem de dezavantajları vardır. Açıkça görülen avantajı, kayıtlama safhasının neredeyse ani ve hatta ilgili kontrol etüdüyle birlikte metodun geleneksel manuel metotlardan çok daha az zaman almasıdır. Açıkça görülen dezavantajı da çizim sonucunun eğitimli teknik bir uzmanla ve pahalı makinelerle sadece sonraki bir safhada yapılabilmesidir.

Fotogrametri, arkeoloji için geleneksel kayıtlama metotlarından daha avantajlıdır<sup>82</sup>. Fotogrametrik kayıtların arkeolojik alan içerisinde bir hiyerarşisi düşünüldüğünde, arkeolojik araştırma ile fotogrametrik bir etüt süresince temellendirilmiş tecrübeye gerek duyulmaktadır. İncelenen konu hakkında maksimum objektif nicel ve nitel bilgi içeren anlayışta esas olan, tanı kayıtlarının önemidir. İlk kayıtların teşhisi, onların bir arşivde bakımı ve hali hazırda gelişmiş olan teknolojilerle gelecekte analiz için kullanımı gereklidir. Kuşkusuz, fotogrametri, arkeolojik araştırma ve kayıtlamalara katkıda bulunan bir tekniktir. Bu sebeple arkeologlar ve fotogrametri uzmanları arasındaki araştırma sonuçlarının doğruluğu için, yakın bir işbirliği ve karşılıklı ortak anlayışla birlikte bu bilgi yoğunluğunu arttırmak gereklidir<sup>83</sup>.

---

<sup>82</sup> Anderson 1982, 200.

<sup>83</sup> Cooper- Robson 1994, 35 v.d.

#### 4.1. ARKEOLOJİK VARLIKLARIN BELGELENMESİNİN AMAÇ VE KAPSAMI

Ülkemiz kültür ve tabiat varlıkları açısından son derece önemli, zengin ve büyük bir potansiyele sahiptir. Özellikle arkeolojik zenginliklerimiz başka hiçbir ülkeyle kıyaslanmayacak kadar emsalsiz bir hazine niteliğindedir. Bu üstün kültürel değerlerimizi ve zenginliklerimizi koruyup, açığa çıkartıp, tanıtımını ve bilimsel yayınlarını yapıp ileriki kuşaklara aktarmak en vazgeçilmez sorumluluğumuzdur ve görevlerimizin başında gelmektedir.

##### **ICOMOS'un 1996 yılındaki 11. Genel Kurul toplantısına göre;**

*“İnsan eserinin özel bir ifade şekli ve sürekli risk altında olan kültürel miras değerlerinin anlamlandırılması, anlaşılması, tanımlanması için mümkün olan önemli yollardan biri kültürel mirasın kayıt altına alınmasıdır. Kültürel miras değerlerinin tanınması ve kültürel mirasın sürekliliğinin bir şekilde korunması yükümlülüğü sadece eserlerin sahiplerinin değil aynı zamanda konunun uzmanlarının, yöneticilerin, siyasetçilerin, devlet kademelerindeki yöneticilerin ve halkındır.”*

Arkeolojik varlıkların ve tüm kültürel miras değerlerinin kayıtları güvenli bir arşivde korunmalı, ilgili mesleki kuruluşların ve halkın kolayca ulaşabileceği şekilde olmalı, kolayca elde edilebilmeli, standart bir formatta oluşturulmalı ve güncel bilgi teknolojilerinin uygun bir şekilde kullanılarak depolanması gerekmektedir.

Türkiye'deki arkeolojik kazı etkinlikleri 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma yasası hükümlerine göre yapılır. Ülkemizde toprak üstünde ve su altında bulunan ve yabancı ekiplerce yürütülen bilimsel kazı çalışmalarına “Kültür ve Tabiat Varlıklarıyla İlgili Olarak Yapılacak Araştırma, Sondaj ve Kazılar Hakkında Yönetmelik” çerçevesinde Bakanlar Kurulu Kararıyla izin verilmektedir<sup>84</sup>.

Fotogrametri, mimaride olduğu gibi arkeoloji alanında da klasik ölçme yöntemlerine göre birçok üstünlüğe sahiptir. En önemlisi; çok karmaşık ve düz hatlara sahip olmayan detayların doğru, hızlı, kolay ve emniyetli bir şekilde kaydedilmesi ve çizilebilmesidir<sup>85</sup>. Kazısı yapılarak ortaya çıkarılmış bir yapının detaylı bir şekilde planın bilinen ölçme

<sup>84</sup> Şeker 2006, Slayt Sıra No: 24, 63, 68.

<sup>85</sup> Baş (1993) 140.

yöntemleriyle yapılması büyük emek ve zaman gerektirir. Bu gibi kazıların gerçekleştiği yerlere olan ulaşım zorluğu da göz önüne alınacak olunursa ölçme işlerine ayrılacak zamanın mümkün olduğu kadar kısa olması arzu edilen bir durumdur<sup>86</sup>. Bu sebeple arkeoloji alanı içerisinde dahi farklı şekillerde kullanılan bu metoda dair aşağıda verilen alt başlıklar, belgelenmesi gereken arkeolojik varlıkların kapsamını daha detaylı açıklamaktadır:

#### Mimari Arkeoloji ve Araştırması;

- Dikey ve eğimli fotoğrafların eğimi; meselenin büyük bir kısmında, arkeologlar dikey ve eğik fotoğraflardan arkeolojik bilgilenme için detaylı haritalar çizmek ve bunlara ısrarla sahip olmak istemektedirler.
- Site topografilerini göz önünde canlandırmak; kontur çizgileri, yüzeye ait dijital (sayısal) arazi modelleri veya profilleri, fotoğraflara veya kazı sonuçlarına ait arkeolojik bilgilerle birlikte betimlenir.
- Dijital ortofotolar; bunlar arkeoloji için çok önemli bir yardımcıdır. Yüzey üzerinde görülen yapılar, resimleme bilgisinin tümüyle birlikte tasvir edilmiştir. Resim (görüntü) arttırma, aynen kopyalama ve sonraki uzman sistemler ortofotolarla birlikte uygulanabilir biçimdedir.
- GIS sistemi içinde diğer araştırma tekniklerine ait (özellikle jeofiziksel) yukarıda bahsi geçen veri sonuçlarının kombinasyonu;
- Mimari arkeologlar uydu verilerine gerek duyarlar. Onlar çoğunlukla verilen bölgedeki önemli arkeolojik materyallere ait olasılık değerlendirmeleri yapan “Tahmine Dayalı Modelleme” yi kullanırlar.

Arkeolojik kazıların farklı biçimleri farklı çözüm yollarını gerektirir:

- Kurtarma kazıları: çok hızlı çareler bulunmalıdır; kesinlik, ikinci plandadır.
- Stratigrafik<sup>87</sup> kazılar: tabakaların üç boyutlu modelleri
- Mezarlık ve gömü yeri kazıları: bazen binlerce çeşit iskelet prosedür kayıtlarında standartlaştırılır.
- Taş duvarların olmadığı yerleşimlere ait kazılar: prosedür kayıtları niteliklere bağlı olarak değişebilir. Her kullanılan sistem adapte edilebilir olmalıdır.

---

<sup>86</sup> Yılmaz 2000, bkz. d.pn. 2,6, , 22 v.d.

<sup>87</sup> Stratigrafi: Yer biliminin katmanları inceleyen kolu; tarihsel jeoloji.

- Taş duvarlı yerleşimlere ait kazılar: devam eden kazıyla birlikte duvarlar ve kaldırımlar çıkarılmış olmalıdır -onlar ilk belgelenen buluntulardır; (özellikle şehir içlerindeki kazılar işi çok güçleştirmektedir; duvar boyamalarının belgelenmesi;
- Nemli bölgelerdeki kazılar: organik malzemeler (aletler, ahşap kaldırımlar, ahşap duvarlar...) hemen kaydedilir.
- Altyapı olmadan uzak bölgelerde yapılan kazılar (çöl, orman, dağ...)
- Sualtı kazıları: karışık çözüm yolları gerektiren özel problemleri vardır;
- Avcı-toplayıcı sitelere ait kazılar da farklı çözümler ister.

Mimari ve kazı alanları dışında, arkeolojik araştırmalar, mağara, maden çıkarma ve mağara resimlerini kaydetme gibi konuları da içermektedir. Bu tür bir belgeleme sürecinde;

- Mağara ve madenlerin üç boyutlu modelleri gereklidir.
- Dokunulmaması gereken mağara resimlerinin düzeltilme ve yeniden yapılması
- Maden çıkarılma izlerine ait üç boyutlu kayıtlama
- Petroglifler<sup>88</sup> ve piktografların<sup>89</sup> belgelenmesi ve kaydedilmesi

Buluntu Kayıtları olarak;

- Mimari buluntular
- Seramikler
- Metal buluntular
- Mücevher
- Kullanım izi olanların kaydı
- Mumyalar
- Kemik, taş ve deniz kabuğu kalıntıları
- Ağaç ve diğer bitkisel kalıntılar<sup>90</sup> sayılabilir.

---

<sup>88</sup> Petroglif: Kaya üzerine oyulmuş resimler.

<sup>89</sup> Piktograf: Resim biçimli eski hiyeroglif yazılar.

<sup>90</sup> <http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/appl.htm>

## 4.2. FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLER İLE GELENEKSEL ARKEOLOJİK YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Arkeolojik kayıtlama sürecinde kullanılan geleneksel yöntemlerle, yine arkeolojik kayıtlama sırasında fotogrametrik yöntemlerin kullanılması arasındaki avantaj ve dezavantajlar aşağıdaki gibi listelenmektedir:

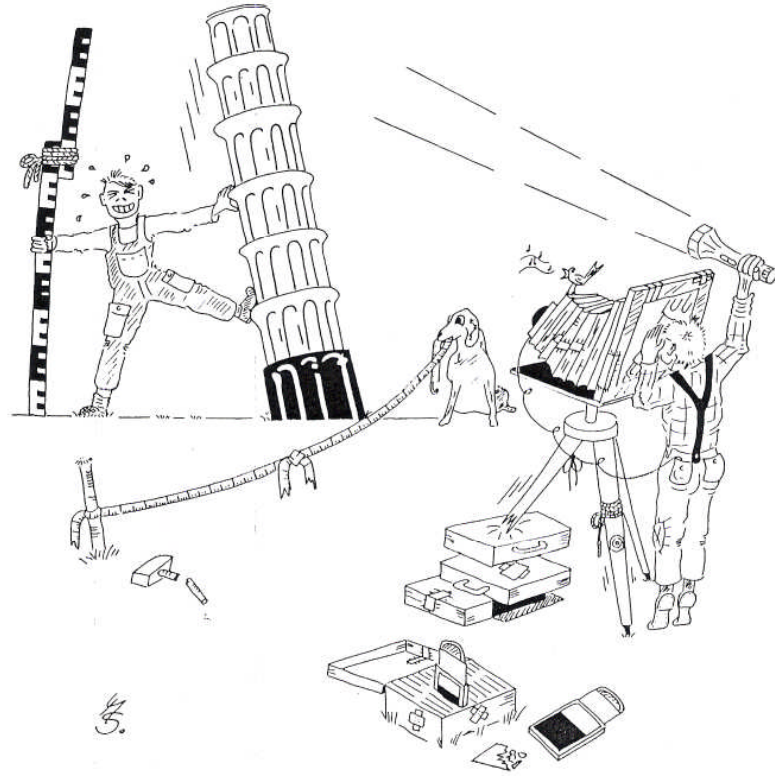
### 4.2.1. Avantajları

- Fotogrametri nesnelere dokunmadan onları belgeler. Bu arkeolojik nesnelere için sıkça istenen bir durumdur (mağara resimleri, mumyalar...)
- Haritalandırma ve modellemelere ek olarak fotogrametri, nesnelere fotogrametrik (ve çok sık stereoskopik) bir belgelemesine gerek duyar. Analiz daha sonraki bir zamana bırakılabilir. Bu açıdan arkeolojik nesnelere önemli bir miktarı kısa sürede ve az bir maliyetle belgelenmektedir. Bir analiz istenildiği zaman (örneğin obje yok edilmişse ve yeniden inşa edilecekse) yapılabilir.
- Geleneksel kayıtlamanın kalitesi, kalifiye, meraklı veya iyi belgeleme yapan bir arkeologa bağlıdır. Fotoğraf objektiftir. Her şey otomatik olarak kaydedilmekte; hiçbir şey unutulmamaktadır.
- Özellikle kazılarda üst tabakaların özellikleri alt tabakalara doğru kazı yapılırken üst tabakalar yok olmaktadır. Daha sonra belgelemelere dönülürse ve bunlar yetersiz ve yanlış belgelemelerse bilgi geri alınmaz biçimde kaybolmuştur. Bununla birlikte özellikler bu yolla; uygun fotogrametrik analizle kayıt edilmişse belgeleme işi daha sonra kontrol edilebilir, doğrulanabilir ve düzeltilebilir. Bu özellikle kazıya katılmayan birinin sonuçları analiz etmesi sırasında son derece istenen bir durumdur.
- Fotogrametrik analizin kesinliği pek çok metot içinde en iyisidir. Hatta, ucuz bir sistem ve amatör bir kamera bile kullanılabilir. Hatalar, geleneksel kaydetme teknikleriyle üretilenlerden nadiren daha azdır.
- Özellikle kurtarma kazılarında çok küçük parçaların veya kayaların tabakaları belgeleme sırasında çok özen ister. Fotogrametri daha sonra yapılan analiz çalışmasında kayıtlama prosedürünü hızlandırmaktadır.
- Stereo çiftler çekildiği zaman, özellikler üç boyutlu biçimde haritalandırılabilir ve görülebilir.

- Tecrübeler, eğer özellikler kazı süresince geleneksel olarak kaydedilmişse farklı insanların bunları kaleme aldığı; bunun sonuçlarda farklılıklara ve homojen olmayan çizimlere sebep olduğunu göstermiştir. Eğer sonuç olarak fotogrametri kazı boyunca uygulanmışsa belgeleme işlemi standartlaşır<sup>91</sup>.

Ne yazık ki, bu avantajlardan sonra fotogrametrinin mükemmellik görüşü bazı ciddi sakıncalarla bozular. İlki masraflı oluşudur. Arkeolojik bütçe konuları içinde inanılmayacak derecede masraflı ve daha sonra çok dikkatli bir şekilde bakım gerektiren ekipmanlar ister. Yanı sıra fotogrametrik kayıtlama profesyonel bir insanın yapabileceği ustalık gerektiren bir iştir<sup>92</sup>.

#### 4.2.2. Dezavantajları



Şekil 21. Arkeolojide Kullanılan Geleneksel Fotoğrafçılık Yöntemleri.

<sup>91</sup> <http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/procon.htm> (21.02.2005).

<sup>92</sup> Anderson 1982, 201.

- Her bir kazı için belgeleme; fotogrametriyi, kayıt prosedürlerini ve tekniklerini bilen en azından artı donanımlı bir insan gerektirir. Bu, maliyet ve kişisellik dışında eşzamanlı olarak birkaç kazı ve belgelemeye koşturacak herhangi bir kurumun gerekliliği demektir.
- Aslında bu fotogrametri uzaktaki bir nesneyi kaydeder. Bu bir dezavantaj olabilir. Örneğin; bir kesit (cross-section) belgelenmişse bu malzemeye yakın olmak için bir avantajdır. Bazen yoğunluk ve küçük ebatlar içinde farklı olan tekli tabakalar bir kürekle bir farklılık hissedildiği zaman site üzerinde ayırt edilebilir. Eğer tabaka sadece fotogrametri ile kaydedilecekse bu bilgi kaybolacaktır.
- Fotogrametrik olarak kaydedilmiş haritalar sonra da mevcuttur. Bu yerleşimlere ait kazılarda böylesi haritalara daha fazla ihtiyaç duyulduğu zaman bir dezavantajdır. Ek olarak, fotoğraflar, kazıya devam edilmeden önce pozlama sırasındaki hatalar yüzünden bilgi kaybını engellemek için geliştirilmiş olmalıdır.
- Özellikle ayırt edici niteliklerin küçük ve önemli detayları site üzerinde geleneksel metotlarla daha iyi belgelenir.
- Sadece birkaç arkeolog fotogrametrik araçları ve teknikleri kullanmaktadır. Arkeolog olmayan operatörler doğru şekilde fotoğrafları yorumlayamayabilirler.
- Metrik kameralar ve fotogrametrik araçlar çoğunlukla kazı sırasında arkeologların talepleri ve buldukları koşullara uygun olarak tasarlanmamışlardır (sıcaklık, aşırı soğuk hava, toz-toprak, nem, rüzgar...) <sup>93</sup>.

#### **4.3. STRATEJİK PLANLAMADA ÖNEM KAZANAN FOTOGRAMETRİNİN ARKEOLOJİK ARAŞTIRMALARDAKİ GÜNCEL GELİŞİMLERİ**

İnsanoğlunun tarihi eserlere sahip çıkma eğilimlerini dünya turizmindeki gelişmelere veya ekonomik ilerlemelere bağlamak pek de yanlış olmaz. Fakat sebebi ne olursa olsun tarihi önemi olan bir yapının veya yapılar grubunun korunabilmesi veya herhangi bir nedenle yıkılması durumunda yeniden inşa edilmesi, o yapının en ince ayrıntılarına kadar ölçülmüş plan ve kesitlerin çıkarılmış olması ile mümkündür. Basit ayrıntılar, klasik ölçme yöntemi ile ayrılabilir. Ancak yanına varılamayan karmaşık ayrıntıların ise fotogrametrik yöntemlerle ölçülmesi gerekmektedir. Fotogrametrik yöntem seçiminde ölçme kolaylığı, ekonomi, zaman ve ölçme inceliği rol oynamaktadır.

<sup>93</sup> <http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/procon.htm> (21.02.2005).



Arkeolojik kazı yerlerine ve harabelerine ait rölevelerin yapımı plan, görünüş, kesit ve üç boyutlu modellerinin yapılmasında yersel ve hava fotogrametrisinin imkanlarından yararlanılır. Diğer taraftan anıt, heykel, mabet gibi toprak üstü veya mağara gibi toprak altındaki arkeolojik bulguların plan ve görünüşleri çizilir. Yerden yapılan çekimlerde merdiven veya kule gibi taşıyıcılar kullanılır<sup>94</sup>.

Arkeoloji alanında toplanan fotogrametrik verilerin tümü, stratejik planlama aşamasında, CBS ile sistematik bir şekilde değerlendirilmektedir. CBS kullanımı ilk olarak, 1960'lı yılların ikinci yarısında devlet daireleri tarafından karışık, çevresel ve doğal kaynaklara ilişkin aciliyet ve uyarı ile geliştirilmiştir. Yerel, bölgesel ve çoğunlukla ulusal alanların veri kullanımı ve toplanması üzerinde durulmuştur. Zayıf sistem dizaynı ve gelişmemiş teknoloji nedeniyle çoğu kez başarısızlıkla sonuçlanan CBS uygulamaları ilk aşamalarda son derece pahalı bulunmuştur.



Şekil 22. CBS Bileşenleri.

Günümüzde ise, CBS konusundaki temel gereksinimler sadece donanım ve yazılımlar değil; coğrafi veri teknolojileri ile CBS'leri arasındaki bağlantıların kurulmasıdır (Şek.22). Coğrafi veri teknolojileri; görüntü işleme sistemleri, doküman tarama sistemleri, ilişkisel veritabanı yönetim sistemleri, bilgisayar destekli tasarım ve çizim sistemleri, video görüntüleme sistemleri, vektör ve raster veri yapıları olarak sınıflandırılabilir<sup>95</sup>.

CBS, şehir planlaması için önemli bir araçtır. CBS yazılım ve donanım araçlarını içerir ve prosedürlerin bir grubu ele geçirme, baskı, idare, yönetim, analiz, modelleme, temsil etme

<sup>94</sup> Çay- Ceylan 2001, 373.

<sup>95</sup> Duran 2003, 25 v.d.

ve uzaysal referansların çıkışı ve anlamsal verileri kolaylaştırır. Planlama, idare, depolamayı çözmek için oldukça bilgi içerir. CBS teknolojisi, envanter, değerlendirme, koruma ve arkeolojik sitelerle tarihsel yapıların belgelenmesi konularında pek çok kolaylık sağlar. Miras koruma gibi çoğu holistik (bütünleyici) ve tarihsel siteler durmadan kuşatılan peyzajlarla birlikte bütün hale gelmiştir. CBS, sanal tarihsel koleksiyonlar ve arşivlerin gelişiminde kritik bir bileşen olarak tanınmıştır<sup>96</sup>.

Fotogrametrik yolla ve diğer yöntemlerle elde edilen bilgilerin bilgisayar ortamında saklanması ve bu bilgiler arasında ilişkiler kurularak sorgulama yapılması şeklinde de tanımlanabilen CBS ile fotogrametrinin bir arada düşünülmesi her iki disiplinin birbirini desteklemesinden ve bu etkileşimin yıllar geçtikçe çok daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bahsi geçen bilgi sistemleri, yüksek doğrulukla hazırlanmış görüntülerden elde edilmiş geometrik verilerin sağlandığı fotogrametriyi en temel yöntem olarak kullanmaktadır.

Dijital fotogrametri ile birlikte kullanılan CBS'nin esas amacı, tarihi eser veya alanlar hakkında yapılan çalışmalara kolaylıkla ulaşılabilecek bir ortam hazırlanmasıdır. CBS, diğer bir deyişle bir bilgi sisteminin oluşturabilmesi için, tarihi alan veya eserlerin korunması konusunda çalışan ya da bu konuyla ilgilenen kişilerin ulaşabilecekleri grafik ve grafik olmayan verilere gereksinim duyulmaktadır<sup>97</sup>. Son zamanlarda CBS, arkeolojik çalışmalarda artan bir şekilde, özellikle kültürel mirasın korunmasını amaçlayan projelerde kullanılmaktadır. CBS'nin tercih edilme sebebi, yüksek kapasitesinin kullanılarak farklı verilerin koleksiyonlarıyla (arkeolojik, mimari, tarihi v.b.) bunları bağlayan uzaysal verinin yönetimini, temsilini ve ileri seviyede depolanmasına yardımcı olmasıdır. Bu arşivler uygun bir şekilde topografi haritaları üzerinde, uzaysal referansla birçok anlamsal seviyede uygulanabilir.

CBS'i yapılandırırken göz önünde bulundurulmuş ana özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

---

<sup>96</sup> Toz- Duran 2004, 3.

<sup>97</sup> Duran 2003, 2.

- Arkeolojik bulgulardan mimari yapılara, kasaba ve alana kadar çeşitlilik gösteren çalışmanın ihtiyaçlarını karşılamak için CBS'nin en önemli özelliklerinden biri olan çok ölçekli özellik.
- İkinci önemli özellik ise, uzaysal verinin sürekli olarak güncelleştirilmesine yardım etmek için düzenlenmiş sistem, kazılan alanlar hakkında, kazılar ve restorasyonlar tarafından üretilen metrik bilginin stratifikasyonu, diğer bir deyişle herhangi bir transformasyonun (değişimin) izini sürmek.

Bu son özellik, bağlantılı veritabanının (ServerDBMS üzerine temellenmiş) fark edilmesi ile desteklenmektedir. Bu veritabanı, topografi noktaları ve dünya üzerindeki önemli yerleri arşivleyen veridir. Bir tarafta bu arşiv detayı, survey için her bir branşın çalışma gruplarına dağıtılan şehir alanı üzerindeki büyük miktardaki noktaların bilinen koordinatlarının plano altimetrik kullanımı sağlamak ve diğer tarafta bağlantılı veritabanı yapı ve sürekli olarak yerleştirilmesi www'deki diğer veri koleksiyonlarında ve uzaysal bilginin gelecekteki kullanımı için ilk adımı oluşturmaktadır.

CBS'i planlamak için kullanılan temel kavramlardan biri bilinçtir. Bu da şu anlama gelmektedir; okuma yeteneği ve veri teması ve dahası farklı sınıflar arasındaki sorgulama ve kurum ilişkisi, temel veri işletimini geliştirmek için, gerçek sistem yeteneği tamamen düzenlemenin temel yapısından kaynaklanmaktadır<sup>98</sup>.

#### **4.4. ARKEOLOJİDE FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERİN SINIFLANDIRILMASI**

Bu çalışmada, arkeolojik alan içersinde fotogrametrik yöntemler beş farklı başlık altında incelenmiştir. Nesnenin mekanına ve durumuna göre fotogrametri uygulamaları da çeşitlilik göstermektedir. Yakın mesafe, uzaktan algılama, hava ve sualtı fotogrametrisinin yanı sıra, günümüz teknolojisi sayesinde gelişen dijital fotogrametri ve ona destek olan bir başka yöntem; lazer taramanın, arkeolojik alanlarda kullanımına değinilmiştir.

Sonrasında, kullanım alanlarına göre çeşitlenen bu yöntemlerin daha iyi kavranması için, konu içersinde bahsi geçen birkaç örnek dışında “Arkeolojik Araştırmalarda,

---

<sup>98</sup> Spanò- Astori 2005, 1.

Fotogrametrik Verilerin Ölçeğe Bağlı Değerlendirilmesi ve Sunumu” başlığı altında daha fazla örnek çalışmaya yer verilmiştir.

#### 4.4.1. ARKEOLOJİDE YAKIN MESAFE (YERSEL) FOTOGRAFETRİ YÖNTEMİ

Plançete fotogrametrisi ile başlayan fotogrametri bilimi, bilimsel ve teknolojik gelişmelere paralel olarak analog, analitik ve dijital fotogrametri ile gelişme sürecini devam ettirmektedir. Fotogrametri bu süreç içerisinde bir çok alanda uygulanma imkanı bulmuştur.

Fotogrametrinin ilk uygulamaları yersel fotogrametri alanında olmuştur. Fotoğrafın bulunuşundan kısa bir sonra 1858 yılında Alman Meydenbauer, fotoğrafın nesnel içeriğini ölçme tekniği ile birleştirerek, yıkılan bir kilisenin eldeki mevcut resimlere göre onarımını gerçekleştirmişti. Aynı zamanda fotogrametrinin de ilk kurucularından sayılan Meydenbauer kültür yapıtlarının belgeleneceği bir merkezi örgüte duyulan ihtiyacı daha o zamanlar görmüş ve büyük çabalarla 1883 yılında Berlin’de ilk ulusal fotogrametrik dokümantasyon merkezini (Prusya Resim Örgütü) kurmuştur<sup>99</sup>.

Yersel fotogrametri, alım uzaklığının yani kamera ile nesne arasındaki uzaklığın yakın alan içinde sınırlandığı bir yöntemdir. Söz konusu alanın kabaca mikroskop gözlemlerinde olduğu gibi mikrometre mertebesinde yaklaşık 300 m’ye kadar uzandığı kabul edilir.

Bilgisayar teknolojisine bağlı olarak alet üretimindeki gelişmeler, yersel fotogrametrinin özellikle endüstride ve uygulamalı mühendislik gibi alanlardaki uygulama imkânlarını arttırmaktadır.

Yersel fotogrametride resimler ya çift resim ya da tek resim alım kameraları ile çekilir. Çoğu kez 25 m’ye kadar olan uzaklıkta, stereometrik kameralarla çift fotoğraf alımı yapılır. Bu uzaklıktan sonra tek resim alımı için tek resim alım kameraları veya geçmişte olduğu gibi fototeodolitler kullanılır. 25 m’ye kadar olan çekim uzaklıklarında uygulanan fotogrametriye “Yakın Resim Fotogrametrisi” adı verilir.

---

<sup>99</sup> Yılmaz 2000, bkz. Dipnot.2, 6, 28.

Özellikle mimarlık, tıp, arkeoloji ve endüstri fotogrametrisinde, yersel fotogrametrik alımlar için özel olarak imal edilen kameralar (metrik kameralar) yerine ucuz, basit ve piyasada bol bulunan metrik olmayan kameraların kullanımı için yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Metrik olmayan kameraların fotoğraf çekiminde kullanılması durumunda, iç yöneltme elemanları yani kamera ve objektife ilişkin değerleri bilinmemektedir<sup>100</sup>.

Yersel Fotogrametrinin en önemli avantajı, son derece doğru olması, cisimle herhangi bir temas olmadan istenen noktaların üç boyutlu (X, Y, Z) değerlerinin elde edilebilmesidir. Ölçülecek cisim, bir sikkeden, bir tapınağa veya çok daha büyük bir alana kadar hemen hemen her şey olabilir. Bundan başka cisimler statik değil; hareketli de olabilir.

Yersel fotogrametri oldukça geniş kullanım alanlarına sahiptir<sup>101</sup>. Mimarlık, arkeoloji, trafik kazaları, deformasyon ölçmeleri, tıp, veterinerlik, endüstri, orman endüstrisi, otomobil endüstrisi gibi alanların yanı sıra dijital sistemlerde erişilen nokta sayesinde yersel fotogrametrinin uygulama alanları kişinin hayal gücüne dayanmaktadır<sup>102</sup>.

Yersel fotogrametrinin arkeoloji alanında uygulaması genel olarak üç şekilde ortaya çıkmaktadır:

1. Tarihi site alanlarının genel olarak kaydedilmesi
2. Arkeolojik kazılarda kaydedilen sitenin plan, kesit ve profillerinin çizimi
3. Kazılarda bulunan eşya vb. eserlerin kaydedilmesi ve aslına uygun ölçekli çizimleri<sup>103</sup>.

#### **4.4.2. ARKEOLOJİDE UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİ**

Ülkelerin ekonomik gelişmesinin temeli, doğal kaynaklarının en verimli bir şekilde kullanılmasına bağlıdır. Gelişmiş ülkeler kaynaklarını bu şekilde kullanırken geliştirmekte olan ülkeler genellikle doğal kaynaklarının nitelik ve niceliklerine ilişkin yeterli bilgilerden henüz yoksundurlar. Bu nedenle, özellikle az gelişmiş ülkelerde doğal kaynakların yeterli biçimde haritalanmamış olması sonucu toprak ve su kaynakları, işlenen toprakların dağılımı, orman ve

---

<sup>100</sup> a.g.e. 18.

<sup>101</sup> Çay-Ceylan 2001, 372.

<sup>102</sup> Yılmaz 2000, bkz. Dipnot 2,6, , 18 v.d.

<sup>103</sup> Baş (1993) 140.

otlaklar ile madenlerin yerleri ve miktarları hakkında tam ve kesin veriler elde bulunmamaktadır.

Doğal çevrenin önemli bir bölümünün dinamik nitelikte olması bunların bir kez belirlenmesi ile yetinilmeyip sık sık takip edilmelerini gerektirmektedir. Bunun için de, modern havacılık ve uzay teknolojilerinden yararlanılır. Uzaktan algılama adı verilen yöntemle havadan ve uzaydan elde edilen görüntüler yorumlanabilir<sup>104</sup>.

Uydu görüntü analizlerinin ve havadan fotoğraf yorumlarının son zamanlardaki gelişimi, kültürel miras dokümantasyonlarında önemli bir role sahip olmakla birlikte arkeolojik alanların ve bulguların, olayı yerinde inceleme yöntemleri dolayısıyla modern arkeolojinin hedeflerini desteklemektedir<sup>105</sup>.

#### **4.4.3. ARKEOLOJİDE HAVA VE BALON FOTOGRAMETRİSİ**

Fotogrametride asıl gelişme, resmin havadan çekimiyle başlamıştır. Bu nedenle resim ölçme işlemi hava fotogrametrisinde geniş bir yer bulur. Hava fotoğraflarının sistematik olarak kullanılması ancak I. Dünya Savaşı ile yaygın bir kullanıma sahip olan motorlu uçakların gelişmesiyle ortaya çıkmıştır.

Bu konu başlığında incelenecek olan ilk konu sonuçları son derece umut verici olan Yunanistan'da Yunan Kültürel Miras Kaydı için kullanılan Topotech İncelemeleri'nden oluşmaktadır. Topotech, bir yapının 3D kaydını yapacak olan İnsansız Hava Aracının gerçekleştirilmesi ve birleştirilmesini içeren bir planlamadır. Bu çalışma araştırmayı yapan Vassilis Fotinopoulos tarafından hiçbir halk veya hükümet desteği almadan özel olarak finanse edilmiştir.

Topotech, ilk olarak 1996'da patentlenmiş bir reflektör kullanmıştır. Bu Yunan yapılarının kaydı için ilk iç gelişme idi. Yunan arkeolojik incelemelerde yapının veya kazının en üst noktasında gerçekleşen kazanılmış geniş tecrübeye genellikle şehir incelemecileri ulaşamaz. Örneğin antik duvarlar, halkı savaşçılardan korumak için savunma amaçlı inşa edilmişti. Bu sebeple tek başına çalışan incelemeciye yapının üst kısmını kayıtlamak için özel ekipmanlar gerekmektedir. Yapının üst bölümüne ait bir diyagramın üretimi için ihtiyaç

<sup>104</sup> <http://abone.tnn.net/korayoskay/geomatic/fotogrametri/uzalgilama/uzak.htm> (20.04.2006)

<sup>105</sup> Spanò- Astori, 2005, 1.

duyulan detayların gerekli seviyesi ve tipini, bir diyagram veya bir orto mozaik olarak kayıtlamak için ideal bir uygulama olan fotogrametri metodu tespit eder<sup>106</sup>.

#### 4.4.4. SUALTI ARKEOLOJİSİNDE FOTOGRAMETRİ

Havasal olarak bir hayli gelişmiş kayıtlanan ve hesaplanan fotogrametrik prosedürlere rağmen sualtı nesnelere ölçülmesindeki fotogrametrik prosedür uygulamaları daha azdır. Bunun çeşitli nedenleri vardır:

- Sualtı çalışmaları yabancı bir kişinin hayatta kalması tamamiyle hava tedariğine bağlıdır. Öncelikle bu en basit maddeyi çözümlenmesi gerekmektedir.
- Sualtı nesne fotoğrafçılığı geleneksel atmosfer çalışmalarından farklı bir yaklaşım gerektirmektedir. Optik fenomenlere bağlı olan problemlerle karşılaşmaktadır. Su aydınlatmasını artırma ve su/hava arasındaki kırılma indisi; bunlar fotogrametrinin temel konsepti olan “merkezi perspektif görüntüleme”yi rahatsız eden faktörlerdir. Sualtıdaki atmosfer sergilenen eşyalar için pek uygun değildir. Günışığına benzer yapay bir aydınlatmaya sık sık gerek duyulur.
- Fotografik malzemelerin gelişimi fotogrametrinin sualtında kullanımı için uygundur. Geleneksel atmosfer kameraları bu ortamda kullanılamaz ve özel optik sistemli kameralara ihtiyaç duyulur. Üstelik kameralar su geçirmez ve basınca dirençli ortamlarda kullanılabilir özellikte olmalıdır.

Sualtı nesnelere üzerinde fotogrametrik hesaplama tekniklerinin uygulanmasına artan ilgi 1970’lerin erken döneminden bu yana söz konusudur. Denizaltındaki ilk çalışmalar deniz yatağı, gemi kazaları, arkeolojik alanlar ve biyolojik deniz örneklerinin haritalanmasında yoğunlaşmıştır. Daha sonraki yıllarda kıyıda uzak petrol ve gaz endüstrisinin büyümesi ile bu alanda pek çok yeni uygulamalar yapılmıştır.

Dünya çapında okyanus kaynakları üzerine sualtı hesaplamalarındaki araçların değerli hale gelmesiyle dikkatler bu konuya odaklanmıştır. Bu bağlamda, fotogrametrinin iki tipiyle karşılaşılır:

---

<sup>106</sup> Fotinopoulos 2004, 1.

1. Kamera ve nesnenin sualtında olduğu durumlar
2. Su üstündeki kamera ile sualtındaki nesne durumları

Bu her iki tip fotogrametri uygulamasında benzer problemlerle karşılaşmaktadır<sup>107</sup>.

Sualtı arkeoloji incelemelerinde fotogrametri kullanımının birkaç örneği vardır. Arkeolojik haritalandırma Akdeniz’de 1964’te ve 1967’de sualtından çekilmiş fotoğraflar kullanılarak tamamlanmıştır. “Normal” olarak ayarlanmış 70 mm bir kamera çifti ile sualtında 1.6 m’ye ayrı ayrı indirilerek çalışılmıştır. Sarsıntılar, izlenmiş ve analog göreceli bir prosedür analiz için benimsenmiştir. Kesinlik  $\pm 40$  mm’dir ; bu deniz enkazı 6x12 m’lik bir alanı çevreler.

Kıbrıs yakınlarında bulunan M.Ö. 4.yy’a ait bir deniz kazasındaki ahşap gövdeye ait fotogrametrik bir inceleme Höhle’de betimlenmiştir (1971). Gemi kazası suyun 30 m derinliğinde 4x8 m.lik alanı çevrelemiştir. Fotoğraflar enkazın 6 m üzerinden Nikonus-II kamera çiftleriyle çekilmiştir. Kontrol çerçevesi, kalibrasyon ayarlarına izin veren fotoğraf çekimi sırasında enkaz üzerine yerleştirilmiştir. 1/10 ölçekli bir haritada bir Zeiss stereotope ile üretilmiştir. Planda  $\pm 10$  mm.lik ve yükseklikte  $\pm 25$  mm.lik kesinlik elde edilmiştir.

Son zamanlarda, Bell (1986) 1565’te batmış olan Basque Gemisi’nin kalıntılarına ait detaylandırılarak kaydedilmiş çizimler üretmek için fotogrametri kullanımını tanımlamıştır ve bu batığı Kanada, Labrador’da suyun 12 m derinliğinde olduğunu belirlemiştir. Fotoğraf çekimi batığın 2 m üzerinden arası 0.5 m. olan Nikonus III kamera çiftleriyle çekilmiştir. 1/10 ölçekli çizimler, Nikonus kameraların distorsiyonu için düzeltme yapmadan bir Wild A7 marka stereoplotter’da üretilmişlerdir.  $\pm 10$  mm.lik planimetrik bir kesinlik elde edilmiştir<sup>108</sup>.

---

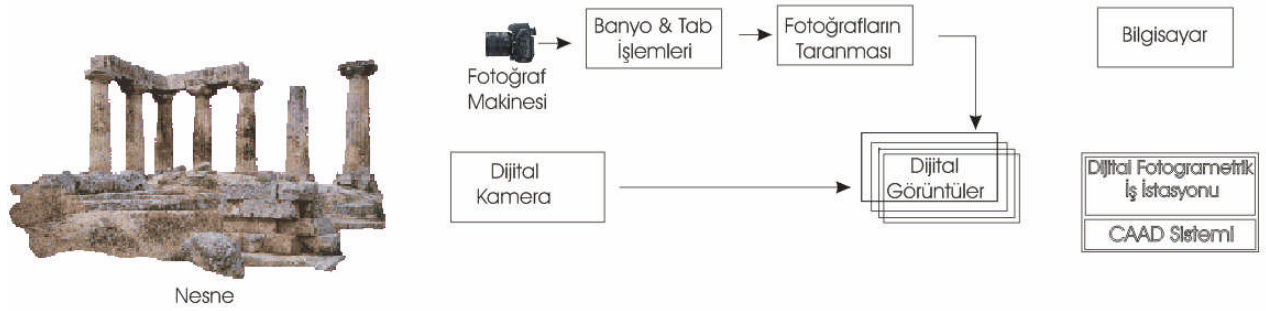
<sup>107</sup> Karara (1989) 147.

<sup>108</sup> a.g.e., 158.



#### 4.4.5. ARKEOLOJİ ALANINDA DİJİTAL FOTOGRAMETRİ VE LAZER TARAMANIN KULLANIMI

Fotogrametrik olarak tüm veri ve sonuçların dijital ortamda olduğu bilim dalı olarak tanımlanabilen dijital fotogrametride, tüm işlem adımları bilgisayar yardımıyla gerçekleştirilmektedir<sup>109</sup>. Teknolojik gelişmelere paralel olarak şu anda fotogrametrinin ulaştığı son aşama dijital fotogrametridir. Dijital fotogrametride sayısal görüntüler kullanılmaktadır. Sayısal görüntüler ya doğrudan ya da hardcopy resimlerin taranması sonucu elde edilmektedir<sup>110</sup> (Tab. XI).



Tablo XI. Dijital Fotogrametride dijital verilerin elde edilmesi.

Dijital görüntü kullanımı sayesinde, optik-mekanik araçlar olmadan dijital resimlerin bilgisayar ekranından ölçülmektedir. Ölçme sistemleri, kalibrasyon gerektirmeyen değişmez sistemlerdir ve bu sistemlerde görüntü kalitesi artırılabilir. Dijital görüntü kullanımı, uygulamaların gerçek zamanlı veya çok yakın zamanlarda yapılmasına olanak verir<sup>111</sup>.

Dijital fotogrametrik uygulamalarda en önemli adım doğru dijital görüntü elde edilmesidir. Bu, günümüz teknolojisinde iki farklı yöntemle gerçekleştirilmektedir:

1. CCD Kameralar
2. Tarayıcılar

<sup>109</sup> Duran 2003, 8.

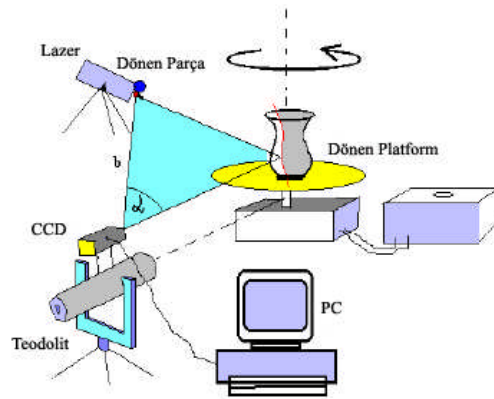
<sup>110</sup> Yıldız - Yakar 2001, 371.

<sup>111</sup> Duran 2003, 9.

İlk yöntem olan CCD kameralarla, diğer bir deyişle iki boyutlu çizgisel algılayıcılarla elde edilen dijital görüntüler tarayıcılara göre daha yaygın bir kullanım alanına sahiptir. CCD kameralara ait çözünürlüklerin mevcut teknoloji ile sınırlı olmaları, bu kameraların en önemli özelliğidir. İkinci yöntem olarak ele alınan tarayıcılar, CCD kameralarla elde edilmiş dijital görüntülerden çok daha yüksek çözünürlüğe sahiptirler. Dijital görüntü elde etme süreci fotoğraf makinelerine göre çok daha zahmetli ve uzundur<sup>112</sup>.

Prag'taki, Çek Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Haritalama ve Kartografya Bölümü hocalarından Tomas Dolansky ve Fotogrametri Laboratuvarı başkanı Karel Pavelka, nesnelerin 3D belgelenmesinde birkaç yeni metot geliştirmeye çalışmışlardır. Projenin amacı, 3D belgelemeye özel düşük maliyetli bir alet geliştirmektir. Birleştirilmiş çeşitli elektronik aletlerle (CCD Kamera, Lazer İşaretleyici, Bilgisayar ve Mesafe Ölçer v.b.) yeni lazer sensör geliştirilmiştir.

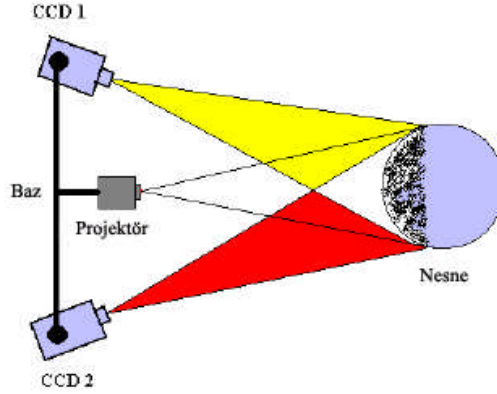
Küçük heykeller, vazolar gibi küçük nesneler için kendi etrafında 360° dönebilen bir platform yapılmıştır. Lazer ışını, optik olarak nesne üzerine ince bir çizgiyle modifiye edilmiştir ve CCD kameralı bir ana modülden oluşmuştur. Ölçümlenecek nesne, dönüş hızı değişebilen dönen bir platform üzerine yerleştirilmiştir. Tüm görüntüler PC'de depolanmış ve özel bir yazılım kullanılarak işleme tabi tutulmuştur. İşaretli nesnenin noktalarındaki gerçek 3D koordinatlar görüntü koordinatlarından hesaplanmıştır (Şek.23).



Şekil 23. Dönen Platformun çalışma prensibi.

<sup>112</sup> Duran 2003, 12.

Görüntü projektörü, nesne üzerine planlı bir şekilde ışık göndermekte ve nesne iki CCD kamera ile kaydedilmektedir (Şek.24). Bu sistem, nesnenin bütünüyle belgelenmesi için 360° dönen bir platform kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 24. İki Kamera Prensibi.

Basit dijital kamera ve lazer üzerine temellendirilmiş düşük maliyetli bu sistem, teknoloji testlerinden başarıyla geçtiğinde küçük ölçekli nesnelere üzerinde yapılacak fotogrametrik hesaplamalar, lazer tarama kolaylığı ile çok daha az zaman harcanarak yapılabilecektir<sup>113</sup>.

Son yıllardaki araştırmalar, yersel üç boyutlu lazer taramadaki bu tekniğin mimari ve arkeolojik kayıtlar için güçlü bir araç olarak hizmet verme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle bu teknik, daha çok heykel ve anıtların kaydı için önemlidir. Yersel lazer taramalar iki gruba ayrılmaktadır:

1. *Triyangülasyon Tarayıcılar*, tek bir ünite içinde lazer ve CCD içermektedir. CCD, obje üzerine yansıtılan lazer ışığının rengini kaydetmek için kullanılmaktadır. Genellikle, tarayıcının (uzun menzilli tarayıcılar) objeye uzaklığı, 2 m'den daha azdır. Bu tip tarayıcıların çözünürlüğü ve doğruluğu 1 mm'den daha iyidir.
2. *Uçuş Tarayıcıları* (yersel LIDAR), objenin yüzeyi üzerindeki noktaya olan uzaklığı ölçmek için eğimli lazerlerin kullanımınıdır. 2-100 m mesafe uzaklığı ve birkaç mm'lik çözünürlüğe sahip bu tarayıcılar<sup>114</sup>, birkaç firma tarafından üretilmektedir. Bu

<sup>113</sup> Pavelka- Dolansky 2003, 534 v.d.

<sup>114</sup> Uçuş tarayıcılarına örnek olarak, Cyra Teknolojileri, Callidus Kesinlik Sistemleri, MENSI, Riegl Lazer Hesaplama Sistemleri, Zolleral Froehlich verilebilir; bkz. Ioannidis- Tsakiri 2003, 517.

sistemler, kompleks anıtların kaydını gerektiren uygulamalarda memnun edici sonuçlar sağlamamaktadır. Ayrıca veri edinim hızı, triyngölasyon tarayıcılara nazaran daha yavaştır.

Büyük objelerin kayıtlarını gerektiren uygulamalarda, lazer tarayıcıların genellikle fotogrametrik metotlarla kombine veya entegre kullanımı, her bir tekniğin tek başına kullanımından çok daha iyi sonuçlar vermektedir<sup>115</sup>.

Bu konu başlığında incelenecek diğeri bir örnek; 1555 ile 1565 yılları arasında İmparator V. Karl'ın kardeşi I. Ferdinand zamanında yaptırılan Tyrol şehri'ndeki Alman İmparatoru I. Maximilian'a ait anıt mezar üzerinde yakın mesafe fotogrametrisi ve 3D tarama teknikleri ile metrik bir belgeleme çalışmasıdır. Yapının tüm çevresi, 3D tarama olan MENSİ S25 ve rölyef plakalar için yüksek çözünürlükte bir GOM ATOS ile taranmıştır. Zira, fotogrametrik stereo modellerinden çizgi plot çizimleri anıt mezarın gerçekten yeterli bir betimini vermez. Tarama sonuçlarında kullanılan 3D canlandırma veri modelleme sonrası tamamlanmış geometrinin çok daha iyi bir izlenimini elde edebilir<sup>116</sup>.



Resim 27. Ölçümlendirme çalışması sırasında kafes ve camlar olmadan anıt mezarın görünümü.

<sup>115</sup> Ioannidis- Tsakiri 2003, 517 v.d.; burada bahsi geçen konuya ait detaylı örnek bir çalışma. 4.7.9.2 numaralı konu başlığında işlenmiştir.

<sup>116</sup> Boehler- Vicent 2003, 474.

Anıt mezar (Res.27) yaklaşık 3x5 m'den ibarettir. İmparator heykelinin en üstü tabandan 4.5 m yüksektedir. Anıt mezar, iki yatay sıraya gömülü beyaz mermer (her biri yaklaşık 82x55 cm) ile 24 rölyef içeren siyah bir mermer çerçeveden oluşur. Bu rölyefler İmparator I. Maximilian'ın yaşamından sahneler gösterir. Mezarın üzerinde diz çöken imparator figürünü dört köşede düzenlenen dört temel erdem betimi çevrelemektedir. Bahsedilen tüm figürler koyu bronzdur.

Mezarın sanat-tarihsel ve jeometrik belgeleme açısından koruma ve restorasyon imkanı ilk kez 1568de tamamlandığı sıralarda başlatılmıştır. Anıt mezar, yüzyıllardır işlenmiş demir kafes içinde ziyaretçileri karşılamıştır (Res.28).



Resim 28. Anıt mezarın restorasyon öncesi kafes arkasındaki genel görüntüsü.

Ayrıca beyaz rölyefler, cam plakalarla korunmuştur. Mayıs 2002'de anıt mezarın sağ yarısı tamamiyle restore edilmiştir. Klasik yakın mesafe fotogrametrisi anıt mezarın bütün ölçümleri için kullanılmıştır. Diğer bir yol ise, rölyeflerin yüksek çözünürlükleri için 3D belgeleme, 3D tarama tekniklerinin kullanılmasıyla tamamlanmak zorunda kalmıştır. Nesnenin 3D tarayıcılarla jeometrik incelemesi fotoğraflardan radyometrik bilgilerle bu her iki teknik bir uzman tarafından kullanıldığı zaman gelecekte birleştirilebilecektir. Ölçümler, birbirinden bağımsız üç takımla başarılmıştır. Tüm ölçümler tam olarak birleştirilmiş ve doğru bir şekilde programlanmıştır.

Anıt mezarın tam bir taraması, MENSİ S25 üçgenlere ayırma tipli lazer tarayıcı ile yapılmıştır. Nokta yoğunluğu 2 mm seçilmiştir. Toplam 10 milyon noktadan 20 gözlem yeri,

60 saatlik tarama zamanı ile kaydedilmiştir. Sadece ve sadece 5 m'lik bir tarama alanı aşılmamıştır. MENSIS25 1 mmden daha iyi bir nokta kesinliği sağlayacaktır.

Mermer rölyeflerin çok iyi detayları olduğundan onların belgelenmesinde çok yüksek bir hassas tarayıcı gereklidir. Bu iş için GOM ATOS II tarayıcı seçilmiştir. Sonuç görüntülerini analiz etmek için iki kamera kullanılır. Yüksek çözünürlük önemli olduğundan beri 400 mm ve 35 mm'lik kameralar seçilmiştir. Bu yapılandırma içinde tarayıcı 175x140 mm'lik bir alan içinde 1.3 milyon piksel içerir. Böylece, bir tarama 12 rölyefi çevreleyebilir. Emilmeler dolayısıyla saklanmış alanları azaltmak için gerek duyulan ekstra pek çok tarama göz ardı edilmiştir. Tek bir rölyefe ait RAW veri 450-700 MB büyüklüğündedir.

Tüm nesnenin fotogrametrik belgelenmesi, kültürel miras belgelenmede özel bir inceleme kuruluşu tarafından yapılmıştır. Bir Zeiss UMK metrik kamera kullanılmıştır. ek olarak, stereo görüntüler, her bir rölyef için yüksek çözünürlüklü SB film kullanılmıştır. Ortogonal görüntüler için de, sonraki düzeltme ve/veya yapılandırma için renkli filmler kullanılır.

Çok geniş çaptaki veri miktarını depolamak için 1.5 GB'lık, 128 MB RAM, GeForce4 4600 video kart içeren 2.667 GHz bir PC sağlanmıştır. En erken raporlarda olduğu gibi, düzensiz yüzeylerin geniş 3D modelleri için yazılım tercihleri çok dikkat gerektirmektedir. Raindrop Geomagic Studio (en son 4.1 ve 5 versiyonu kullanılan) son derece "çok yönlü" olarak kanıtlanmıştır. Buna rağmen, bu yazılımla bile tüm işlem adımlarını çalıştırmak mümkün değildir.

Yüksek çözünürlüklü model yani rölyef için bir model lde etmek için ilk adım tüm taramalar (35in üzerinde) Geomagic Raindrop Studio'ya aktarılmıştır. Rölyef alanı dışındaki tüm noktalar silindikten sonra, çeşitli taramalar tek bir veri olarak birleştirilmiştir. Seyrekleştirme safhasında. nesne nokta yoğunluğu, oldukça değişir. Ön plandaki alanlar pek çok tarama yapılarak farklı bakış açılarından kaydedilmiş olabilir. Arka plandaki alanlar ise, sadece bir defa taranmış olabilir; ya da tamamiyle gözden kaçmış bile olabilir. Seyrekleştirme metodunun amacı; tekrar tekrar taranmış alanlar içinde fazla noktaları silmektir. Aynı zamanda, noktaların toplam sayısını, takip eden metodların bazıları için –özellikle boşluk doldurmayı izleyen birbirine geçme (ağ işlemi) metodu kritik bir değer olan 4 milyon noktadan daha da azaltmaktır. Bazı deneyler sonrasında en iyi çözüm, noktalar ilk

seyrekleştirildiğinde başarılabilir. Otomatik birbirine geçme metodu 4 milyon noktadan yaklaşık 8 milyon üçgen yaratır. Donanım ve yazılım kullanımıyla bu süreç 10-15 dakika alır. Modelleme sonunda nesne, yalnızca devamlı bir ağ tarafından çevrenmelidir. İlk ağ işleminde, çeşitli izole edilmiş ağ yüzeyleri sonuçlanabilir. Eğer yüzey önemli ise (bir kalkan yüzeyinde olduğu gibi) bu, uygun üçgenleri içeren temel ağ için manuel olarak bağlanır. Bundan dolayı, çeşitli ağ örnekleri az sonraki adımlarda tanımlandığı gibi verinin manipülasyonu sonrasında tekrarlanmalıdır.

Geomagic Raindrop'a ait temizleme metodu, geniş yön farkları gösteren komşu üçgenler ayarlar. Bu, nokta verisinin tringülasyonunun ve ağın gevşemesine ait kesin bir uzatma içindeki sonuçların değişen karışık şekilli- temizleme algoritmasını uygular. Temizleme metodu, yalnızca 6 milyon üçgeni tutabilir. Bu sebeple, rölyef ayrı ayrı işleyen 2 bölüme ayrılmaktadır.

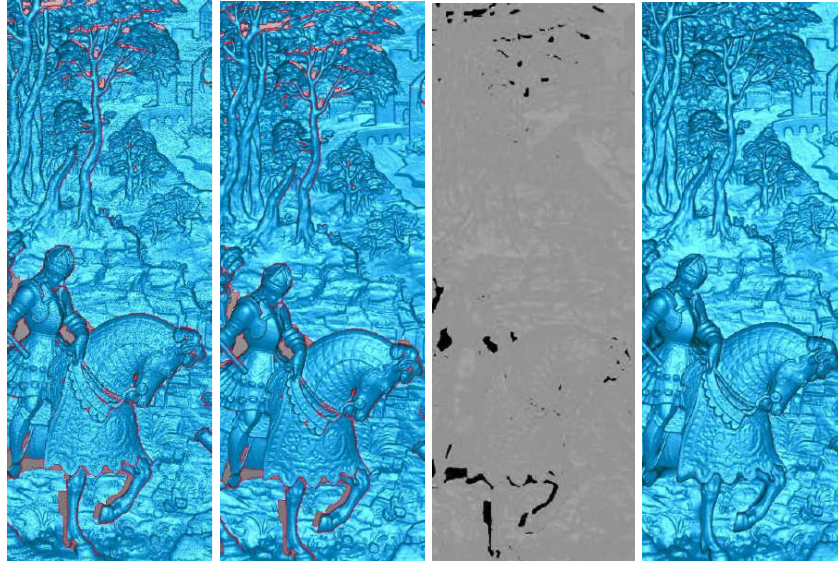
Rölyeflerin bazı bölümleri, hatta farklı üçgenlerden pek çok tarama bile kaydedilmemiş kalır. Bu, çok keskin kenarlar, herhangi bir gözlem noktasından denetlenemeyen serbest bir yerdeki figürler ve nesnelere içeren rölyeflerin çok detaylandırılmış yapıları yüzündendir. Tarayıcının kayıtlama metodu, öge tabanının sonundaki iki kameraya ek olarak ışık projektöründen görünür olması için herhangi bir yüzey alanını ister. Bu gerçek sonuçlar, nesne içindeki ekstra kaçınılmaz boşluklardır.

Boşluklar doldurulmadan önce, rölyef 6 parçaya bölünmüştür. Çünkü doldurma işlemi, 2 milyon üçgenden daha fazla yüklüyse problematik olarak kanıtlanabilir.

Geomagic Raindrop otomatik olarak var olan alanın eğriliği üzerine yeni nokta tabanlı araya konulan boşluk doldurma metodunu gerçekleştirir. Bu çalışmalar, alan düz ve eğrilik düzgün bir şekilde değiştiğinde iyidir. Çoğunlukla bir boşluğun kenarında kaydedilmiş son noktalar, geniş sapmalar gösterir. Bununla birlikte, bu noktalar bitişik boşluk sonundaki nesne parçaları tarafından kısmen kapatılmıştır. Bu boşluklar, otomatik doldurma sonrasında aynı kalır. Bu açıdan, boşluklar etrafındaki üçgenlerin son sırası çıkarılmış ve otomatik doldurma metodu yeniden uygulandığında çoğu boşluk için başarılı olacaktır. Eğer boşlukların çevresinde olağandışı olmayan nesne yapısı çok karmaşık ise boşluk doldurma, çok zaman harcayan etkileşimli bir manuel metot içinde başarılmıştır. Tek bir rölyef için boşluk doldurma davranışı 4 çalışma günü isteyebilir.

Tüm boşluklar, 6 ayrı bölümden çıkarıldığında rölyef modeli yeniden birleştirilmiştir. Yukarıda bahsedilen “ağ poligon nesnelere” metodu, yalnızca yaklaşık 4 milyon noktayı tutabilir. Bu çok yüksek çözünürlüklü bir modelin neden tam bir rölyef için üretilemeyeceğinin sebebidir. Eğer önceden ayrı bir bölümden diğer birine uzanan herhangi bir nokta bırakılmışsa, tüm boşluğu içeren bu alan şimdi seçilmiştir. Boşluklar doldurulmuş ve ayrılmış alan modelin kalanıyla yeniden birleştirilmiştir.

Boşluk doldurma metodu içinde yaratılmış olan bütün noktalar ve üçgenler, çok yüksek çözünürlüklü model yaratıldığında yeniden kullanılabilen ayrı bir dosya içinde depolanmıştır.



Resim 29. Geomagic Raindrop Yazılımı. UL: ilk birleştirme sonucu. UR: Çeşitli birleşme ve temizlemeler

Takip eden metotlar iyi model için tarif edilende olduğu gibi aynıdır: noktalar, birleştirilmiş ve temizlenmiştir. Çeşitli kontroller veri değişikliklerindeki sonuçlar için her prosedür sonrasında yapılır. Modelde gözüken yeni boşluklar daha fazla hissedileceğinden birleştirme parametreleri doldurulmalıdır. Bu yeniden birleştirilen alt ayarlar için yapılmıştır.

İşlem sınırlamaları yukarıda bahsi geçen donanım ve yazılımla belirlenir. Tüm anıt mezar yapısının 3D modeli rölyef modellerle karşılaştırıldığında göreceli olarak kaba görülmektedir. Tüm yapı için iyi bir geometrik model içindeki 3D noktaların daha az kesinlikli oluşuna ek olarak 2 mm örnekleme; detaylı çözünürlük ve çevre kesinliği bununla birlikte tatmin edici değildir. Metotlar, çok yüksek çözünürlüklü model tanımlamasında



olduğu gibi aynıdır. Tüm taranmış ve birleştirilmiş bilginin kombinasyonu şimdilerde neredeyse mümkün değildir. Yakın gelecekte bunun başarılmasına yönelik küçük bir ihtimal vardır.

Belgeleme projesi sonuçları Resim 29'da sunulmuştur. Verinin tam değeri bir bilgisayar monitöründe 3D değerlendirildiğinde anlaşılabilir. 3D tarama anıt mezar ve ona bağlı rölyeflerin tamamlanmış 3D yüzeyleriyle birlikte nesnelerin geçmişte mümkün olmayan sonuçlarına yer verir. Dijital nesne modelini yapmak için fotogrametrik metotlar beyaz mermer rölyeflerde olduğu gibi bu konuda çalışılmamıştır. Çünkü yeterli yapıyı göstermez. Ortofotolar veya stereo çiftlerin kontur çizimleri bazı amaçlar için kullanışlı olabilir fakat tam bir canlı (veya gerçek) model için bilgi içermez.

Lazer tarayıcı verisine ait işlem çok zaman alıcıdır; bununla birlikte bu metot yüksek model kalitesi amaçlandığıında kullanılmaktadır. Neredeyse bu, pek çok kısıtlamadan zarar görür. Yalnızca son bilgisayar teknolojisi ve yazılımlarla bile kesin işlem adımları birleşmiş üçgen sayısı birkaç milyondan daha az olduğunda mümkündür. Eğer donanım ve yazılımdaki gelişme geçmişteki gibi hızla devam ederse, bu problemlerin birkaç sene içinde üstesinden gelinir. Lazer tarayıcı (geometrik) ve fotogrametrik (yapısal) veri kombinasyonu bile böylesi geniş ve komplike nesnelere için elverişli hale gelebilir. Tüm orijinal anıt mezar verisi arşivlenmiş, gelişmiş sonuçlar gelecekte yaratılabilir<sup>117</sup>. Nokta bulutundan şekillendirilmiş görüntü Resim 30'da incelenebilir. Mezar üzerindeki rölyeflerin bir kısmı, fotogrametrik veriler yardımıyla ve çizim makinesi yardımıyla son derece detaylı çizilmiştir (Res.31). Resim 32'de ise, yüksek çözünürlükle taranan bir görüntüden aynı rölyefin gölgeli görünüşü yapılmıştır.

---

<sup>117</sup> Boehler- Vicent 2003, 474 v.d.



Resim 30. Kaba çözünürlüklü model.



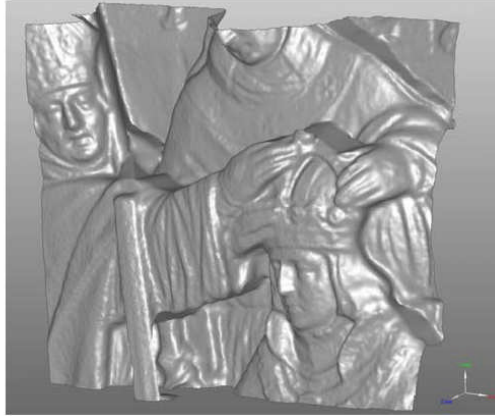
Resim 31. Stereofotogrametrik görüntülerden makine ile çizim.  
(Fotoğraf ve Makine Çizimi: Linsinger Vermessung). Ölçek 1:5.



Resim 32. Yüksek çözünürlüklü tarama verisinden gölgeli görünüş. Ölçek 1:5.



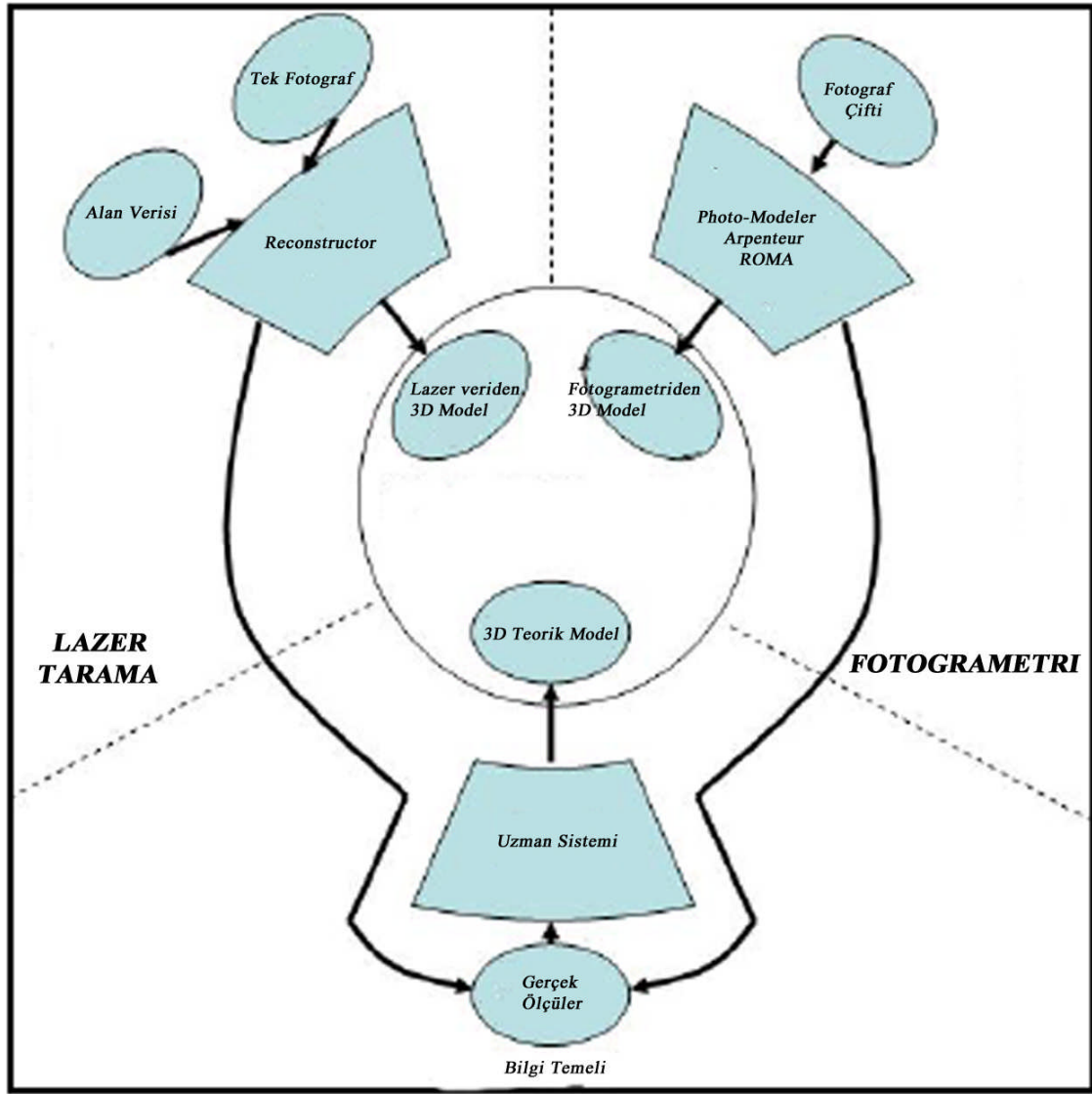
Resim 33. Res.32'den bir detay. Ölçek 1:1.



Resim 34. Res.33'ün farklı bir açıdan görünüşü.

Son olarak, Lazer Tarama teknolojisi, araştırılan nesne üzerinde algılayıcı ve noktalar arasındaki mesafeyi direkt olarak ölçerek aktif mesafe algılayıcılarına dayanmaktadır. Fotogrametrik teknoloji ise, genellikle kayıt etme, ölçüm ve fotografik görüntüleri yorumlama (pasif algılayıcı) süreçlerini temel almaktadır<sup>118</sup>. Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için Lazer Tarama ve Fotogrametrik yöntem arasındaki bağlantı ve fark, Tablo XII üzerinde incelenebilir.

<sup>118</sup> Drap- Sgrenzaroli 2003, 629.



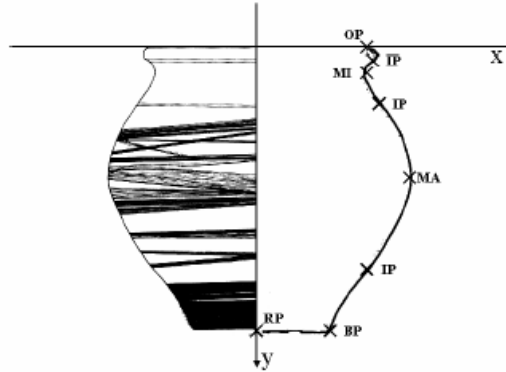
Tablo XII. Fotogrametri ile Lazer Tarama

#### 4.5. ARKEOLOJİK ARAŞTIRMALARDA FOTOGRAMETRİK VERİLERİN ÖLÇEĞE BAĞLI DEĞERLENDİRİLMESİ VE SUNUMU

Bu projede, belgelenelerde ağırlıklı olarak fotoğrafı kullanan arkeolojik araştırmalar içerisinde, özellikle kültürel mirasın belgelenmesi ve izlenmesi sürecinde öncelikle küçük ölçekli eserler (seramik, heykel, figürin vs.) üzerinde fotogrametrinin ulusal ve uluslararası örneklerle nasıl kullanıldığı incelenmiştir. Sonrasında, ölçeğe bağlı olarak sırasıyla, heykeller, mimari yapı tanımları ve arkeolojik değeri olan topografik alanlarda fotogrametrik belgeleme çalışmaları örneklendirilmiştir.

##### 4.5.1. Seramik Eserler Üzerindeki Fotogrametrik Belgelenmeler

Her arkeolojik kazı alanında yüzlerce seramik parça bulunur. Bugüne kadar arkeologlar onları el ile çizmiş ve sınıflandırmışlardır (Şek.26). Bu metot, arkeologların çok zamanını tüketir ve sınıflandırma süreci onların tecrübelerine bağlıdır.



Şekil 26. Bir çömleğin el ile çizimi; karakteristik noktalar el ile tespit edilmiştir.

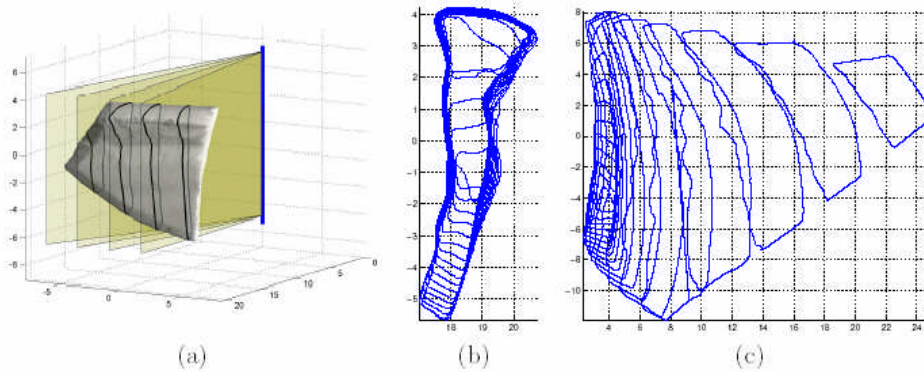
Seramikler arkeolojik buluntular arasında geniş bir alana yayılmışlardır. 19.yy'a kadar arkeolojik seramiğin fiziksel özellikleri; kültürel grupları, popülasyon hareketlerini, bölgeler arası ilişkileri, üretim koşullarını ve teknik veya işlevsel sıkıntılarını değerlendirmek için kullanılmıştır. Seramik arkeometrisi, metodolojinin bir eksikliğinden hala zarar görmektedir ve esasında bu insan yapımı seramiklerin analitik sınıflama araçlarını geliştirmek için

önemlidir. Seramik parçalarının büyük bir kısmı, “sherd” (kırık parça) olarak isimlendirilmekte ve her kazı alanında bulunmaktadırlar<sup>119</sup> (Res. 35).



Resim 35. Arşivlemede depolanan seramik dolu kutular.

Bu seramikler, fotoğraflanarak, ölçümleri alınarak ve çizilerek belgelenmişler; daha sonrasında da sınıflandırılmışlardır. *Sınıflandırmanın* amacı, kazı buluntularını sistematik bir görünüme kavuşturmadır<sup>120</sup>. Geleneksel arkeolojik sınıflandırma simetriye ait olan dönüş ekseni yönündeki seramik parçasını karşılayan nesne profili üzerine temellenmiştir. Doğru profil ve doğru dönüş ekseni arkeolojik seramiklerin yeniden yapılandırılması ve sınıflandırılması için gereklidir<sup>121</sup> (Şek. 27).



Şekil 27. (a) Arakesitlere ait örnek, (b) doğru tanımlanmış yön ekseni kullanılan çoklu profil çizgileri, (c) Yanlış dönüş ekseni kullanılan çoklu profil çizgileri

<sup>119</sup> Mara 2003, 1; bu “Arkeometri” nin inceleme alanına ait bir yaklaşımdır. Arkeometri, insanlığın kültür tarihini anlamada arkeologlara yardımcı olabilmek için antik eserlerin ve materyallerin bilimsel yöntemlerle incelenmesidir.

<sup>120</sup> a.g.e. ; .Mara- Kampel 2003, 1.

<sup>121</sup> Mara 2003, 1.

Seramik parçalarının otomatikleştirilmiş arşivleme süreci, kazanç sistemi tarafından kaydedilmektedir ve bu, sınıflandırma ve yeniden yapılandırma sürecinde oldukça temel bir tutumdur. Bir kırık parçanın profili yön adımı olarak kabul edilmiştir. Yön kelimesi, dönüş eksenini yardımıyla orijinal vazo üzerindeki parçanın tam yerini tanımlamaktadır. Asıl obje, arkeolojik seramik parçalarının otomatikleştirilmiş bir sınıflandırmasını ve yeniden yapılandırmasını yapmak içindir. Bu otomatik süreç, profili tanımlayan el ile belgelemeyle aynı işi görür<sup>122</sup>. Profil, orijinal çömleğin yeniden yapılması için kullanılmıştır. Birkaç adıma dayanan yaklaşımda ilk adım, orijinal vazo üzerine seramik parçanın tam olarak yerleştirilmesiyle tanımlanan uygun yön hesaplamasıyla başlar. Yan profil çizgisi hesaplanır ve vazo çapı ve yüksekliği gibi çeşitli ölçümler yapılır. Sonra değerlendirilen profil çizgisi ile çömlek sanal olarak yeniden yapılandırılır. Arkeologlar, profil çizgisinin karakteristik noktalarını ve onların perspektif oranlarını kırık parçanın ait olduğu vazo tipini saptamak için kullanırlar. Şekil 15, tam bir nesnenin elle çizilmiş profil çizgisine ait karakteristik noktalarını gösterir. Karakteristik noktalar, eğrilik noktası (IP), yerel maksimumlar (MA), yerel minimumlar (MI), profil çizgisinin ağız kısmına değen en dış nokta (OP), profil çizgisinin taban kısmına değen en dış nokta (BP) ve profil çizgisinin dönüş eksenine değen noktası (RP) olarak belirtilmiştir<sup>123</sup>.

En erken çalışmalarda kırık parça üzerinde bir lazer-çizim tasarısı ile doğrudan profil çizgisi elde edilen bir tarayıcı teknolojisi tanımlanmıştır. Bu lazer çizim iç bölüm için bir kamerayla dış bölüm için ikinci bir kamerayla saptanmıştır. Bu iki kameranın birleştirilmiş görüntüleri profil çizgisini içerir. Bu sistemin rahat kullanım ve otomasyon portatifliliğiyle ilgili sakıncaları vardı. Bu sebeple “*Eyetrionics ShapeSnatcher Technology*” seçilmiştir (Res.36). Çünkü bu portatiftir ve uzman bilgisi olmaksızın çalıştırılabilir. Bir CCD kameradan ve şekli elde etmek için bir flaş ışığından ibarettir. Örnek hakkındaki bilgi ve kameranın göreceli pozisyonu; ikisi birlikte, nesne yüzeyine ait noktaların koordinatlarını hesaplamak için kullanılırlar. Üç boyutlu tarayıcı tarama başındaki kırık parçanın yalnızca bir kenarını kaydettiğinden bu yana iç ve dış kenar kırık parçanın üç boyutlu tam modelini yeniden yapmak için ayrı ayrı taranmak zorundadır.

---

<sup>122</sup> Kampel- Sablatnig 2002, 2.

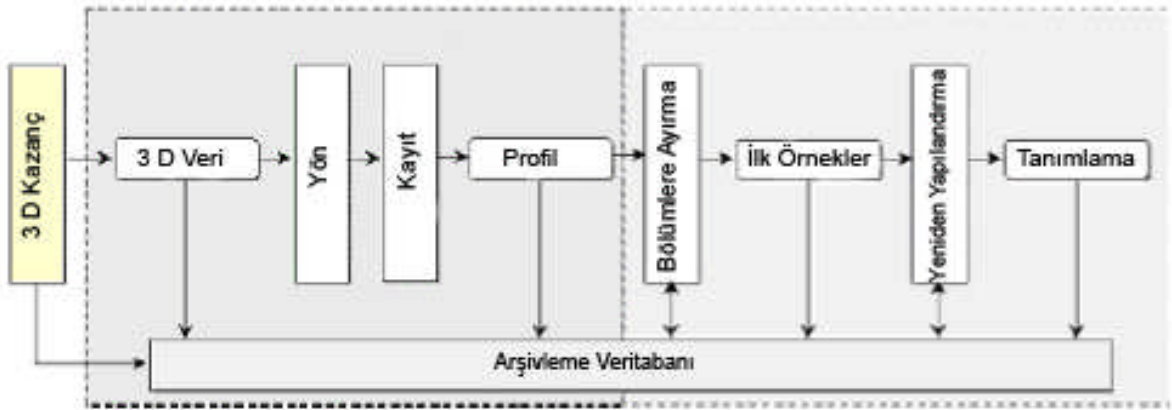
<sup>123</sup> Mara- Kampel 2003, 1.



Resim 36. Sol tarafta bir CCD kamera ve sağ üst orta kısımda flaş ışığı monte edilmiş bir "Eyetric's ShapeCam"

Belirlenmiş seramik parçaları, doğru bir şekilde tanımlamak için sınıflandırılır. Tablo XIII'te otomatikleştirilmiş arşivleme süreci gelişim adımlarına göre şematik olarak gösterilmiştir.

Burada, bir seramik parçanın belgelenme sürecindeki önemli adımlar ölçümlendirme, çizim ve tanımlama otomatikleştirilmiştir. Üç boyutlu veri yardımıyla seramik parçanın profili oluşturulmuştur. Ön görünüm, seramik parçasına ve yüzey modeline ait resimsel bilgi yardımıyla gösterilmiştir. Bu gösterim, diğer kullanıcılar için internet üzerinden bir yayın veya bir veritabanı için kullanılabilir. Bir diğer büyük avantaj, her bir spesifik arkeolojik tabakanın karakteristik özellikleri görsel ifadeler olarak yayınlanabilecektir<sup>124</sup>.



Tablo XIII. Sayısallaştırılmış Arşivleme Süreci

<sup>124</sup> Kampel- Sablatnig 2002, 2 v.d.



Bu sebeple Hubert Maya ve ekibi bu arşivleme işlemi için üç boyutlu bir tarayıcı kullanarak bir sistem geliştirmişlerdir. Böylece seramik parçanın çok daha hızlı üç boyutlu modeli çıkarılabilmektedir<sup>125</sup>.

Üç boyutlu tarayıcı ile elde edilmiş üç boyutlu bilgi, üçgenler biçiminde üç boyutlu noktalara dayanan üç boyutlu yüzey gibi saklanmıştır. Üç boyutlu model canlandırmadaki her bir yüz için dokuma denilen renkli bilgiyi içerir. Bu tepeler ve yüzler, indekslenmiş bir liste içinde saklanmıştır.

Üç boyutlu bilgiyi depolamadaki dosya formatları farklı tiplerdedir (AutoCAD, Wavefront, OpenInventor gibi). Bağımsız bir yazılım olan VRML seçilmiştir. Ücretsiz olan VRML ile bir web-tarama görülebilir.

Deneyler için kullanılan çömlekçilik bilgisi Tablo XVI'da tanımlı kaydedilmiş nesnelerin dışındakilere dayanır. Parçaların sayısı bakış başına 2'dir. Çünkü her parça için bir iç bakış, bir de dış bakış elde edilmiştir. Bir veritabanındaki depolama için poligonal geometrik nesnelere kullanılır.

|                      | I.Kutu      | II.Kutu | III.Kutu    |
|----------------------|-------------|---------|-------------|
| Parça Sayısı         | 21          | 12      | 26          |
| Görüntü/Parça Sayısı | 2           | 2       | 2           |
| Tepeler/Görüntü      | 4.000-9.000 |         | 3.000-8.000 |

Tablo XIV. MURALE çömlekçilik veriyeri

Bu geometrik nesnelere  $p_i = (x_i, y_i, z_i)^T$  olan  $n$  tepeleri indekslenmiş  $L_v$  listesiyle tanımlanmıştır.  $x_i, y_i$  ve  $z_i$  santimetre olarak nesnenin yüzey tepelerine ait koordinatlarıdır.

$$L_v = \{p_1, \dots, p_{k1}, \dots, p_{k2}, \dots, p_{k3}, \dots, p_n\} \quad (1)$$

$L_v$ 'nin tepeleri  $L_f$  listesindeki gibi depolanan  $f$  yüzleriyle ilişkilendirilmiştir.

$$L_f = \{f_1, \dots, f_m\}, f_k = (k_1, k_2, k_3) \quad (2)$$

<sup>125</sup> Mara 2003, özet bölümü.

Seçmeli olarak normal vektörler  $L_n = \{n_1, \dots, n_n\}$  ve renkli bilgi  $L_c = \{c_1, \dots, c_n\}$ ,  $c_i =$  (kırmızı, yeşil, mavi) saklanmıştır. Bunları daha fazla hesaplama gerektirmez ama canlandırma amaçları için kullanılmışlardır. Normal vektörler  $L_n$  dönen eksenin tahmini için kullanılmışlardır. Eğer bu normal vektörler tarama yazılımıyla oluşturulmamışsa üçgenlere bölünmüş veri/bilgi kullanımı ile değerlendirilir.

Böylece 3 boyutlu model bakışı tepelerin, yüzlerin, normal vektörlerin ve renkli bilginin indekslenmiş listesiyle tanımlanmıştır: kırık parça bakış =  $\{L_v, L_f, L_n, L_c\}$ .

Bilgi işlemin iki katlı performansı için koordinat sistemlerinin farklı iki tipi kullanılmıştır. Çevirme ve döndürme (rotasyon) için kartezyen koordinat sistemi kullanılmasının sebebi; çevirmenin bir ilave ile yapılmasıdır. Rotasyon için gerekli olan değerlendirme için iki açı (dünyanın eğiklik açısı ve yükseklik) küresel koordinat sistemi olarak kullanılmıştır.

Küresel tanımlamada kullanılan  $IR^3$ 'deki  $P$  noktaları ve  $v$  vektörleri kartezyen koordinat sisteminde odak noktası için dünyanın eğiklik açısı  $\theta$ , yükseklik  $\Phi$  ve uzaklık  $r$  olarak belirtilmiştir. Bu betimleme rotasyon için seçilmiştir. Çünkü rotasyon bir ilave ile yapılabilir. Kartezyen  $P = (x, y, z)^T$  ve küresel:  $P = (\theta, \Phi, r)$  sembolü<sup>126</sup>.

Arkeologlar tarafından kullanılan sınıflama özellikleri ve kırık bir vazanın üç boyutlu yeniden yaratımı otomatik olarak değerlendirilir. Dönen eksen boyunca küçük seramik parçanın bir arakesiti olan en uzun profil çizgisinin çıkarımıyla sınıflama ve yeniden yapımı gerçekleştirilmiştir. Sınıflama için çıkarılmış özellikler, çaplar, yükseklikler ve her biriyle olan ilişkileridir. Bu özellikler profil çizgisinin en sondaki noktalarının kullanımıyla ifade edilmiştir<sup>127</sup>.

Döndürme eksenini "rot" orijinal vazo üzerindeki seramik parçanın tam pozisyonuna öncülük eder. Bu yüzden döndürme eksenini, profil çizgisinin değerlendirmesinde, iç ve dış bakışın kaydında gereklidir.

---

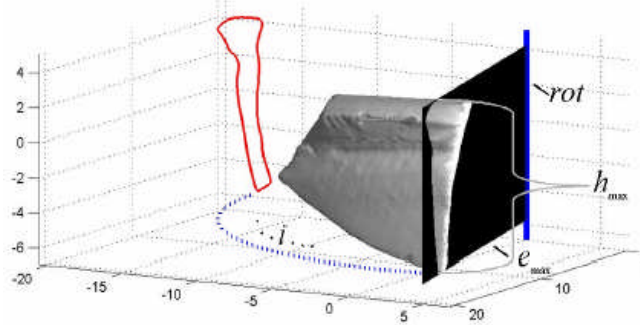
<sup>126</sup> Mara- Kampel 2003, 2.

<sup>127</sup> Mara 2003, özet bölümü.

Sınıflandırma ve yeniden yapılandırmada arkeologlar tarafından kullanılan profil çizgisi aşağıda tanımlanmıştır:

- Profil çizgisi (*profil*) kırık parçaya ve bir kesişen yer olan  $ei$  'ye ait 3D-modelin kesitidir. Bu kesişen yer  $ei$ , *rot* tarafından tanımlanmış ve böylece kırık parça ile kesişen  $ei$ 'de yön  $i$ 'dir.
- İndeks  $imax$ 'daki kesişme, kırık parçanın maksimum yüksekliği  $hmax = \max(hi)$  en yüksek yay uzunluğu ile birlikte profil çizgisidir ve en yüksek profil çizgisi (*profilmax*) olarak isimlendirilir. İndeks yönünü belirtir.
- Yükseklik  $hi$ , döndürme eksenini *rota* paralel kırık çizgiye ait yüzeyin iki noktası arasındaki mesafe olarak tanımlanmıştır. İndeks  $i$ , yüksekliğin  $hmax$  olarak isimlendirilen maksimumudur.

Kırık bir parça (sherd), döndürme eksenini ve değerlendirilmiş en uzun profil çizgisi Şekil 27'de gösterilmiştir<sup>128</sup>.

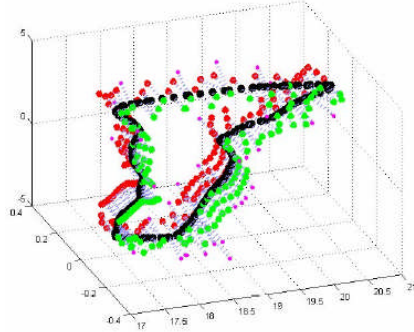


Şekil 27. Yönlendirilmiş kırık parça, döndürme eksenini *rot*, kesişen bölge  $ei$ , en uzun profil çizgisi *profilmax*,  $hmax$ .

Profil çizgisinin çıkarılmasında kesişen yer  $ei$  yüzüne ait bir kenarla ilişkilendirilen tüm tepeler, seçilmiştir. Bu sebeple Hessian normal form  $ax^2 + by^2 + cz^2 + d = 0$  bölgedeki  $d$  uzaklığını saptamak için kullanılmıştır. Uzaklık işareti ve maksimum uzaklıktaki göreceli mesafe profil çizgisinin değerlendirilmesinde tepe sayılarını azaltmak için kullanılmıştır.  $d < 0$ 'lı tepeler sağ kenara yerleşmişlerdir. Tepelerin her bir çifti bir yüzeyin kenarını tanımlar (Şek.28). Her yüz üç veya daha fazla tepeden meydana gelir. Tepe çiftleri kesişen bölge  $ei$ 'nin

<sup>128</sup> Mara- Kampel 2003, 2 v.d.

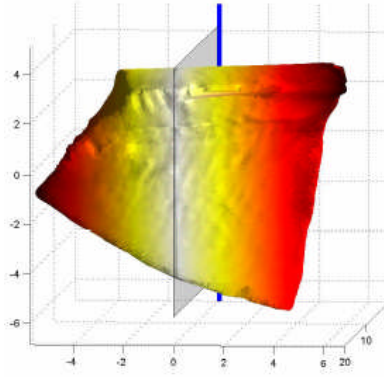
farklı yanları üzerindeki tepelerle birlikte kenarlara ait kesişme noktalarını ve kesişen bölge  $ei$ 'yi değerlendirmek için kullanılmıştır. Çünkü üç boyutlu modele ait tepelerin  $ei$  üzerine yerleşmesine gerek duyulmaz. Kesişme noktalarının bağlantı sonucu işte bu profil çizgisidir.



Şekil 28. Kesişme bölgesinin tepeleri  $pd= 0,01$  sol (açık gri) ve sağ (koyu gri), kenarlar *kenarkesişme*, profil çizgisi tepeleri *pkesişme* (siyah).

- İlk olarak maksimum uzaklıkla ilgili olarak göreceli uzaklık (Şek.29'da gri değer olarak gösterilmiştir) tepeler ve  $xz$  bölgesi arasında değerlendirilmiştir. Deneysel, profil çizgisini değerlendirmede kullanılmayan %1'den daha geniş uzaklıklı tepeler olduğunu göstermiştir. Çünkü kenarlar, kesişme  $ei$ 'ye ait değildir. Bu eşik 3D tarayıcının çözünürlüğüne bağlıdır ve diğer çözünürlük kullanıldığında ayarlanabilir.
- Bir sonraki adım en yakın tepelerin  $pd<0,01$  indekslerini içeren yüzler  $fd<0,01$  seçilmiştir. Bu yüzler  $fd<0,01$  profil çizgisinin tepelerini değerlendirmek için kenarlara doğru ayrılmıştır:  $f=\{i,j,k\}$   $pi$ ,  $pj$  ve  $pk$  tepelerine bağlıdır. Böylece  $f$  yüzünün kenarları  $kenar=\{(i,j),(j,k),(k,i)\}$  olarak tanımlanmıştır. Bu tepelerin her biri kesişme bölgesindeki yerine uyan pozitif veya negatif bir işarete sahiptir. Negatif işaretli bir tepe bölgenin sol kenarında; pozitif işaretli bir tepe ise sağ kenarında bulunmaktadır. Böylelikle kenarlar *kenarkesişme* negatif ve pozitif işaretli bir tepelyi içermek zorundadır. Bu *kenarkesişme* kenarlarındaki noktalar *pkesişme* olarak seçilmiştir ve tanımlanan bu *kenarkesişme* kenarlarının çizgi parametreleri değerlendirilmiştir. Bu kesişmeye ait *pkesişme* nokta parametreleriyle birlikte çizgi ve kesişme bölgesi ( $xz$ -bölgesine eşit) arasında değerlendirilmiştir. Bu *pkesişme* noktaları onların en yakın komşusuna bağlıdır. Bunlar profil çizgisi *profil* olarak tanımlanır.
- Profile ait tüm tepeler *pkesişme*, kesişen  $xz$  alanına  $y=0$  uzaklığındadır.  $x$  koordinatı döndürme eksenine  $rot$  uzaklığı ve  $z$  koordinatı  $h$  yüksekliğidir (bkz. denklem 3'e).

$$profil = \{ \dots, (x_i, 0, z_i)^T, \dots \} \rightarrow \{ \dots, (r_i, h_i)^T, \dots \} \quad (3)$$

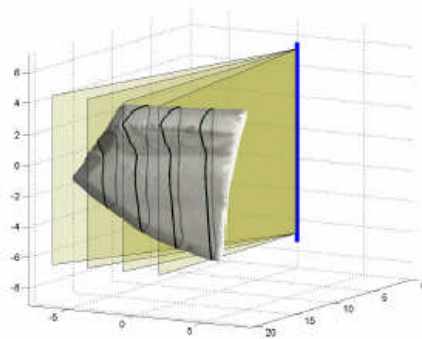


Şekil 29. Yönlendirilmiş kırık parça ve kesişen bölge  $ei$

Kırık parçaya ait yüzeyin gri düzeyi  $ei$ 'ye  $p$  tepelerinin uzaklığına uyar. En açık olan daha yakın anlamındadır.

Sınıflandırma ve yeniden yapılandırma için yalnızca en uzun profil çizgisi kullanılmıştır. Bu prosedürde çoklu profil çizgileri çıkarılmıştır ve en uzununu daha fazla işleme tabi tutmak için seçilmiştir. Bütün profil çizgileri döndürme eksenine ait tahmin değerlendirmesi ve iç ve dış bakışın kaydı için kullanılmıştır.

Profil sayıları 3D tarayıcının çözünürlüğüne ve kırık parçanın ebadına bağlı olarak seçilmiştir. Deneyler seçilmiş profillerin performans ve kesinlik arasında en iyi oranın çıkarılmış 12 profil olduğunu göstermiştir. Şekil 30'da 4 çoklu kesişen plakalar  $ei$ , dönüş eksenine boyunca hizaya getirilmiş açık gri dikdörtgenler olarak gösterilmiştir. Dönüş eksenine merkez noktada başlayan dikey siyah çizgi olarak gösterilir. Gri nesne kırık parçanın üç boyutlu modelidir ve bu model etrafındaki siyah çizgiler kırık parça ve  $ei$  plakalar arasında kesişir.



Şekil 30. Kesişen plaka örnekleri  $ei$ .

Çoklu profil çizgileri *profil* olarak betimlenmiştir. Kesişen bir düzlem *ei*'nin her bir tepeye mesafesi *d* olarak belirlenir; kırık seramik parçası *xz* düzleminde kesişerek döner. Sonrasında *y* koordinatı kesişen düzleme *d* mesafededir.

Kırık seramik parçası,  $\gamma_i$  ile 12 kez döndürülmüştür (bkz. denklem 4).

$$\gamma_i = \frac{\max(Lv(\theta)) - \min(Lv(\theta))}{n}, i.e.n = 12 \quad (4)$$

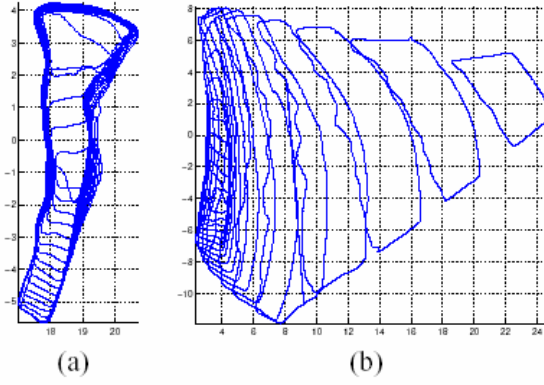
Dönüş eksenini *z* eksenine eşitler. Dönüş  $Rz(\gamma)$  kullanımı ile yapılmıştır. Kesişen düzlem *ei*'deki kırık seramik parçasının bu dönüş pozisyonları *xz* düzleminde. Bu dönüşten sonra mesafe her bir tepenin *y* koordinatına eşit her kesişimde her tepe noktası için alınır. sonra her profil çizgisi dönüşü çıkarılmış ve yay uzunluğu tespit edilmiştir. Daha sonrasında da yay uzunluğu, tespit edilmiş ve en uzun yay uzunluğuna sahip profil seçilmiştir.

Bir seramiğin yeniden yapılandırılmasına gelince; en uzun profil çizgisi olarak tanımlanan  $P_{profil_{max}}$  tepeleri *n* kez kopyalanmıştır. En uzun profil çizgisinin tepelerine ait her bir kopya  $P_{profil_{max_n}}$ ,  $Rz(n \times \pi/180)$  kullanılarak döndürülmüştür. Yeniden yapılandırılmış nesne yüzleri dört kenarlı ağ komşularıyla birlikte her bir nokta  $P_m$ 'ye bağlı olarak tespit edilmişlerdir. Dört kenar her birine komşu noktaların düzeni dolayısıyla seçilmiştir.

Profil çizgisinin tepe sayıları *k* olsun.  $P_m$ 'ye ait komşuların indeksleri: *m+1*, *m+k* ve *m+k+1*'dir. Yeniden yapılandırılmış üç boyutlu canlandırmanın düzgünlüğü *n*'ye bağlıdır. En geniş *n*, daha düzgün anlamındadır fakat görüntülemek daha yavaştır. Deneyler gösteriyor ki yeniden yapılandırılmış objenin canlandırılmasına ait performans ve kalite arasındaki en iyi ödeme  $180 < n < 360$ 'dir.

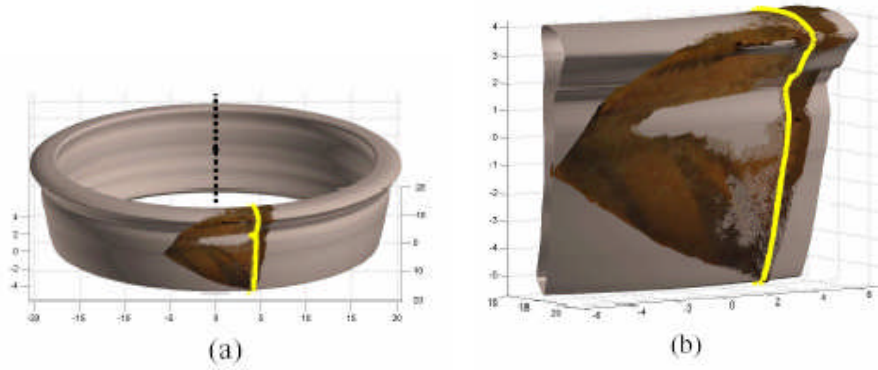
Yeniden yapılanma,  $Rz(\gamma)$  olan dönüş eksenini *profil* 360° dönüşle yapılmıştır.

$$\begin{aligned} \text{obje} &= \{profil \times Rz(\gamma)\}, i = 1 \dots n, \\ \gamma_1 &= 0, \gamma_{i+1} = \gamma_i + \Delta\gamma, \Delta\gamma = 2 \times \pi / n \end{aligned} \quad (5)$$



Şekil 31. (a) Doğru tahmin edilmiş dönüş eksenı kullanılan çoklu profil çizgileri ve (b) düzensiz dönüş eksenı kullanılan çoklu profil çizgileri.

Şekil 31a bir çömleğin yeniden yapılandırılmış halini ve Şekil 31b bir seramik parçasının yeniden yapılandırılmış halini gösterir. Bu iki figürün yeniden yapılandırılmış hali Şekil 31'deki en uzun profil çizgisine dayanmaktadır<sup>129</sup>.



Şekil 32. (a) yeniden yapılandırılmış (gri) seramik ve (b) seramik parçası.

Arkeolojik sınıflandırma ve yeniden yapılandırma (Şek.32a) için gerekli olan profil çizgisinin belirlenmesi için bu çalışmada otomatikleştirilmiş bir sistem önerilmiştir. Bu çalışma, seramikler için belgeleme sisteminin bir parçasıdır. Elde edilmiş üç boyutlu görünüm kaydedilmiş ve dönüş eksenı kullanılarak yön verilmiştir. Sonrasında profil çizgisi, kırık seramik parçasının kaydedilmiş ve yönlendirilmiş üç boyutlu görünümünden kesişen yüzeylerle birlikte çıkarılmıştır. Bu metot, makul iyi sonuçlarla birlikte gerçek veri üzerinde test edilmiştir. Üstelik, düşük eğrilik derecesi dolayısıyla el ile herhangi bir işleme tabi tutulamayan kırık seramik parçaları (Şek.32b), bu metotla işlenebilir.

<sup>129</sup> Mara- Kampel 2003, 3 v.d.

Pek çok kırık parçadan oluşan seramik vazo parçacıklarının pozisyonuna bağlı olan dönüş eksenini objenin bütününe yeniden yapılandırmak için eşleştirilmiştir. Resim 37’de, arkeologlar tarafından el ile yeniden yapılandırılmış bütün bir seramik vazo görülmektedir. Bu, bir objenin farklı kırık parçalarından eşleştirilmiş profil çizgileri ile yapılabilirdi. Böylece objenin bütünü, yeniden yapılandırılabilirdi<sup>130</sup>.



Resim 37. Bütünüyle el ile yeniden yapılandırılmış bir vazo.

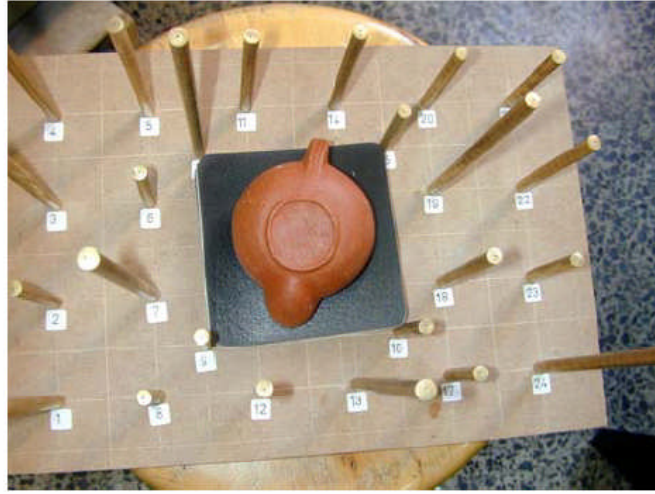
Bir diğer çalışma, yine günümüzde arkeolojik çalışmalar içinde yapılan 10 mm ile 50 cm arasında değişen ebatlarda çeşitli malzemeler arasından belirlenmiş bir yağ kandili üzerinde yapılan fotogrametrik bir uygulamaya değinmektedir. Yağ kandilleri, bu küçük objelerden yalnızca biridir ve onlar arasında önemli bir yer taşır. En eski aydınlatma aracı olarak kullanılan yağ kandillerinin formları, ait oldukları dönemi tespit etmede en önemli faktörlerden biridir. Burada üzerinde fotogrametrik uygulama yapılan yağ kandili örneği, M.S. 200 Roma Çağı’na ait bir yağ kandili imitasyonudur. Pek çoğu evlerde ve kutsal alanlarda kullanılmak için üretilmiştir. Mısır’da tanrıça Isis’e dua ederken pek çok yağ kandili kullanıldığı tespit edilmiştir. Yanı sıra, yağ kandillerinin sembolik anlamları da mevcut idi. Eğer bir yağ kandili söndürülmezse mutluluk getirdiğine inanılırmış. Bu sebeple Roma halkı, onları yeni yıllarda kullanmışlar. Genellikle, yağ kandilleri, camdan, taştan, terakota kilden, kurşundan, demirden, bronzdan ve altından yapılırlardı. En yaygın malzeme, terakota ve bronz idi. Pek çok tipe ve renkli kil ve astar boyasına sahip olan yağ kandilleri, yaygın olarak arkeolojik kazılarda rastlanır.

---

<sup>130</sup> a.g.e. 6.

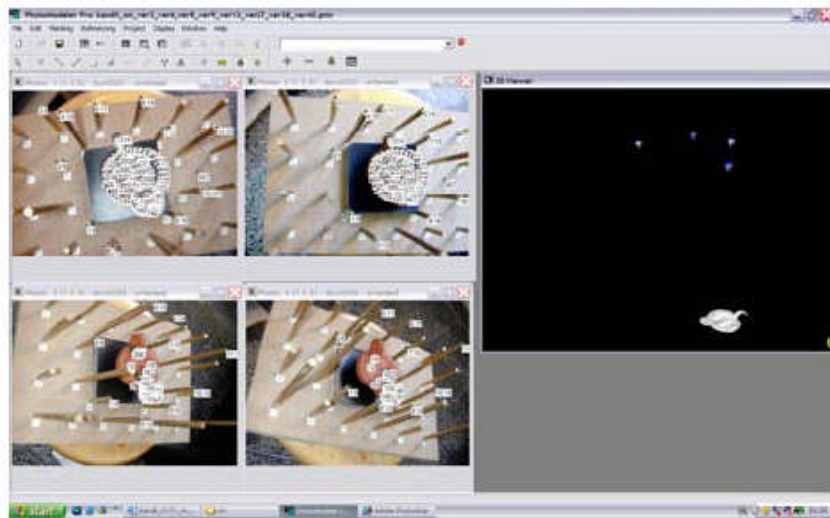


Fotogrametrik düzeltme için bir nokta ağı ile şekillenen bir cihaz olan TUMOSAN grubu içinde yeniden yapılandırılmıştır (Resim 38).



Resim 38. TUMOSAN grubuyla yeniden yapılandırılmış cihaz.

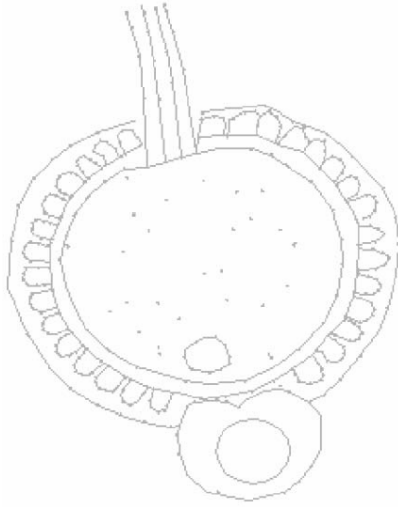
Bu alet üzerindeki kontrol noktaları, kontrol nokta zemini, TUMOSAN grubunda yeniden 3D ölçüm elemanı ile hesaplanmıştır. Bu öğenin ölçüm doğruluğu x,y,z yönlerinde yaklaşık  $2 \mu$ 'dur. Bu görüntüler, daha öncesinde bu çalışmayı yapan ekip tarafından kalibre edilmiş Nikon Coolpix 950 model dijital kamera ile çekilmiştir. Kalibrasyon parametreleri fotogrametrik düzeltmede kullanılmıştır. yağ kandilinin ön yüz ve arka yüzü Photomodeler yazılımı ile ayrı ayrı düzeltilmiştir (Res. 39).



Resim 39. Fotomodeler yazılımı ile yağ kandilinin fotogrametrik düzeltimi.

Yağ kandilinin ön yüzüne ait çizim ve ortofoto (Şek. 34- Res. 40) ile arka yüz çizimi 1:1 ölçeğinde elde edilmiştir. Kolaylıkla çizilemeyen tüm detaylar ortofotolarda

kaydedilmiştir. Sonuç olarak, arkeolojik kazılarda çıkarılan küçük nesnelerin belgelenmesinde fotogrametrik metot kullanılabilir<sup>131</sup>.

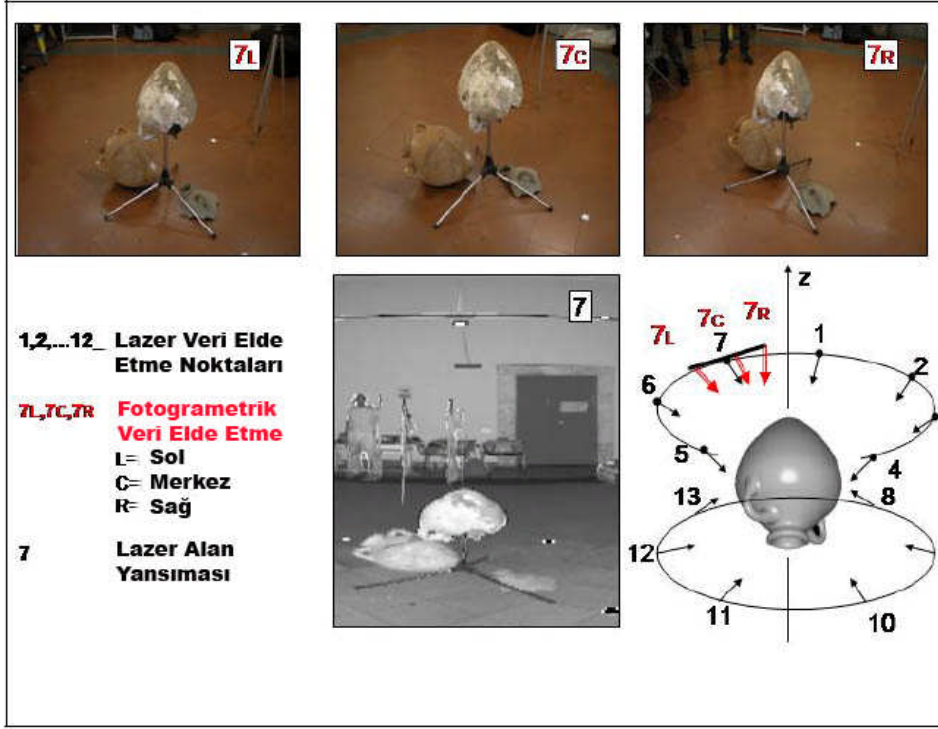


Şekil 33. 1:1 Yağ kandilinin ön yüzüne ait çizim Resim 40. 1:1 Yağ kandilinin ön yüzüne ait ortoto.

Bu başlık altında incelenecek son çalışma; bir Etrüsk batığına ait amforaların yakın mesafe fotogrametrik belgelenmelerine ilişkindir. Etrüsk batığı, 2000 yılında, Fransız ticari kurtarma ve dalış kurumu üyesi H.G. Delauze tarafından keşfedilmiştir. M.Ö. 6-5. yüzyıl arasına tarihlenen batık, Fransa'da Toulon kıyısında 60 m derinde bulunmuştur. İlk araştırma, 2000 ekiminde, araştırma gemisi Minibex'e ait denizaltı REMORA 2000 ve uzaktan kumanda araçlarının kullanımına izin veren COMEX yardımıyla yapılmıştır. Ekim 2000 projesinin ana hedefi, batığın gerçek yerini kaydetmek için dijital fotogrametri yöntemini kullanarak veri toplamak ve gözlemlenen verinin üç boyutlu bir modelini çıkarmaktır.

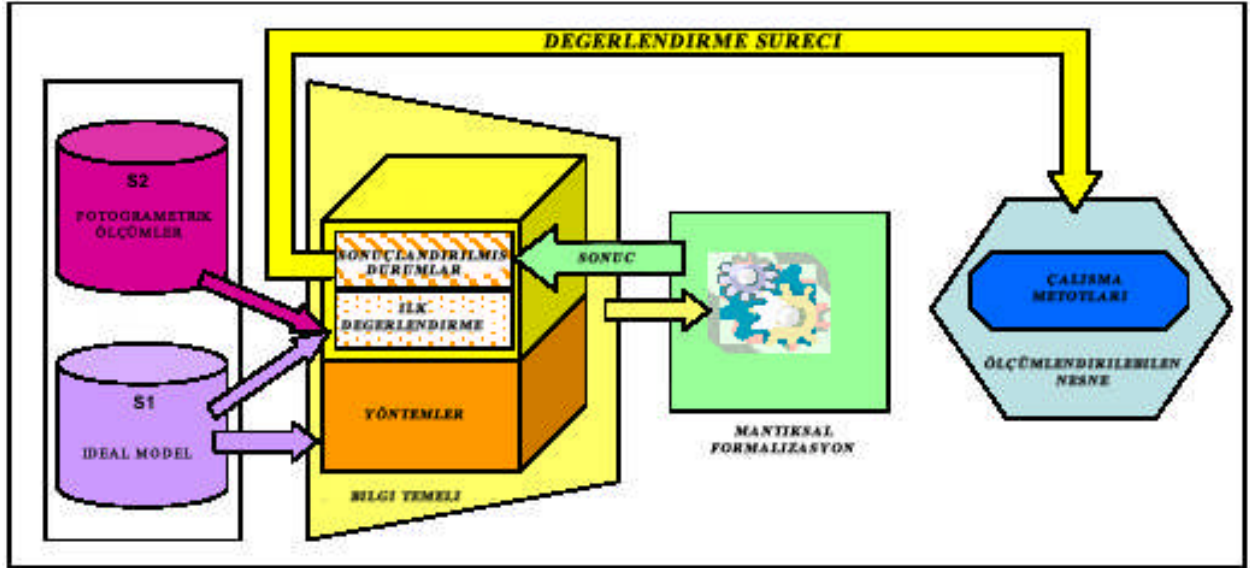
HyEres'de, Grand Ribaud F batığında bulunan bir Etrüsk amforası, Lazer Tarama ve Fotogrametrik yöntemler kullanılarak, Prof. Diego Maestri koordinatörlüğünde, Roma III. Üniversitesi, Mimari Sunum Laboratuvarı'nda araştırılmış ve kaydedilmiştir. Etüt safhası Lazer Tarama ve fotogrametrik veri toplama olarak iki ana basamaktan oluşmaktadır. Lazer Tarama sürecinde, 13 sıra tarama, amfora çevresinden 13 farklı açıdan, amforayı bir tripod ile sabitleyerek elde edilmiştir. Fotogrametrik süreçte ise, 3 grup fotoğraf, herhangi bir engelle karşılaşmadan, her bir lazer tarama pozisyonundan, sağ ve sol olmak üzere iki kere çekilmiştir. Res.40'da veri elde etme planının şeması verilmiştir.

<sup>131</sup> Karabörk- Yıldız 2005, 1 v.d.



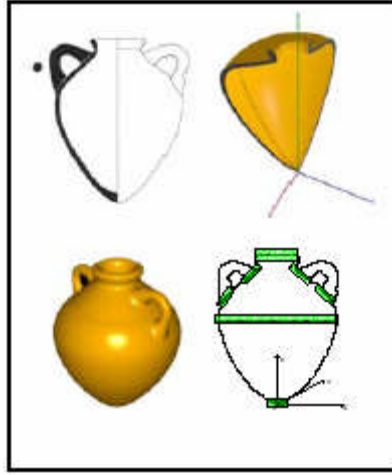
Resim 41. Etüt Şeması.

Amforanın üç boyutlu temsilinin elde edilmesi fotogrametrik ölçümlerin (S1) ve teorik modelin (S2) birleştirilmesini gerektirmektedir (Tab. XV).



Tablo XV. Uzmanlara ait çalışma sisteminin genel şeması.

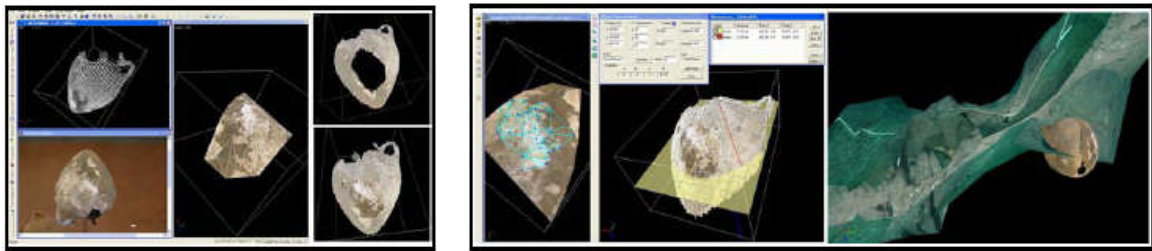
Fotogrametrik ölçüm ve modelin bir arada kullanılmasının iki amacı vardır; obje oryantasyonu ve pozisyonu ve iç özelliklerini belirleme. Fotogrametrik ölçüm, amfora üzerinde bazı stratejik noktalar tarafından desteklenmiştir (Şek.34)



Şekil 34. İdeal amfora modeli: arkeologlar tarafından dijital model için tasarlanmıştır.

Batıkta bulunan amforalar üzerinde, Fransız ve İtalyan bilim adamlarından oluşan ekip, koordinat sistemindeki tanımlama parametreleri belirlemek için fazla da olsa beş alan kullanılmıştır. Bu beş bölge; Şekil 35'in sağ alt köşesindeki çizim üzerinde yeşil bantlarla belirtilmiştir.

Etrüsk amforası, Lazer Tarama ve fotogrametrik araçlarla incelenmiş; LFR<sup>132</sup> veri ve dijital fotoğraflar için Reconstructor yazılımı; fotogrametrik fotoğraflar için ise, Arpenteur ve ROMA yazılımları kullanılmıştır. Aynı işlem yani, bir araya getirmenin son basamağı için, farklı yaklaşımlarla Surveyor yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım, VRML modelleri, bunların karşılaştırılmasını ve birleştirilmesini, lineer alan ölçümlerinin çıkarılmasını ve ortografik görüntünün kullanılmasını sağlamaktadır<sup>133</sup> (Res.42).



Resim 42. Birleştirilmiş metoda ait özet görüntü.

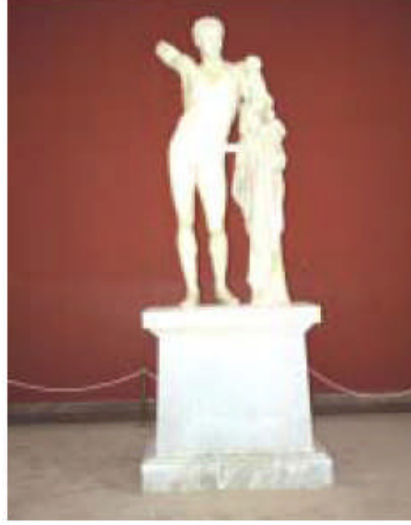
<sup>132</sup> Drap- Sgrenzaroli 2003, 630.

<sup>133</sup> a.g.e. 632 v.d.

#### 4.5.2. Heykeller Üzerindeki Fotogrametrik Belgelemeler

20. yüzyıl boyunca, fotogrametri büyük heykeller gibi karmaşık, düzensiz yapıların ve büyük anıtların belgelenmesinde kullanılan özel bir teknik haline gelmiştir<sup>134</sup>.

Antik Yunan heykeltıraş Praxiteles tarafından mitolojik tanrı Hermes'in Yunanistan'da, Antik Olympia'daki Arkeoloji Müzesi'nde sergilenen heykelin (Res.43) üç boyutlu bir modelinin doğru bir şekilde oluşturulması için lazer tarayıcı metotları ile fotogrametrik yöntemler kombine bir şekilde kullanılmıştır.



Resim 43. Antik Olympia Müzesi'nde sergilenen Hermes Heykeli.

Hellen Kültür Bakanlığı tarafından desteklenen “Hermes Projesi”nin ana hedefi, heykelle ait sismik izolasyon retrofitting montajının yapılmasıdır. Praxiteles Hermes'ine ev sahipliği yapan Antik Olympia Arkeoloji Müzesi'nin bulunduğu bölge, yüksek sismik aktivite potansiyeli taşımaktadır. Çalışmanın amacı, olası bir deprem sırasında heykel üzerindeki zarar olasılığını en aza indirmektir. Bu amaçla, heykelin doğru bir şekilde üç boyutlu modeline ihtiyaç duyulmuştur.

Hermes heykeli, klasik antik çağın heykel sanatının baş tacı olarak düşünülmektedir. M.Ö. 334 yılına tarihlenen heykel (Res.43) Parian Mermeri'nden yapılmıştır. Ünlü heykeltıraş Praxiteles tarafından yapılan bu eser, günümüze kadar orijinal olarak ulaşmış bir çalışma olması dolayısıyla son derece önemlidir. Heykel, Elenias'lı kutsal Altis'e ve Arkadyalılar'a

<sup>134</sup> Ioannidis- Tsakiri 2003, 517.

barış anlaşmalarını anmak için adanmıştır. Heykel, Hermes'i sol kolunda bebek Dionysos'u tutarken gösterirken yukarıya kalkmış sağ elinde de, büyük olasılıkla bir salkım üzüm tutmaktadır. Hermes, ağır ama mert görünmektedir. Bir ağaç gövdesine dayanmaktadır. Saçı karışmıştır; pürüzsüz ve yumuşak ten dokusuyla bir kontrast oluşturmaktadır. Heykelin boyu 2,3 m; mermer kaidesi ise 1,25x 1,26x 0,84 m ebatlarındadır. Heykelin üç boyutlu modelinin oluşturulması için, yakın mesafe stereoskopik fotografik dokümantasyonun yanı sıra yersel triyangülasyon lazer tarayıcı kullanılmasına karar verilmiştir. Bu iki bağımsız tekniğin kullanımı aynı zamanda, her birinin güvenilirliğinin ölçülmesine ve objenin boyutu ve şeklinin yeniden oluşturulmasında elde edilen doğruluğun değerlendirilmesine de yaramıştır.

Heykelin ebatlarından ve hareket ettirilme imkânsızlığından dolayı her iki metottan elde edilecek veriler için, heykel etrafına uygun seviyelerde kalaslardan oluşan ahşap bir iskele kurulmuştur (Res.44). Kalaslar arasındaki mesafe, kamera veya tarayıcı ile obje arasında harekete engel olmayacak şekilde yeterince geniş bırakılmıştır. İskelenin, çalışma sırasında operatörün hareketlerinden bile sarsılmaması konusunda son derece hassas davranılmıştır. Çünkü, veri elde edilmesi sırasında oluşabilecek iskele hareketleri, fotoğraf görüntülerinde kontrol noktalarının yer değiştirmesine ve taranmış objede hareketten kaynaklı seslerin kaydedilmesine neden olabilir.



Resim 44. Veri elde etme sırasında heykel etrafına kurulan iskele.

Ahşap iskelenin iki farklı seviyesi vardır; biri, yerden 1,25 m yüksekliğinde, heykeli 1,20 m'lik genişlikle ve heykelin tabanından 0,3 m ile çevrelemiştir. İskelenin bu seviyesi, fotoğraf çekimi sırasında heykelin bütünü, tarama sırasında da alt kısmın kaydedilmesinde kullanılmaktadır. İkinci seviye, yerden 390 m yüksekliğinde 1 m genişliğindedir. Ayrıca

tepedeki 0.80x 0.50 m ebatlarındaki boş alan, Hermes'in üst bölümlerini; kafasını, kollarını, bebek Dionysos'u fotografik olarak belgeleme sırasında kullanılmıştır (Res.45).



Resim 45. Üstten çekilen merkezi fotoğraf.

İkinci seviyedeki iskelenin 2,70 m'lik alternatif bir yüksekliği daha bulunmaktadır. Bu yükseklik, heykelin üst bölümünü çevrelemekte ve üst bölümlerine ait detayların alınmasına da imkan tanımaktadır (Res.46).



Resim 46. Tarama için kullanılan üst iskele seviyesi.

Son olarak, heykelin kaidesine ait veriler elde edilmiştir. Çünkü, heykel çevresinde kurulan iskele kaldırıldıktan sonra kaide verilerinin toplanabilmesi mümkün olmaktadır.

Heykel üzerinden alınan fotogrametrik veriler, lazer tarama verilerinden tamamen bağımsızdır. Fotoğraf çekimleri iki kamera ile gerçekleştirilmiştir. Kameralardan biri analog, yarı metrik, Hasselbland C/M 500, 5,5x 5,5 cm<sup>2</sup> formatında, odak uzaklığı 50 mm, heykele olan mesafesi ortalama 1,60 m'dir. Böylece fotoğrafların ölçeği yaklaşık 1:30'dur. Diğer

kamera ise, Sony DSC-F707, 2560x 1920 piksel (5 MP) çözünürlükte ve x5 zoom özelliği olan dijital bir kameradır. Fotoğraflar, minimum zoom kullanılarak, 9,7 mm odak uzaklığıyla ve TIFF formatta çekilmiştir. Çekim mesafesi ortalama 1,80 m'dir. Bu çalışmada iki farklı format ve özellikle seçilen kameralardan alınan analog ve dijital verilerin birbiriyle karşılaştırılma şansı da doğmuştur. Her iki kamera da metrik değildir ve laboratuvar koşullarında dahi kameraların iç yöneltme elemanları bilinmemektedir. Her bir kamera ile, 22 adetinden stereo-çift oluşturulan, toplam 43 fotoğraf çekilmiştir. Bu, yalnızca heykel kaidesi üzerinde, kaidenin her bir kenarı için 1 stereo-çift olmak üzere 8 fotoğraf çekildiği anlamına gelmektedir.

Heykelin bütünü için 32 adet fotoğraf çekilmiştir. Çalışma sırasında, heykel üst ve alt bölümler olmak üzere iki parça halinde çalışılmıştır. İleri, geri, sağ, sol için –ki bunlar heykelin temel yönleri- bir stereo-çift yaratılmıştır. Bir stereo-çift de diagonal yönde çekilmiştir. Sonuç olarak, heykelin alt ve üst olmak üzere her iki parçasında 8 yönde ikişer fotoğraf alınmıştır. Bu da toplamda 32 fotoğraf etmektedir. Resim 47'de heykelin üst parçasına ait ileri-sağ diagonal yönden çekilmiş sağ ve sol stereo-çiftleri görülmektedir.



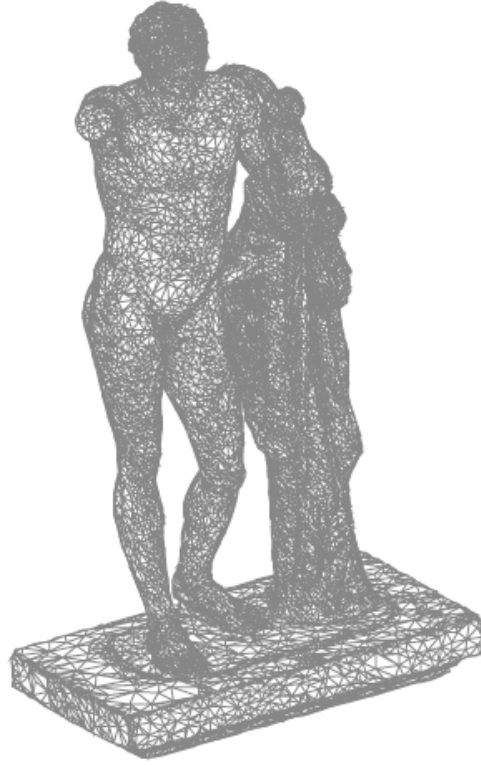
Resim 47. Heykele ait üst parçanın sol ve sağ fotoğraflardan oluşan stereo-çifti.

Fotogrametrik veri elde etme sırasında, heykel üzerinde herhangi bir müdahalenin yapılamaması dolayısıyla kontrol noktalarının belirlenmesinde güçlük çekilmiştir. Bu sebeple, fotogrametrik kayıtlama yapılmadan önce pek çok metot denenmiştir. En uygun metot olarak, iskeleyi oluşturan kalaslar üzerinde 6-12 adet, siyah-beyaz karelerden oluşan hedeflerin kontrol noktası olarak kullanılması seçilmiştir. Bu hedefler sabittir ve x,y,z koordinatları 4 mm doğrulukla total station ile ölçülmüştür. Ayrıca, heykel yüzeyi üzerinde, kontrol noktası



olarak kullanılmak üzere seçilen doğal noktaların da koordinat ölçümleri yapılmıştır. Resim 45 ve Resim 47’de önceden tanımlanmış kontrol noktaları görülmektedir.

Bütün stereo-çiftlerin oryantasyonunu SSK Z/ 1 görüntüleme dijital fotogrametrik istasyonunda çıkarılan DTM içermektedir. DTM çıkarımında otomatik süreç başarısız olduğu için bu işlem, manuel olarak yapılmış; kırılma hatlarının pek çoğu yeniden onarılmıştır. Yüzey konturları, düzensiz TIN net ile birlikte yapılmıştır (Res.48).



Resim 48. TIN’e ait üç boyutlu bir görünüm. Yoğunluk 1-2 cm.

Bütün stereo-çiftlerin birleşme süreci, kendine has bağlama noktaları veya doğal kontrol noktaları yoluyla gerçekleştirilmiş ve bu yapılırken, stereo-çiftlerin üst üste çakışmalarından yararlanılmıştır. Birleştirme işlemi, her zaman başarılı olmamıştır.

Heykele ait lazer verileri, Archaeotip Şirketi tarafından Minolta VI-900 lazer tarayıcı kullanılarak alınmıştır. Bu lazer tarayıcı, hassas-çizgili triyangülasyon mesafe bulucusudur. Renk başına 640x480 piksellik CCD çözünürlüklü renkli veri sağlayan tarayıcının  $f=25,5$  mm,  $f=14,5$  mm ve  $f=8,0$  mm olmak üzere üç farklı odak uzunluğuna sahip objektifi bulunmaktadır. Tarayıcının sağlayabileceği en yüksek çözünürlük,  $170 \mu\text{m}$  ve kesinliği de  $\pm 0,008$  mm’dir. Tarama süreci ve durumu, heykel için son derece güvenilirdir. Zira,  $690$  nm’lik kırmızı yarı-yönetici lazer ışını, tarama süresi boyunca sürekli olarak heykel üzerinde

hareket etmektedir. Tarayıcıyı kurduktan sonra, 300 000 noktayı elde etmek için yaklaşık 3 dakika gerekmektedir.

Tarama boyunca, her bir yeni tarama kadrajını ayarlamak için bir operatöre ihtiyaç duyulmaktadır. Kadraj, kullanılmakta olan lens görüntüsünün açısı ve tarayıcının önünde yükselen kamera veya lazerin herhangi bir hareketi ile kısıtlanmaktadır. Tarayıcı, heykeldeki kırılma noktalarını ve malzeme değişimlerini belirlemede kullanılan RGB veriyi elde etme yeteneğine de sahiptir. Hermes heykeline ait tarama süreci 2 gün sürmüştür. Bu süre boyunca 649 adet, birbiri üzerine geçişleri olan –ki komşu taramalarda %20-%30'luk çakışmalar söz konusudur- taramalar gerçekleştirilmiştir. Taramalar, heykelden 1 m uzaklıktan ve 0,25 mm'lik doğrulukla 0,5 mm'lik çözünürlükle elde edilmiştir. Toplamda 269 milyondan fazla üçgen yaratılmıştır ve elde edilen verilerin tümü 10 GB'lık yer kaplamaktadır.

Elde edilen lazer verinin hazırlanması temelde taramaların birleştirilmesi ve sıraya dizilmesinden oluşmaktadır. Sıraya dizme işlemi, heykelin bütün taramalarını tek bir koordinat sistemine getirmek için uygulanan kritik bir süreçtir. Resim 49'da görülen, heykelin birleştirilmiş modelinin iki adet üç boyutlu görüntüsü yer almaktadır. Bu modellerin, fotogrametrik modeller gibi aynı sisteme jeoreferans olduğu bilinmelidir.



Resim 49. Heykele ait lazer tarama verilerinin birleştirilmiş modelinin üç boyutlu görüntüleri.

Dijital fotogrametrik prosedürlerin yaygın üretimleri, yüksek doğrulukla üretilen vektör (çizgisel çizimler, DTM) ve raster (orto görüntüler) verilerdir. Diğer taraftan, lazer taramaların ortaya çıkması, kültürel miras uygulamalarına son derece yarar sağlamıştır. Zira, bu yöntem tamamen otomatik bir süreçtir. Ancak, üzerinde çalışılan objenin, öncelikle 1:1 ölçekli üç boyutlu geometrik modeli, fotogrametriyle üretilen ilk ölçekli model ile karşılaştırılmıştır. Objelerin üç boyutlu modelleri geliştirildikten sonra, kullanıcı kolay bir şekilde, basit araçlar içeren, nesne üzerindeki mesafeleri ve eğimleri hesaplayabilen, çeşitli freeware görüntüleyicileri kullanarak (3D Right Hemisphere Exploration, SpinFire Professional v.b.) Resim 50'deki gibi bir örnek hazırlayabilmektedir.



Resim 50. Lazer tarayıcıdan elde edilen verinin temel yorumları, serbest görüntüleyiciler kullanılarak çizilebilmektedir.

Hermes heykelinin, üç gün boyunca fotogrametrik çalışmalarda kullanılmak üzere fotoğraflanması ve iki gün boyunca da lazer tarama yöntemiyle kaydedilmesi sonucunda, üç boyutlu model çizimleri gerçekleştirilmiştir. Böylelikle, her iki metot arasında, uygulama süreci açısından çok da büyük bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır.

Atina Ulusal Teknik Üniversitesi'nden iki bilim adamının yapmış olduğu bu çalışma ile, fotogrametrinin kültürel miras uygulamalarında kullanılan ve artık gelenekselleşen bir

metot; lazer taramanın ise, son yıllarda kültürel tarih kayıtlamalarında yaygınlaşan bir başka metot olduğu sonucu çıkarılmıştır<sup>135</sup>.

İkinci örneğimiz, Afganistan'ın Bamiyan bölgesinde, Kabul denilen yerin yaklaşık 200 km kuzeybatısında, M.S. 2. yüzyılda büyük Budist merkezlerinden biri olan yerde üç Buddha heykeli üzerinde yapılan fotogrametrik çalışmalardır.

Bamiyan, Çin ile Batı Emirlikleri arasındaki ünlü İpek yolu üzerinde bulunması yani stratejik konumu dolayısıyla pek çok antik kültürün yaygın olarak uğradığı merkezi bir önem taşımaktadır. Bamiyan Vadisi'nde yükseklikleri 2500 m.ye ulaşan üç dev Buddha heykeli bulunmaktadır. 2. yüzyıl civarında Büyük İskender ile Afganistan'a giden Yunan sanatçıların birkaç torunları tarafından yapılmaya başlanmış ve 4. yüzyılda yapımları sona ermiştir. Ayakta duran iki dev Buddha heykelinin ortasında daha küçük oturan bir Buddha yer almaktadır (Res.51 )



Resim 51. Bamiyan'da üç Buddha Heykeli.

Resim 50'de en solda görülmekte olan heykel, hepsinden daha büyük olan 53 m., fotoğrafın en sağında görülen diğer ayakta durmakta olan Buddha ise 35 m. yüksekliğindedir. Bu heykellerle evren boyunca parlayan ışığıyla Büyük Buddha *Vairocana*, daha küçük olan ise *Shakyamuni* betimlenmiştir. Kumtaşıdan yapılan heykellerin yüzleri, giysi kıvrımları ve kolları saman ve çamur karışımlarıyla sıvanmıştır.

Bamiyan'daki bu Buddha heykelleri, 2001 yılında Taleban kuvvetlerinin havan, dinamit ve roket saldırıları sonucunda yok edilmişlerdir (Res.52). Budistler Dünya Topluluğu ONU ve UNESCO 1996'dan 2001 Aralık'a kadar Afganistan'ı yöneten en köktendinci İslami Milisleri olan Taleban Kuvvetleri'ni, kültürel mirasların saldırılarda yok edilmemesine

<sup>135</sup> Ioannidis- Tsakiri 2003, 518 v.d.

yönelik ikna etme politikalarında başarısız olmuşlardır. İslami inanca göre dinsel ikonların yasak olması dolayısıyla yok edildiği düşünülen heykellerin, yok edildikten sonra Büyük Buddha'nın orijinal yerinde, orijinal ebatlarında yeniden yapılabilmesi için bir konsorsiyum oluşturulmuştur. Bu inisiyatif, Bernard Weber'in kurucusu olduğu internet tabanlı "Yeni 7 Harikalar Kuruluşu" ile Bubendorf, İsviçre'de bulunan, direktörlüğünü Paul Bucherer'ın yaptığı Afganistan Enstitüsü ve Müzesi organizasyonu tarafından sürdürülmüştür.



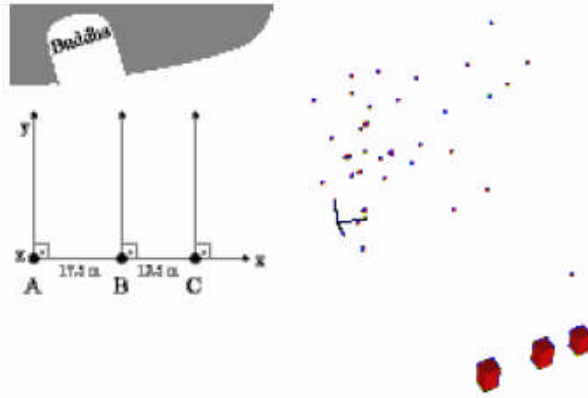
Resim 52. Büyük heykelin terör saldırıları sırasında maruz kaldığı patlama (sol) ve yok olduktan sonra yerinde bıraktığı niş (sağ).

Fotogrametrik metotlarla internet ortamından alınan amatör görüntüler kullanılmıştır. Tipik fotogrametrik tanımlamalarda bilinen iç ve dış yön parametreleri bu örneklerde bilinmemektedir. Mevcut otomatikleştirilmiş görüntü analiz tekniklerinin çoğu, verilen şartlar altında muhtemelen başarısız olacaktır. İnternet, turistik ve metrik amaçlarla çekilen görüntülere ve algoritmalarına bağlı olarak Buddha'nın farklı versiyonları oluşturulmuştur. Bu çalışmada bilimsel amaçlara, internet ve turistik-anı görüntüleri hizmet etmektedir. Fiziksel yeniden yapılandırma, üç metrik görüntüden türetilmiş üç boyutlu bir bilgisayar modelinde temellendirilmiştir. Bu fotoğraflar, 1970 yılında, Bamiyan'da, Graz Teknik Üniversitesi öğretim üyelerinden Prof. Kostka tarafından çekilmiştir. Bu görüntüler son derece kesin, güvenilir ve detaylıdır. Bu sebeple burada internet ortamından ve turistik amaçlarla çekilmiş fotoğraflar yardımıyla yeniden yapılandırılan Buddha heykelinden ziyade, metrik görüntülerin kullanımıyla gerçekleştirilen üç boyutlu Buddha heykeli üzerinde durulacaktır. 1970 yılında, 13x18 cm cam tablet üzerine, bir foto-teodolit kamera vasıtasıyla kaydedilen bu metrik görüntülerin her biri 16930x12700 piksellik dijital görüntüler şeklinde ULTRA SCAN 5000 ile taranmışlardır (Res. 53)



Resim 53. Kostka tarafından 1970 yılında çekilen üç metrik görüntü.

Fotogrametrik yeniden yapılandırma süreci; foto-triyangülasyon (kalibrasyon, yön ve demet dengelemesi), görüntü koordinat hesaplama ile nokta alan üretimi, modelleme gibi adımları içermektedir. Foto-triyangülasyon yönteminde büyük Buddha'nın bir kontur plot çizimi Prof. Kostka tarafından yapılmıştır. Bu plot birkaç kontrol noktasından foto-triyangülasyon hesaplanmış ve kullanılmış olabilirdi. Daha sonra, kullanılan tanıtım ve kontrol noktaları ile dış ve iç yön parametrelerine ait ilk tahminler yapılmış ve görüntülerin son yönlerine demet dengelemesi kullanılarak ulaşılmıştır (Şek.35).



Şekil 35. Kazanç süreci (sol ve demet dengelemesi sonrasında kamera pozisyonlarının durumu (sağ)).

Görüntü hesaplamaları, otomatik ve manuel metotlarla ölçülmüştür. İlk olarak VirtuoZo yazılımı, sonrasında da yapının otomatikleştirilmiş yeniden yapılandırılması için İsviçre'deki, Zürih ETH, Jeodezi ve Fotogrametri Enstitüsünce geliştirilmiş bir yazılım uygulanmıştır. Son olarak, Buddha heykelinin detaylı 3D modelinin kesin, güvenilir olması için manuel hesaplamalar da yapılmıştır.

3D Buddha heykel modeli, dijital fotogrametrik yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir<sup>136</sup> (Res. 54).

<sup>136</sup> Gruen-Remondino 2003, 1 v.d.



Resim 54. Üç boyutlu Buddha heykelinin dijital fotogrametri yöntemi ile yeniden yapılandırılması.

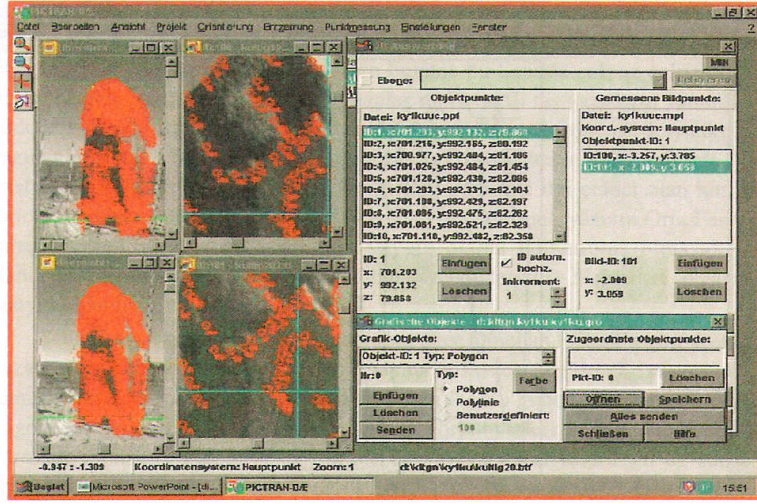
Bir diğer örnek; TİKA tarafından desteklenen Moğolistan'daki Türk Anıtları Projesi, çoğunluğu Selçuk Üniversitesi akademisyenlerince oluşturulmuş bir fotogrametri grubu ile Göktürk (Orhun) anıtları, Bilge Kağan Bengü ve Köl Tigin kitabeleri ve Tonyukuk Anıt Külliyesi üzerinde yapılan fotogrametrik ve jeodezik çalışmalarıdır.

M.S.8.yüzyılın ilk yarısında Göktürkler tarafından dikilen Orhun (Göktürk) Anıtları, Türk Dili ve Edebiyatının ilk yazılı örneklerinden biri olarak kabul edilmektedir. Özellikle Türk milletinin adının geçtiği ilk Türkçe metin olması, Türk milleyetçiliğinin, kültürünün, devlet ve millet olma şuurunun temelini oluşturması ve taşlar üzerine yazılmış ilk Türk tarih kaynağı olması bakımından da büyük önem taşımaktadır. Şu anki sınırlar itibariyle Moğolistan topraklarında kalan Orhun Anıtlarının korunması, restorasyonu ve tanıtılmasına yönelik olarak Türkiye Cumhuriyeti tarafından bir çalışma başlatılmıştır. Bu çalışmaların ilk aşaması olarak ve daha sonraki her türlü çalışmaya temel altlık olmak üzere Orhun Anıtlarının bulunduğu alan ve etrafındaki kazı yapılması düşünülen alanın topografik harita üretimi yapılmıştır<sup>137</sup>.

Göktürk Anıtları'na ait belgeleme çalışması, üç boyutlu modelin oluşumuna imkan veren fotogrametrik esasa göre yapılmıştır. Fotoğraf çekim işleminde Polaroid PDC 2000 dijital kamerası kullanılmıştır. görüntüler doğrudan bilgisayar ortamına aktarılmış ve

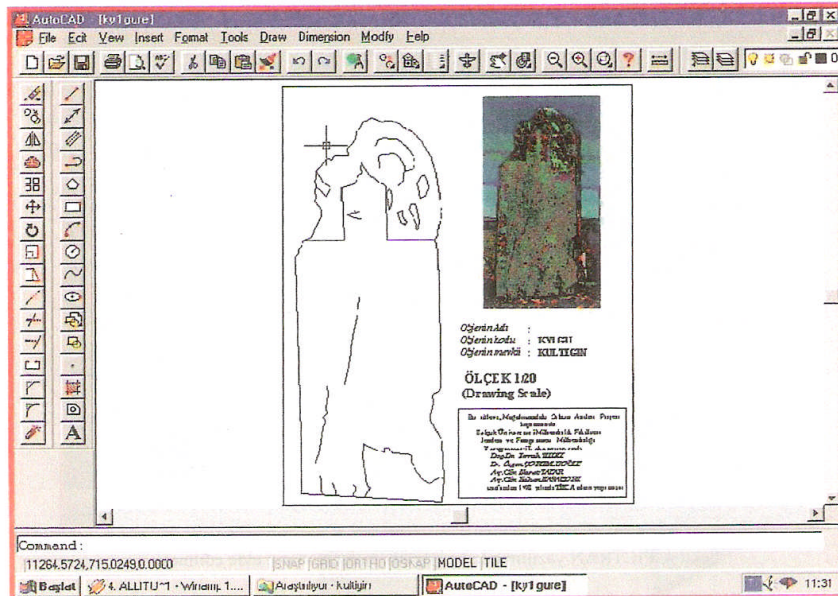
<sup>137</sup> Çay-Ceylan 2001, 75 v.d.

depolanmıştır. Elde edilen TIFF formatlı fotoğrafların çözünürlüğü 1600x1200 piksel olup her bir görüntü 5.6 MB yer kaplamaktadır. Değerlendirme sırasında PICTRAN B-D/E fotogrametrik yazılımı kullanılmıştır<sup>138</sup> (Res.55).



Resim 55. PICTRAN yazılımında üç boyutlu koordinatların elde edilmesi.

Daha sonrasında bu veriler CAD ortamına aktarılarak istenen ölçekte çıktı alınabilmekte ve düzenleme yapılabilmektedir<sup>139</sup> (Res.56).



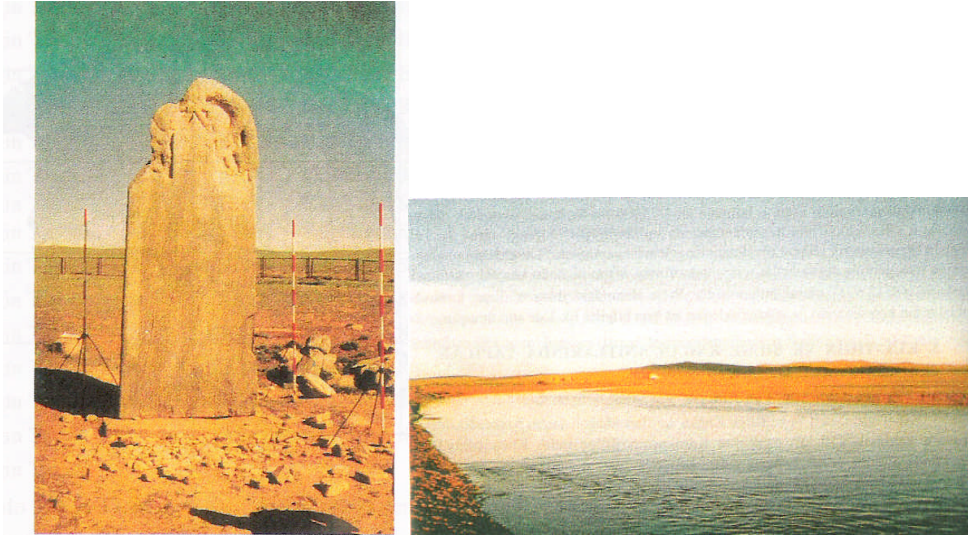
Resim 56. CAD ortamına Aktarılan Çizgisel Bir Değerlendirme.

<sup>138</sup> PICTRAN B modülünde demet dengeleme işlemi; PICTRAN E modülünde fotoğrafların düzeye çevirme işlemleri gerçekleştirilmektedir. PICTRAN D modülünde ise noktaların üç boyutlu koordinatları elde edilmektedir. Bkz. Yıldız - Yakar 2001, 375.

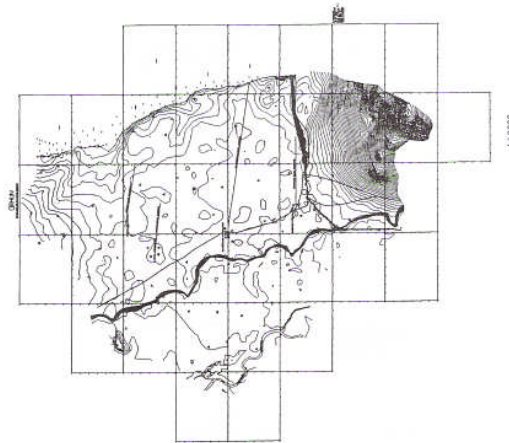
<sup>139</sup> a.g.e. 376.



*Köl Tigin ve Bilge Kağan Bengü Anıtları*<sup>140</sup> (Res.57) Moğolistan'ın başkenti Ulan Bator'a yaklaşık 450 km. uzaklıkta bulunan Karakurum Bölgesinde (Koşha-Saydam) Orhun Nehri kenarında (Res.58) bulunmaktadır. Proje alanında; Köl Tigin ve Bilge Kağan Anıt Külliyesi, Anonim-1, Anonim-2, Anonim-3, Anonim-4, Anonim-5, Anonim-6, Anonim-7 Anıt Külliyesi, Koşho-Saydam Gölü, Taşlı Tepe<sup>141</sup>, bir kuyu, Koşho-Saydam Gölü ile Orhun Nehri'ni birleştiren kuru bir kanal, höyükler ve kurganlar bulunmaktadır<sup>142</sup>. Proje alanı gezilerek Köl Tigin Anıtı'ndan diğer yönler'e yaklaşık 2.5 km. alınmıştır. Batıda Orhun Nehri, doğuda Koşho-Saydam Gölü, güneyde Taşlı Tepe, kuzeyde de Kurganlar sınırları oluşturmaktadır. Çalışma alanının tamamı yaklaşık 35 km<sup>2</sup>'dir<sup>143</sup> (Tab. XVI).-



Resim 57. Kül Tigin Anıtları (Yazıt KY 1). Resim 58. Orhun Nehri ve Taşlı Tepe'den Bir Görünüş.



Tablo XVI. Kül Tigin ve Bilge Kağan Anıtları Bölgesi Genel Durumu.

<sup>140</sup> Bu iki anıtın arası yaklaşık 1 km.'dir; bkz. Çay- Ceylan 2001, 83.

<sup>141</sup> Moğolca kelimenin Türkçesi.

<sup>142</sup> Çay- Yakar 2003, 139 v.d.

<sup>143</sup> a.g.e. 145.

Anonim-3, 1997 yılında Yrd.Doç.Dr.Tayfun Çay; Anonim-4, Anonim-6 ve Anonim-7, 1999 yılında Yrd.Doç.Dr.Cengiz Alyılmaz; Anonim-5 ise Yük.Müh.İbrahim Yılmaz tarafından tespit edilmiştir<sup>144</sup>.

Türk tarihinin ilk yazılı anıtları Bilge Kağan ve Köl Tigin kitabeleri ile bölgede bulunan heykellerin fotogrametrik rölöve planlarının çıkarılması ve bunların belgelenmesi amacıyla stereoskopik görüntü alımları yapılmıştır. Bu fotografik görüntü alımları için metrik özelliklere sahip biri optik Leica R4 (f=35 mm, f=50 mm); diğeri dijital Nikon Coolpix 900 olan iki farklı kamera kullanılmıştır. Değerlendirmeler dört farklı dijital fotogrametri yazılımı kullanılarak bilgisayar ortamında yapılmıştır. kullanılan yazılımlar;

1. Çekilen Fotoğrafların iç yöneltme elementlerinin belirlenmesi için PICTRAN yazılımı,
2. Ardışık fotoğraf çiftlerinin çizgisel ve fotografik değerlendirmesinin yapılması için PHOTOMODELER yazılımı,
3. Dijital ortofotoların birleştirilerek ortofoto mozaik yapım işleminin gerçekleştirilebilmesi için IMAGINE ORTHO-BASE yazılımı ile
4. Modellerin çizgisel ve sayısal değerlendirmesi ile üç boyutlu modellemesinde kullanılan PHOTOMOD yazılımıdır.

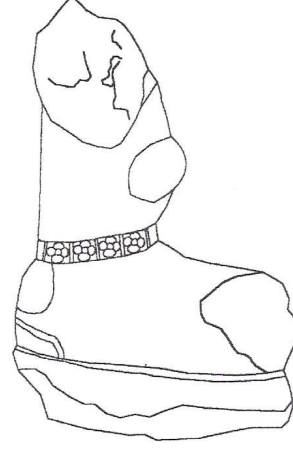
İki stereoskopik fotoğraf çiftinin bir modeli oluşturduğu dikkate alınırca, bu çalışmada 3000'den fazla fotogrametrik değerlendirme yapılmıştır. Bu modellerin mutlak yöneltmesinin yapılabilmesi için obje üzerinde tanımlanmış 1750 noktanın X, Y, Z koordinatları, arazide Sokkisha Set-2000 jeodezik total station aleti ile yapılan ölçmelerle harita koordinat sisteminde belirlenmiş ve fotogrametrik çizimleri yapılmıştır<sup>145</sup> (Tab. XVII-XVIII).

---

<sup>144</sup> a.g.e. 140.

<sup>145</sup> Yıldız-Çay 2002, 213 v.d.

| TICA<br>THE PROJECT OF TURKISH MONUMENT IN MONGOLIA PHOTOGRAMMETRIC WORKING GROUP<br>TİKA<br>MOĞOLİSTAN TÜRK ANITLARI PROJESİ FOTOGRAMETRİ ÇALIŞMA GRUBU |  |
|--|--|
| Object Name/Objenin Adı  | BKH2   |
| Scale/Çizim Ölçeği   | 1/10   |
| Camera/Kamera  | Nikon Coolpix 950 f=7,2  |
| Date/Tarih   | 08.08.2000   |
| Software/Kullanılan Yazılım  | Photomodeler, Adobe Photoshop  |
| Working Group/Proje Grubu  | Doç. Dr. Ferruh YILDIZ, Yük. Müh. Murat YAKAR<br>Yük. Müh. Hakan KARABÖRK, Arş. Gör. C. Özer YIĞIT |



Tablo XVII. Bilge Kagan Anıt Külliyesi'nde bulunan heykelin fotogrametrik detay çizimi.

| TICA<br>THE PROJECT OF TURKISH MONUMENT IN MONGOLIA PHOTOGRAMMETRIC WORKING GROUP<br>TİKA<br>MOĞOLİSTAN TÜRK ANITLARI PROJESİ FOTOGRAMETRİ ÇALIŞMA GRUBU |  |
|--|--|
| Object Name/Objenin Adı  | Anonim Bıyıklı Heykel  |
| Scale/Çizim Ölçeği   | 1/10   |
| Camera/Kamera  | Nikon Coolpix 950 f=7,2  |
| Date/Tarih   | 10.08.2000   |
| Software/Kullanılan Yazılım  | Photomodeler, Adobe Photoshop  |
| Working Group/Proje Grubu  | Doç. Dr. Ferruh YILDIZ, Yük. Müh. Murat YAKAR<br>Yük. Müh. Hakan KARABÖRK, Arş. Gör. C. Özer YIĞIT |



Tablo XVIII. Bilge Kagan Anıt Külliyesi'nde bulunan heykelin fotogrametrik detay çizimi.

Çalışmalar sonunda Bilge Kağan anıtından daha az tahrip edilmiş tek parça olan Köl Tigin kitabesinin 1:1 ölçekli bir benzerinin yine mermerden olmak üzere kaplumbağa kaide üzerinde ülkemizde yapılması mümkün kılınmıştır. Ayrıca arazide parçalı durumda olan Bilge Kağan kitabesine ait fotoğraflar, bilgisayar ortamında birleştirilmesi ile kitabenin tek parça olarak dijital ortofoto görüntüsünün elde edilmesiyle de birebir örneği yapılabilecektir<sup>146</sup>.

*Tonyukuk Anıt Külliyesi* (Res. 59-60) ise, Moğolistan'ın başkenti Ulan Bator'a 40 km. uzaklıktaki Nalayh bölgesinde bulunmaktadır. Bölgeye ulaşım karayolu ile sağlanabilmektedir. Bölgede Kazak Türkleri ile Moğollar'a ait çadırlarda<sup>147</sup> kalan göçebe aileler yaşamaktadır. Proje alanında; Tonyukuk Anıt Külliyesi, Anonim-1 ve Anonim-2, enerji nakil hattı, bu külliye 2.5 km. mesafedeki ilave bölgede bir harabe, Anonim-3, Anonim-4 Anıt Külliyesi, bu külliye iki ucundan başlayan iki Balbal güzergahı ve çok sayıda tümsek mezarlar bulunmaktadır<sup>148</sup>.



Resim 59. Tonyukuk Anıtları.



Resim 60. Tonyukuk Anıtları'ndan bir örnek

Çalışma alanını; Tonyukuk Anıtı'ndan diğer yönlere yaklaşık 1300 m. alınmıştır. Böylece sınırlara güneyde enerji nakil hattı, kuzeyde Balbal güzergahı, doğuda kaplıcanın yakınından geçen stabilize yol, batıda yoğun olarak bulunan Tümsek Mezarlar oluşturmaktadır. İlave bölgenin ise, anonim anıt külliyesindeki barkın yaklaşık 250 m.

<sup>146</sup> a.g.e. 214.

<sup>147</sup> Bu çadırlara "Ger" denilmektedir; bkz. Çay- Ceylan 2001, Şekil.2, 77.

<sup>148</sup> Çay- Yakar 2003, 163.

doğusundaki dere ve 300 m. mesafedeki şev, kuzeyinde enerji nakil hattı, güneyi ise 200 m. alınarak sınırlandırılmıştır<sup>149</sup>.

Fotogrametrik değerlendirme için fotoğraflar, ROLLEI D7 dijital kamerası ile RDC formatında çekilmiş ve daha sonra TIFF formatına dönüştürülmüştür. Arazi koordinatları ise, Sokkisha Powersett 2000 aleti ile ölçülmüştür. Fotogrametrik çalışma olarak Tonyukuk bölgesine ait heykellerin değerlendirilmesi sırasında PHOTOMODELER, AUTOCAD ve PHOTOSHOP programları kullanılmıştır. Tonyukuk Nalayh bölgesinde bulunan on anıtın ön ve arka yüz olarak 1:10 ölçekli çizimleri yapılmıştır<sup>150</sup> (Tablo IXX).

| TICA<br>THE PROJECT OF TURKISH MONUMENT IN MONGOLIA PHOTOGRAMMETRIC WORKING GROUP<br>TICA<br>MOĞOLİSTAN TÜRK ANITLARI PROJESİ 2001 SAHA ÇALIŞMASI FOTOGRA METRİ ÇALIŞMA GRUBU |   |
|---|---|
| Object Name/Objenin Adı   | TB 1- Ön (TONYUKUK)   |
| Scale/Çizim Ölçeği  | 1/10  |
| Camera/Kamera   | Rollei Metric D7 f=7,52   |
| Date/Tarih  | 25.09.2001  |
| Software/Kullanılan Yazılım   | Photomodeler, Adobe Photoshop, Autocad 14   |
| Working Group/Proje Grubu   | Doç.Dr. Ferruh YILDIZ, Yük.Müh. Murat YAKAR<br>Yük. Müh. Hakan KARABÖRK, Arş.Gör. C. Özer YİĞİT |



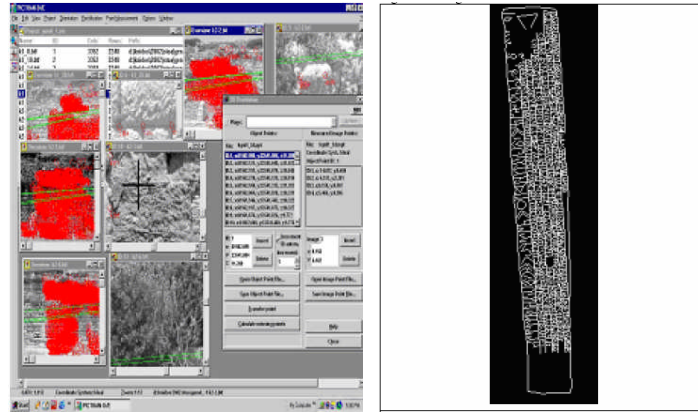
Tablo IXX. Tonyukuk Anıt Külliyesi'nde bulunan heykelin fotogrametrik detay çizimi.

Tonyukuk Anıt Külliyesi içersinde yer alan iki yazıt üzerinde de fotogrametrik yöntemler kullanılarak belgeleme çalışması yapılmıştır. Yazıtlar, güneş ışığına göre, günün belli saatlerinde ancak görülebilmektedir. Yazıtlar üzerindeki yazıların derinliklerinin yetersiz olması dolayısıyla, güneş ışığı uygun değilken yazıtların tespit edilmesi oldukça zordur. Fotoğraflar, Rollei D7 dijital, Leica R5 optik fotoğraf makineleri ile yaklaşık 2 m. uzaklıktan

<sup>149</sup> a.g.e. 166.

<sup>150</sup> a.g.e. 170 v.d.

çekilmiş ve fotogrametrik onarım PICTRAN (Res.61) ve PHOTOMODELER yazılımları kullanılarak yapılmıştır.



Resim 61. PICTRAN yazılım ile fotogrametrik onarım.

Yer kontrol noktaları, demet dengelemesi için uygun sayıda işaretlenmiştir. Bölge üzerindeki yer koordinat sisteminden yüzey koordinat sistemine dönüştürülen noktalar seçilmiş ve yüzey koordinat sisteminin sabitlenmesi için ölçümler alınmıştır (Res.62).

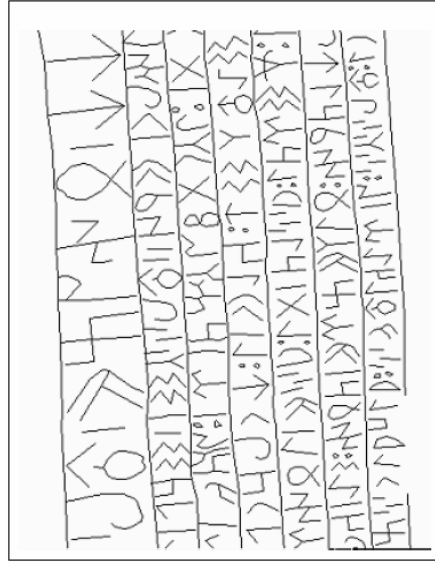


Resim 62. Yüzey koordinat sisteminden yer koordinat sistemine dönüştürme.

Fotogrametrik onarım sonrasında tüm çizimler AutoCAD yazılımına aktarılmıştır (Res.63).

2001 yılında Bilge Tonyukuk Anıtı'ndaki pek çok sanat eserinin yeri fotogrametrik olarak belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda, iki yazıt hariç, diğer bütün parçalar anıtın yakınındaki müzeye taşınmıştır<sup>151</sup>.

<sup>151</sup> Yıldız- Yakar 2003, 595 v.d.



Resim 63. Bilge Tonyukuk Anıtı'ndaki ilk yazıtın batı yüzeyi.

#### 4.5.3. Mimari Yapı Tanımları Üzerinde Yapılan Fotogrametrik Belgelemeler

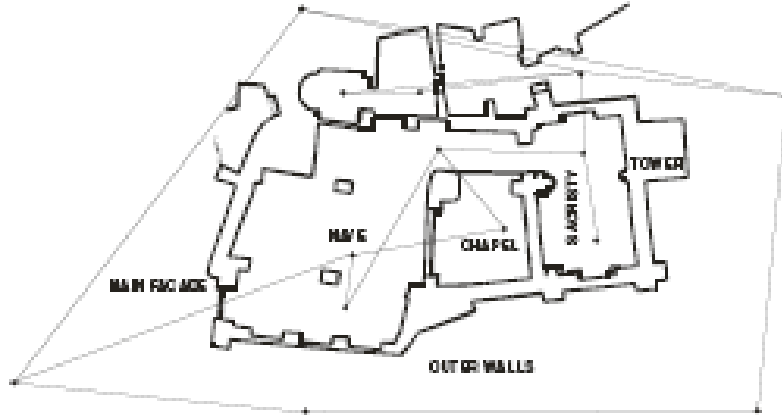
Ülkemizdeki fotogrametrik çalışmalardan söz etmeden önce, Güney İspanya'da, Alcalá la Real'de, La Mota Kalesi'nin etkileyici surları içinde (Res.64) yer alan St. Domingo de Silos Kilisesi üzerinde yapılan fotogrametrik kayıtları incelemek de yarar vardır.



Resim 64. A: La Mota Kalesi'nin panoramik görüntüsü. Santo Domingo Silos Kilisesi, beyaz çerçeve ile gösterilmiştir. Yanı sıra kalenin coğrafi konumu da sol üst köşede yer almaktadır. B: Güney bölümdeki ana cephe. C: güneybatıdan genel görünüm (çan kulesi, nave, kemerler ve şapel girişi). D: Çan kulesi ve kuzey duvar. E: doğu duvarların panoramik görüntüsü.

1341 yılında, Granada'nın Müslüman Krallığı'nın surlarla çevrili şehri fethettikten sonra, Alcalá şehrinde, eski bir caminin kalıntıları üzerine 14. yüzyılda kurulan kilise, 14. yüzyıl sonunda, kulesinde ve kiliseye ait kutsal eşyaların saklandığı yerde, büyük bir yeniden yapılandırma yapılmıştır. İki tane büyük avluyla birlikte asimetrik bir zemin planı vardır.

İkizkenar yamuk ile dikdörtgen arasında garip bir şekle sahip olan ana kilise; kare şeklinde bir kule, kutsal yer ve çubuklarla destekli kemer ile çevrilidir (Res.65).



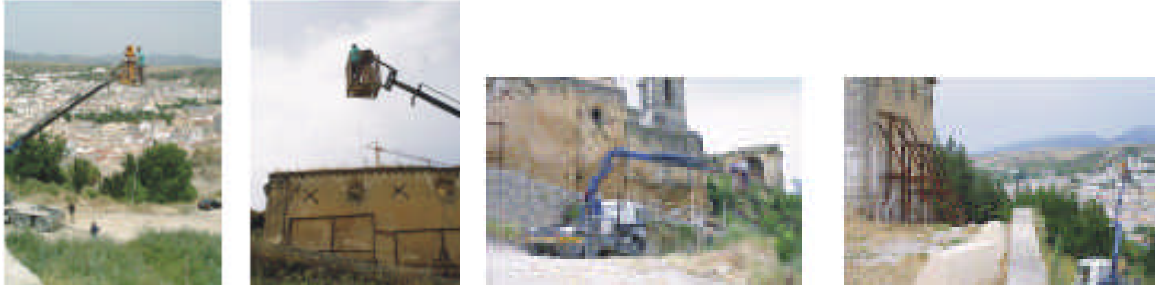
Resim 65. Kilise Planı.

Kilise, 1931 yılında tarihsel öneminden dolayı Ulusal Anıt olarak ilan edilmiştir. Kiliseye ait orijinal resimleri, heykelleri ve diğer eşyaları ya özel koleksiyonerlerde; ya Akala Real ve Granada şehirlerindeki diğer kiliselerde; ya da kaybolmuşlardır. Fakat ne yazık ki, kilise günümüzde, İspanya İç Savaşı döneminde yoğun bir şekilde zarar görmüş; aldığı hasarlardan ötürü neredeyse yıkılmak üzeredir. Bu sebeple, yerel otoriteler, kilisenin restore edilmesi için acil önlemlerin alınması konusunda girişimlerde bulunmuştur. Restorasyon çalışmalarından sonra yapı, fotogrametrik araştırma teknikleri ile belgelenmiştir. Fotogrametrik araştırmanın finansal maliyetinin düşük tutulması için, metrik olmayan ve yarı-metrik aletler yoğun olarak kullanılmıştır.

Yüzey araştırmaları, kilisenin zemin planı ve fotogrametrik araştırmanın kontrol noktalarını tespit etmek için yapılmıştır (Res.65). Bu çalışmalar, kilisenin dizaynını, ölçümlerini, planına ait noktaları ve fotogrametride kullanılacak olan kontrol noktalarını içermektedir. Kilise üzerinde yapılan ağ çalışmasında, kilisenin hem içinde hem de dışında 14 istasyon belirlenmiştir (Res.65). 300'den fazla fotogrametrik kontrol noktası, kiliseye ait cephenin sağ ve solundan, reflektörsüz Leica Total Station tarafından, ölçülmüştür. Bu noktalar, dijital görüntülerde, kilise çevresinde seçilen doğal noktalardır.

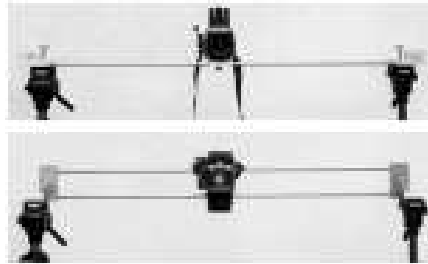
Kiliseye ait ana batı dış duvarları ve cephe, UMK 1318/ 10 makinesiyle birlikte, analitik stereo fotogrametri kullanılarak belgelenmiştir. Fotoğraf çekimleri sırasında, gerektiğinde mobil bir asansör de kullanılmıştır (Res.66).





Resim 66. Batı duvarlarındaki stereo-çiftler, mobil bir asansör yardımıyla çekilmiştir.

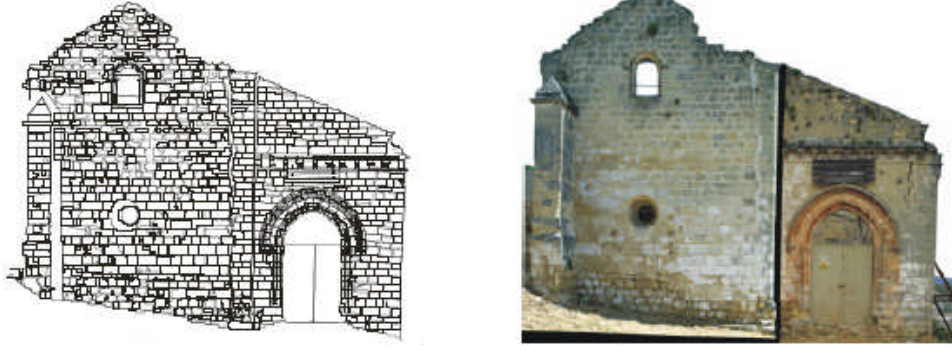
Stereoskopik temel çizgiler, Total Station ile yerleştirilmişlerdir ve yükseklikler, platformdaki şerit metre ile ölçülmüştür. 17 m yüksekliğindeki çan kulesi, kemer ve iç duvarlar, hem yarı metrik, hem de metrik olmayan analog ve dijital kameralarla fotoğraflanmıştır. Fotografik belgeler, Hasselblad 500 C/ M Carl Zeiss 80/ 2.8 lense (reseau tabakaları takılmış) sahip analog bir makine ile birlikte; Pentax 4/ 4.5 ve 4/ 200 lenslere sahip Pentax 67 II modelinde diğer analog bir kamera ve Sigma 20 mm ve Canon 35 mm lenslere sahip, 3.2 MP'lik dijital Canon D 30 modelinde, toplam üç makine kullanılarak yapılmıştır. Bazı durumlarda bu kameralar, stereo-çift çekimleri için geleneksel olmayan, ray sistemli, baz mesafesi bilinen bir tripod üzerine monte edilerek kullanılmıştır (Res.67).



Resim 67. Stereoskopik kol üzerinde Hasselblad kamera.

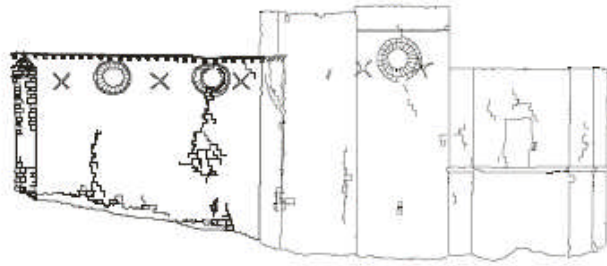
Analog UMK ve Hasselblad kameralarla elde edilen fotoğraflar, Intergraph TD fotoğraf tarayıcısı ile 1814 dpi çözünürlükte; Pentax ile çekilen fotoğraflar da NIKON Super Cool SCAN 2000 marka, 3000 dpi'lık bir masaüstü tarayıcı ile taranıp dijital hale getirilmiştir.

Bu kamera ve diğer kameralardan elde edilen belgelerden Resim 68'de olduğu gibi çizgisel çizimleri ve düzeltilmiş görüntü mozaikleri yapılmıştır.



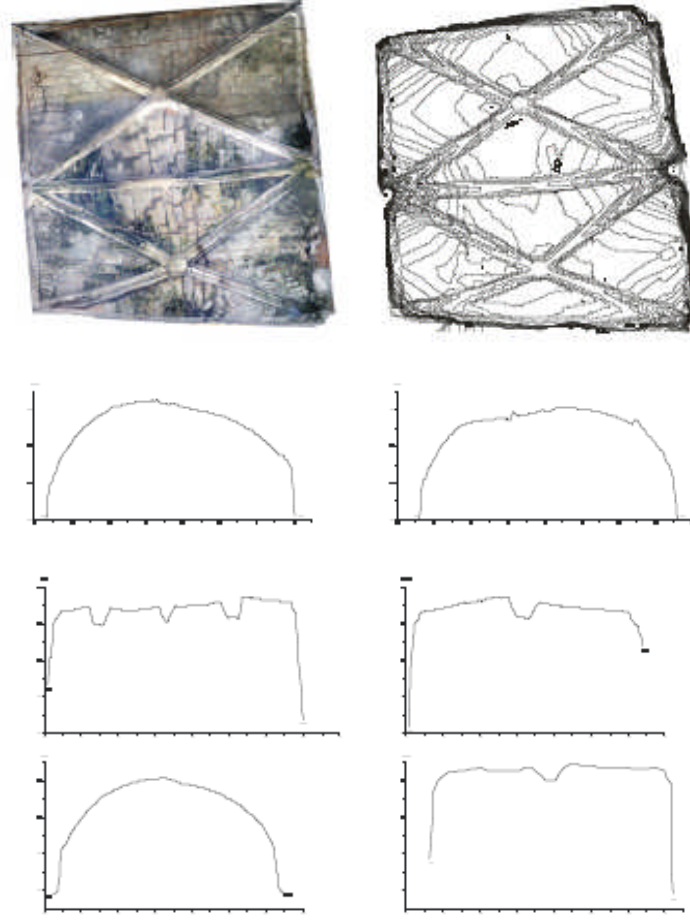
Resim 68. Ana cepheye ait çizgisel bir çizim ve Canon D 30 Dijital Kamerasıyla elde edilmiş ve sonradan düzeltilmiş görüntülere ait mozaik.

Resim 69'daki çizim ise, mimari hatları, çatlakları ve batı bölümde yer alan duvarlardaki temel bozuklukları ve bu duvarlar da büyük bir deformasyonu hatta neredeyse yıkılma tehlikesini göstermektedir.



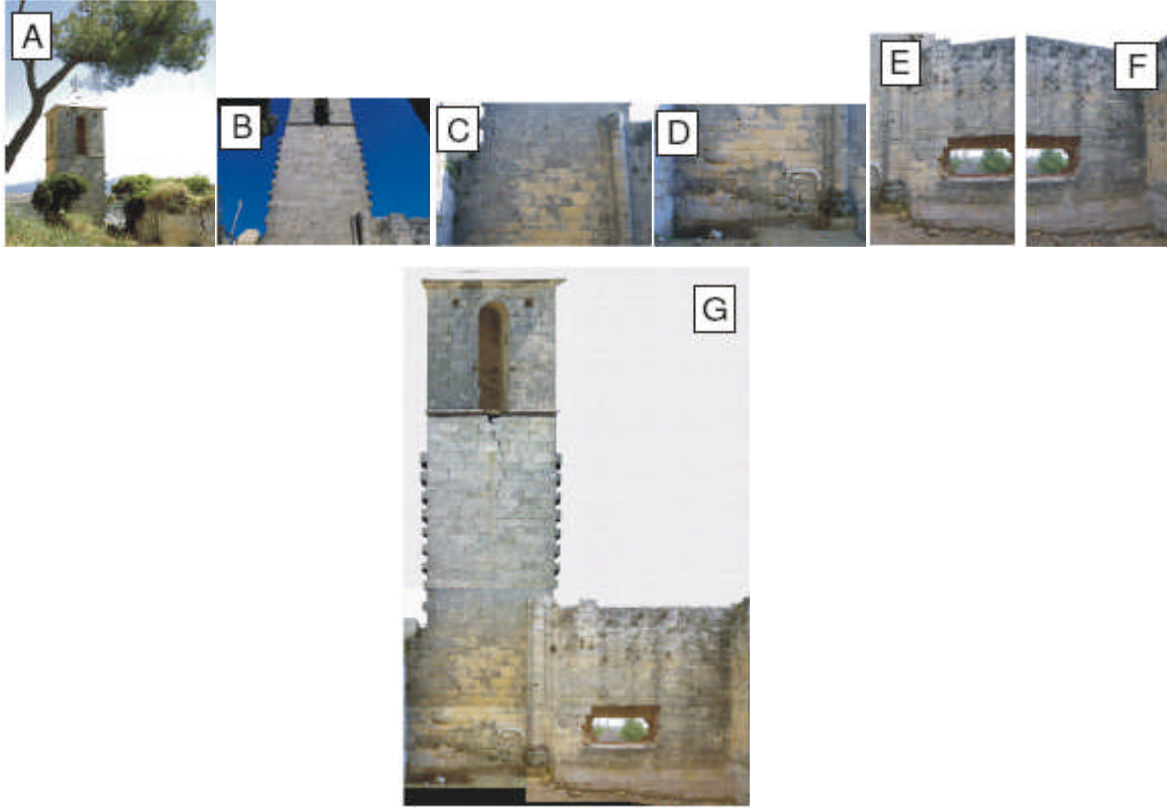
Resim 69. Doğu bölümü duvarlarına ait detay görünümü.

Ayrıca, kiliseyi çevreleyen kemerlerin de dijital fotogrametri yöntemleri kullanılarak çizimleri yapılmıştır. Bu esnada, laboratuarda kalibre edilen Canon D 30 kamera ile 20 mm'lik lens kullanılmıştır. Kemerle ait Dijital Yüzey Modeli (DSM), eşleştirme teknikleri ve manuel baskı ile yaratılmıştır. DSM destek aralığı, toplam 76 500 noktla beraber 0.0025 m idi. Yaratılan DSM ile, neredeyse yıkılmak üzere olan kemerin ana bölümlerinin arka arkaya gelen profilleriyle ve 5 cm aralıkla kemerin yüzey haritası üzerinde kemere ait deformasyon açıkça görülmektedir. Sonuçta, kemere ait bir ortofotoğraf yaratılmıştır (Res.70).



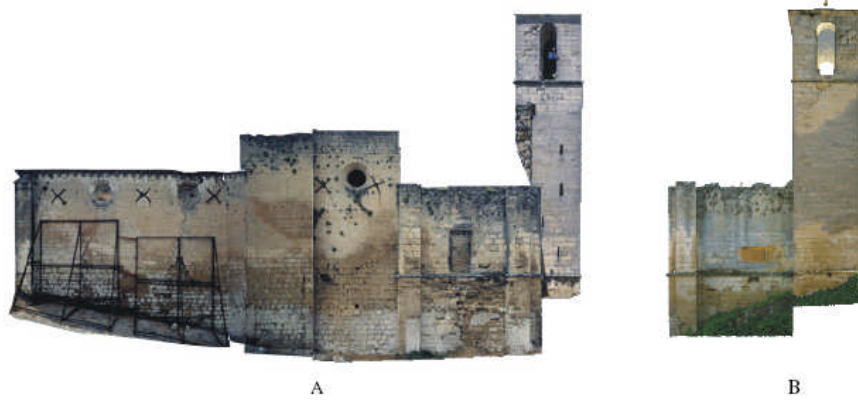
Resim 70. Ortograf, kontur haritası ve temel profiller şapeldeki deformasyonu göstermektedir.

Kiliseye ait çan kulesi, iç duvarlar ve kuzey yönüne bakan dış duvarlar, yarı metrik ve metrik olmayan dijital ve analog kameralarla belgelenmiştir. belgeleme sırasında, pek çok çekimde tek bir görüntü bütün duvarı ya da kemer yüzeyini kaplamakta yeterli değildir. Bu sebeple, düzenlenmiş görüntü mozaiklerine ihtiyaç duyulmuştur. Mozaikleri homojen hale getirebilmek için radyometrik düzenleme yapılmıştır. Bu düzenleme, Adobe Photoshop yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Resim 71, mozaik oluşum sonuçlarını göstermektedir.



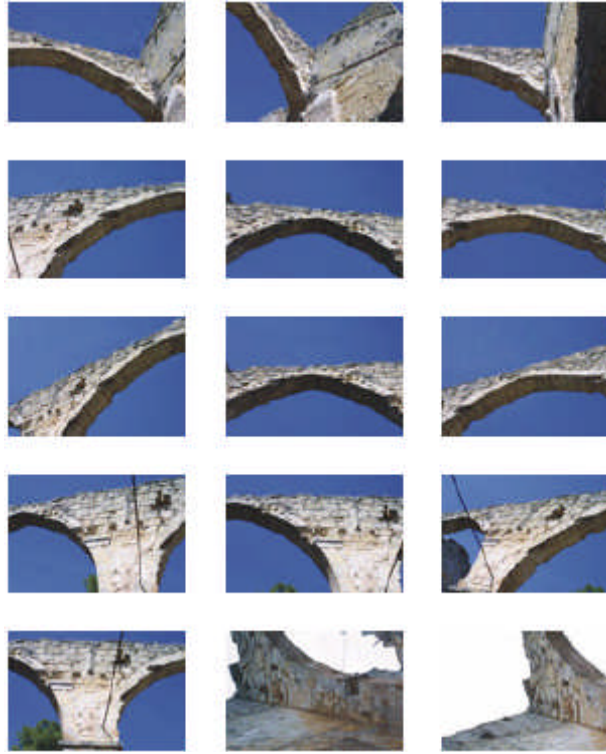
Resim 71. A-F: kutsal yerin iç duvarı ile çan kulesinin güney kenarı. G: rektifiye edilmiş ve radyometrik olarak düzeltilmiş mozaik görüntü.

Resim 71’de görülen A-F harfleriyle adlandırılan 6 görüntü, Canon D 30 kamerasıyla ve 20 mm’lik lens ile çekilmiştir. Ama kulenin daha yüksek bölümü olan Resim 71.A’da, Pentax kamera ve 200 mm’lik lens kullanılmış ve bu fotoğraf, kilisenin dışından çekilmiştir. Bu kameranın kullanılmasının nedeni, obje-kamera mesafesinin kilisenin dışında, yoğun olarak Canon D 30 çözünürlüğünü gerektirmesidir. Bununla birlikte UMK görüntüleri de mozaik için kullanılmıştır. Resim 72.A’da, UMK kamerasıyla çekilen doğu bölümdeki dış duvara ait mozaik görüntüsünü; Resim 72.B’de ise, Canon D 30 ile çekilen kuzey duvarlarla, Pentax ile belgelenen çan kulesinin mozaik görüntüsünü görmek mümkündür.



Resim 72. A: Çan kulesi ve doğu yönündeki dış duvarların mozaik görüntüsü.  
B: Çan kulesi ve kuzey yönündeki dış duvarların mozaik görüntüsü.

Kilisenin diğer ilgili alanlarında, fotogrametrik kayıtlama sırasında bazı sorunlarla karşılaşılmıştır. Orta göbeği kesen kemerlerde (Res.64.C) mesafe kısıtlamaları ve kemerlerin uzunluğu, daha geniş açılı veya büyük fotoğraflara ihtiyaç duymuştur (Res.73- Res.75).



Resim 73. Kilise avlusu içindeki kemerlerin üst bölümlerine ait fotoğraflar.

Kemerlerin bazı parçalarında fotoğraflar eğik çekilmek zorunda kalmıştır. Bu durum, mozaik oluşturma sırasında problem yaşanmasına sebep olmuştur. Res.10’da görülen arkadaki kemerlerin üst bölümlerini çözmek için oldukça eğik fotoğraflar kullanılmıştır. Bu

durum, yoğun görüş eğiminden dolayı, kontrol noktalarının ölçümünü son derece karmaşık hale getirmiştir. Arka kemerlerin rektifiye edilmiş mozaik görüntüsü Resim 74’de görülebilir.



Resim 74. Kilise içindeki arka kemerlerin mozaik görüntüsü.

Resim 75’de ise ön duvarlara ait mozaik görüntü incelenebilir. 20 mm’lik Canon D 30 ile stereo çiftler, stereo koldan (Res. 67) yardım alınarak çekilmiştir. Çekim sırasında, sağ taraftaki engeller, stereo çiftlerin kullanımına engel olmuştur ve sağdaki sütun birbirine yakın fotoğraflarla mozaikleştirilmiştir. Resim 74 ve Resim 75’deki mozaik görüntülerin ol tarafında, duvarların ve kiliseye doğru eğilen kemerin deformasyonu fark edilebilir. Mozaik görüntülerin sade bir şekilde daha iyi incelenebilmesi için, soluklaştırılmış arka fon üzerine yerleştirilmişlerdir.



Resim 75. kilise içindeki ön kemerlerin mozaik görüntüsü.

Sonuç olarak, fotogrametrik kayıtlamalar ve mozaik haline getirilmiş tüm görüntüler, Shapecapture ve Photomodeler gibi ticari amaçlı pek çok yazılım kullanılarak kilisenin model parçalarında kullanılmıştır (Res.76). Bu modelleştirme metrik uygulamalar için değil; sadece görselleştirme boyutundadır.



Resim 76. Kilise girişi, avlu ve kemerlerinin Photomodeler yazılımı kullanılarak yapılan üç boyutlu modeli. Sol kilise duvarı ve tonoz yapısı kilise içindeki kamera pozisyonlarını engellemiştir.

İspanya’da Jaen Üniversitesi, Kartografya, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği bölümü tarafından sekiz kişilik bir ekiple yapılan, Silos’taki St. Domingo Kilisesi’ne ait bu çalışmada hiç de yüksek bir maliyete gerek duyulmadan metrik olmayan ve yarı-metrik kameralar kullanılmıştır. Farklı metotların, kameraların ve araçların bir araya getirilmesi son derece etkili olmuştur. Kilisenin bazı bölümlerinde yıkılma tehlikesiyle karşı karşıya kalınması ve kameraların sabitleme problemi dolayısıyla veri elde etme sürecinin hızlı olmasını gerektirecek etkenlerle karşılaşmış; ancak bu durum, kullanılan araçların pratikliği ile kolaylıkla çözülmüştür. Kiliseden elde edilen tüm detaylar, restorasyon çalışmaları gibi daha sonraki çalışmalarda kullanılır düşüncesiyle kataloglanmıştır. Bu çalışma aynı zamanda ileride gerçekleştirilecek mimari bir restorasyon projesini de destekleyecek niteliktedir<sup>152</sup>.

Ülkemizde yapılan bir mimari fotogrametrik çalışma da, İtalya’nın çeşitli üniversitelerinde görevli uzmanlarca, Kütahya’nın 50 km. uzağındaki antik Aizanoi’de<sup>153</sup>, Zeus Tapınağı’nda yapılmıştır.

Küçük Asya’nın Hellenistik tapınağı, önde sekiz sütun, uzun bölümde 15 sütunla yalancı çift sıralı İyonik bir plana sahiptir. Podyumun altında Jüpiter’in doğduğu mağaranın mimari betimlemesi olarak yorumlanan kubbeli bir koridor bulunur. Yerdeki alınlıkta bir kadın heykeli bulunmaktadır (Res.77).

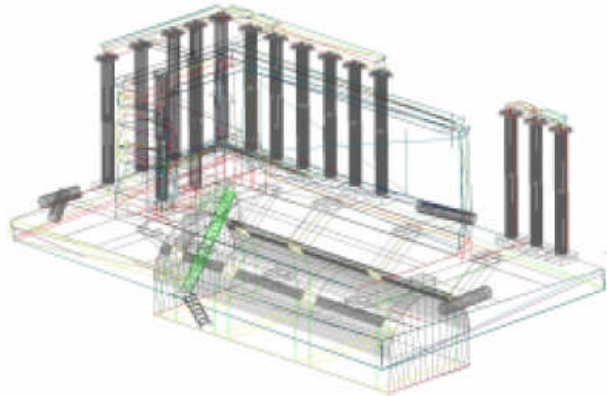
<sup>152</sup> Mara- Cardenal 2004, 1 v.d.

<sup>153</sup> Şimdiki Çavdarhisar.



Resim 77. Aizanoi'deki Zeus Tapınağı.

Fotogrametrik incelemelerde, 20 mm.'lik lensle donatılmış 35 mm.'lik kalibre edilmiş kamera kullanılmıştır. Tapınağın çevresinden alınmış on altı görüntünün meydana getirildiği fotografik çember denilen alan oluşturulmuştur. Resim 77, bu görüntü örneklerindedir. Bu inceleme için oldukça kısa zaman harcanmıştır. Zeminde bir şerit yardımıyla boyutlama için mesafe alınmış; değerlendirme Photomodeler yazılımı tarafından yapılmıştır. Beklenen doğruluk payı çok yüksek olmasa da bazı sonuçlar elde edilebilmiştir. Resim 78'de bütün tapınağın 3 boyutlu tel kafes modeli üzerinde yeraltı koridoru (Res.79), aydınlatma için altı penceresi ve alt ile üst katları birleştiren merdivenler görülebilmektedir. Resim 80'den Resim 83'e kadar tapınağın yan ve ön görüntüsü. Tapınak gerçek ölçüleri 53 m. 35 m., şimdiki boyutları 43x25 m.'dir ve bir podyum üzerine kurulmuştur. Bitişik sütunlar arasındaki mesafe yaklaşık 2.9 m., yandan, 3.25 m. önden. Podyum yerden 1.50 m. yükseklikte, yukarıdan da 12.70 m. yüksekliktedir.

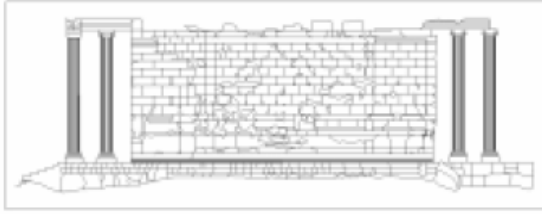


Resim 78. Photomodeler yazılımı ile değerlendirmeleri yapılan tapınağın tel kafes görüntüsü.

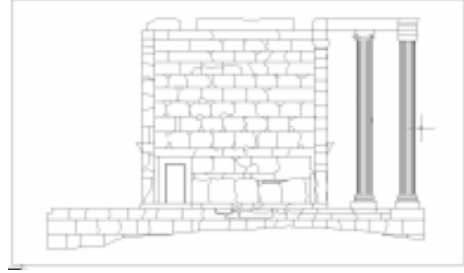




Resim 79. Zeus Tapınağı'nın planı-Transparan görünümde kubbeli yeraltı koridoru.



Resim 80. İç Mekanın Kuzey Profili.



Resim 81. İç Mekanın Batı Profili.

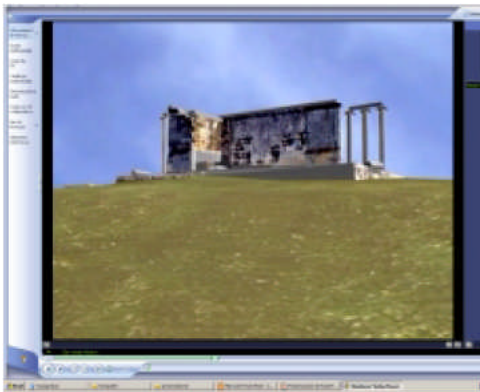


Resim 82. Dış Mekanın Kuzey Profili.



Resim 83. Dış Mekanın Batı Profili.

Tel-kafes modeli düzeltilmiş görüntülerle dokulandırılmıştır, araştırma amaçlı olarak anıtı daha iyi anlayabilmek için WRML ve AVI dosyaları oluşturulmuştur. Tapınağın Resim 84'de AVI gösteriminin iki görüntüsü incelenebilir.



Resim 84. Aizanoi Tapınağı'nın hareketli AVI betimlerinden iki görüntü.

Bir diğerk önemli çalışma, İ.T.Ü. Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü hocalarının ve Alman bilim adamı Kemper tarafından alçak rakımlı hava ve kara fotogrametri yöntemini kullanarak, Patara'daki antik tiyatro üzerinde yaptıkları çalışmadır.

Patara, Türkiye'nin güneyinde Kalkan yakınında, Akdeniz kıyısında, Fethiye ile Antalya arasında yer alan antik bir yerleşimdir. M.Ö. 500'e kurulan Patara, Likya İmparatorluğu'nun ana limanıydı ve Xanthos Nehri'nin ağzında yer almaktadır. Patara, M.Ö. 333'te Büyük İskender'in yönetimi altında genişlemiştir. M.Ö. 300 yıllarında, St. Nicholas'ın Patara'da doğması ile bu bölge yeniden önemli bir konuma ulaşmıştır. Daha sonrasında bu yerleşim, önemi kaybetmiş ve Xanthos Nehri'nin denize açılan limanı ile şehre ait pek çok yerleşim yeri, şiddetli rüzgarın etkisiyle kum tepelikleri altında kalmıştır<sup>154</sup>. Yapılan kazı çalışmalarıyla gün yüzüne çıkartılan antik tiyatro ile, Patara yeniden turistik konumu dışında, kültür mirasımızın da izlerini taşmasıyla önem kazanmıştır.

Patara'da kazı çalışmalarını yürüten arkeologlar, tiyatro alanından yüzlerce kamyon kum çıkarttırmışlardır. Kazı çalışmaları hala devam eden yerleşim alanının jeodezik haritası için İ.T.Ü., Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü öğretim elemanlarından destek alınmıştır. İ.T.Ü. bilim adamları, haritanın çıkarılması için balon yöntemini kullanmaya karar vermişlerdir. Çalışmaya öncelikle yerleşim alanındaki 80x100 m büyüklüğündeki antik tiyatrodan başlanmıştır. Hava fotogrametrisi için, kontrol noktası olarak küçük CD'ler kullanılmıştır. Yansıma oranını minimuma indirmek için CD'lerin tümü maviye boyanmış ve üzerlerine ölçü işareti olarak kırmızı-beyaz etiketler yapıştırılmıştır. Tiyatronun tamamı için 80 adet zemin kontrol noktası kullanılmıştır (Şek.36)

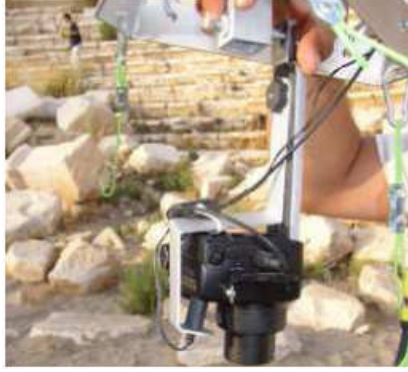


Şekil 36. Antik tiyatronun plan görünüşü ve kontrol noktaları.

<sup>154</sup> Çelikoyan- Altan 2003, 375.

Bir başka tip kontrol noktası, cepheler için yersel fotogrametri ile tanımlanmıştır. Bu amaç için, taş blokların köşeleri seçilmiştir. Kontrol noktalarının tümü, Total Station Pentax ATS 102 kullanılarak yersel metotlarla ölçülmüştür.

Hava görüntüleri, Olympus C-4040 marka fotoğraf makinesi kullanılarak çapı 2,5 m, hacmi yaklaşık 8 m<sup>3</sup> olan ve 8 kg taşıyabilen helyum balonu ile elde edilmiştir. Kamera ve platformun ağırlıkları özenle seçilmiştir. Seçilen halatlar, balon için yeteri kadar güçlüdür. Kamera platformu, altı halat ile balondan aşağıya asılmıştır. Balona asılan ve kamera için kullanılan platform, Almanya'nın Speyer şehrinde GGS Çalışma Atölyesi'nde yapılmıştır. Dijital fotoğraf makinesi eksene sabitlenmiş ve bu eksen üçgen bir çerçeveye bağlanmıştır. Kamera ve kamera için özel tasarlanmış platform Resim 85'de görülmektedir.



Resim 85. Kamera ve özel olarak tasarlanmış platform (sol).

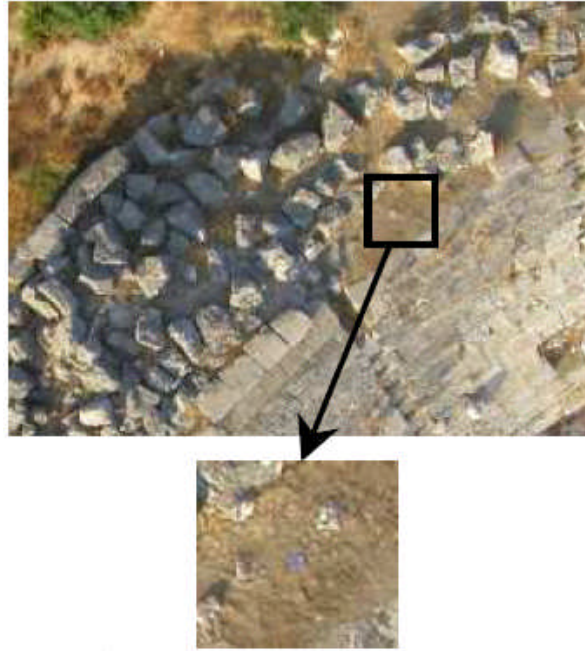


Resim 86. Ekranlı ve uzaktan kontrollü yer kontrol ünitesi (sağ).

Resim 85'de görülen platformun rüzgar gibi dış etkiler yüzünden sallanmasını önlemek için üzerine düzgün bir dengeleme tertibatı yerleştirilmiştir. Zeminde balon her biri 50 m uzunluğunda olan üç halatla sabitlenmiştir. Bir halat, videonun taşınması için ve uzaktan kontrol kablosu olarak kullanılmıştır. Kameranın video çıkış portu, kameranın görüntülerini yere göndermek için kullanılmıştır. Normal-PAL sinyali, yüksek frekanslı sinyaller taşıyan kablo ile gönderilmiştir. Ekran çevresindeki çerçeve, ekranı direkt güneşten korumak ve kontrollü bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır (Res. 86).

Bütün tiyatro için 214 adet havadan, 275 adet de yerden fotoğraf çekilmiştir. Tiyatroya ait planın haritasını çıkarmak için, havadan alınan fotoğraflara, cephelerin değerlendirilmesi amacıyla karadan alınan fotoğrafların kullanıldığı sıklıkta başvurulmuştur. Havadan alınan fotoğraflarda, zemin kontrol noktaları olarak kullanılan CD'lerin maviye boyanması ile

yansımanın minimal hale gelmesi sayesinde, bu kontrol noktaları açıkça gözle görülmektedir (Res. 87).



Resim 87. Balondan alınan bir hava fotoğrafı ve fotoğraftan alınan detayda görülen kontrol noktası.

Karadan alınan fotoğrafların üzerinde, kontrol noktalarının yansıması gibi bir durum söz konusu olmamıştır. Çünkü fotoğraflar üzerindeki taş köşeler gibi bazı detaylar, kontrol noktası olarak kullanılmıştır (Res.88).



Resim 88. Yersel fotoğraf.

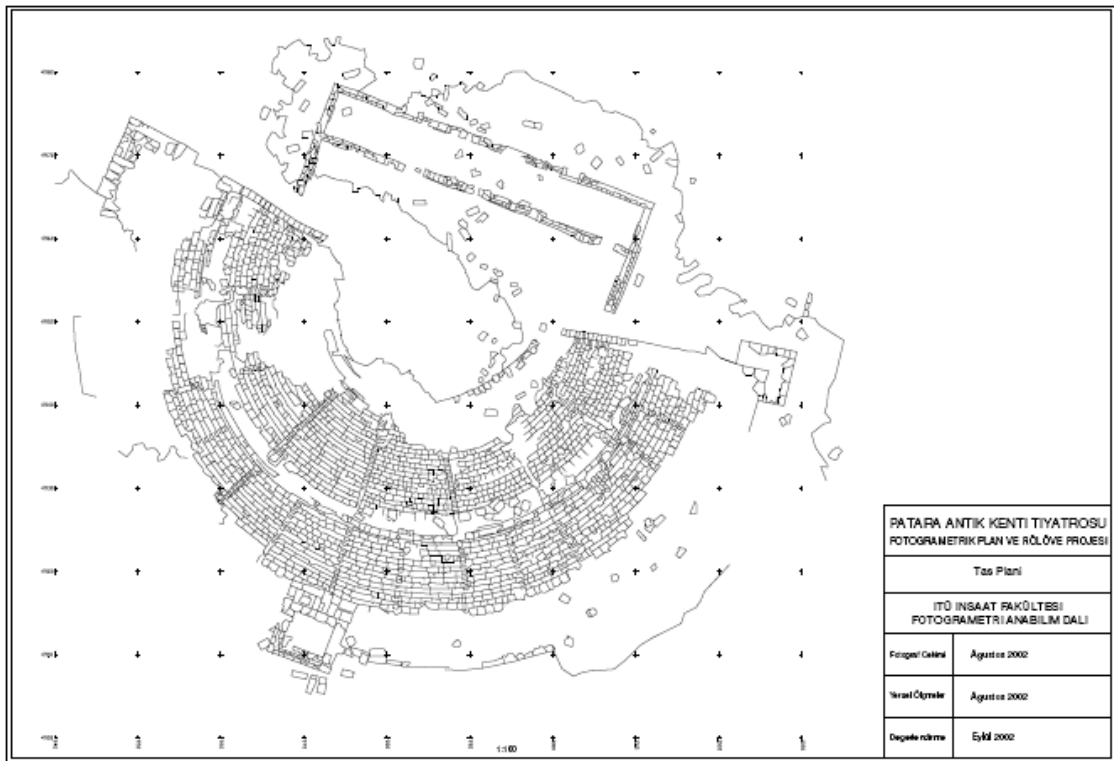
Fotogrametrik değerlendirme için, PICTRAN yazılımı kullanılmıştır. Havadan görüntünün dış oryantasyonu, kameranın pozisyonunun dikey olması ve kontrol nokta koordinatının doğru olması dolayısıyla problemsizdi. Kontrol noktaları, X, Y'de 2-3 mm doğrulukla, Z yönünde ise ~4 mm ile ölçülmüştür. Değerlendirme sonuçlarının geometrik doğruluğu, havadan görüntüler için yaklaşık 4 cm'dir. Kontrol noktalarının geometrik doğruluğu ve görüntüler üzerindeki dağılımlarından dolayı, dış oryantasyon son derece

kalitelidir. Bu çalışmanın zorluğu, karadan elde edilen görüntülerin dış oryantasyonu olmuştur. Bazı çalışma alanlarında, görüntüler ilgili objeye çok yakın bir konumda alınmalıydı. Bu da tek görüntünün küçük bir alanı kaplamasına sebep olmuştur. Sonuç olarak, birçok kontrol noktası cephe üzerinde ölçülmelidir.

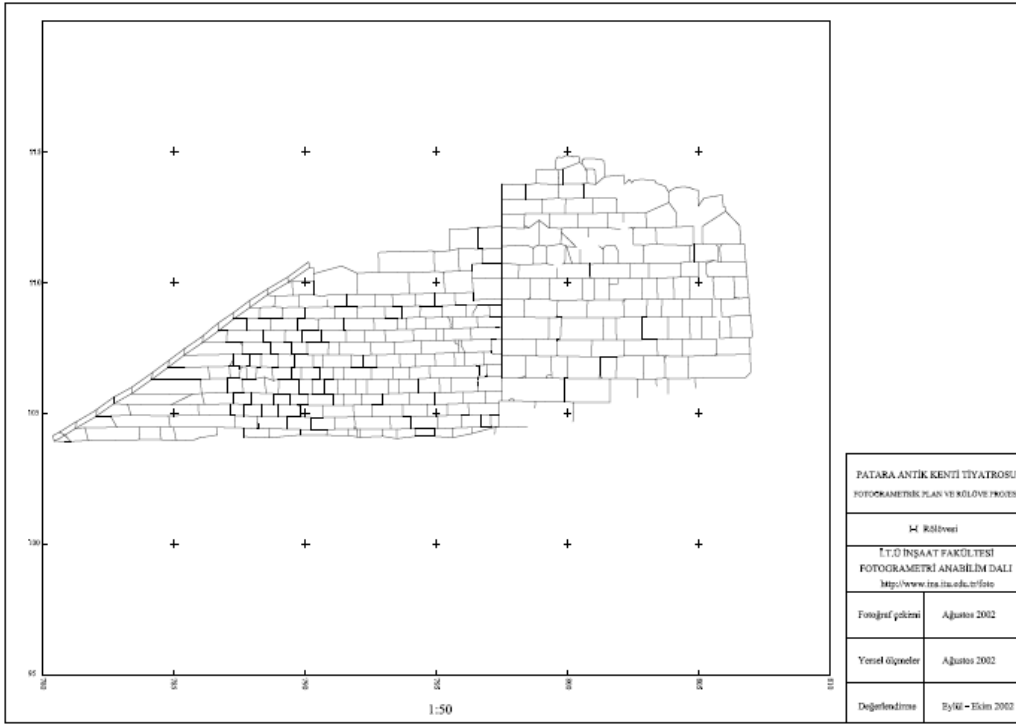
Fotogrametrik değerlendirme ile 100.000'in üzerinde nokta, üç boyutlu olarak ölçülmüştür. Taşların ölçülen üç boyutlu koordinatları ve bunların dış hatları CAD yazılımına transfer edilmiş ve AutoCAD kullanılarak düzenleme ve bazı ek kartografi işleri yapılmıştır.

Çalışmanın sonunda, farklı ölçekli dört harita oluşturulmuştur:

- Ana Plan (1:250)
- Detaylı Plan (1:100) (Şek.37)
- 12 Cephenin Çizimi (1:50) (Şek.38)
- 5 Profil (1:50)

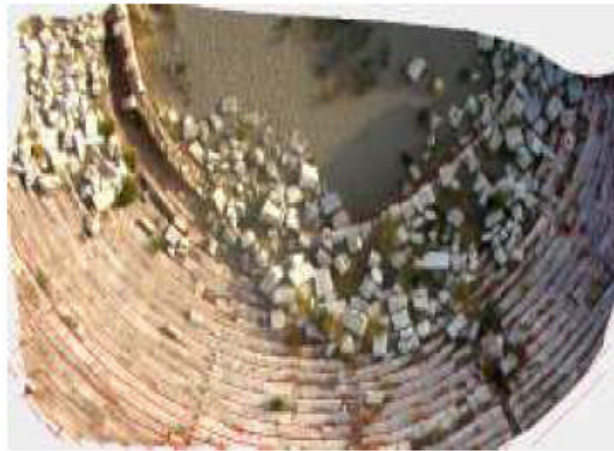


Şekil 37. Patara Antik Tiyatrosu'na Ait Detaylı Plan.



Şekil 38. Patara Antik Tiyatro Cephesinin değerlendirme sonucu.

Nokta temelli sistemler kullanılıyorsa, veri işleme süreci de son derece önemlidir. PhoTopol yazılımı, hatları direkt olarak üç boyut içinde dijital hale getirmekte ve onları stereoda kontrol edebilmektedir. Bu havadan görüntüler kadar, yersel fotoğraflar için de mümkündür. Çözünürlük ve doğrulukla ilgili bazı kısıtlamalar dışında eğri fotoğraflar bile işlemden geçirilebilmektedir. Başka bir deyişle, ortofoto üretilebilmektedir ve bu da harita üzerindeki bilgiyi arttırmaktadır. Böylece, ortofoto üretimi ile bütün çizgilerin haritalanmasına gerek duyulmaz (Res.89).



Resim 89. Hesaplanmış ortofoto ile PhoTopol yazılımında ilk kenar sonuçlarının haritalaması.

Böylelikle, bu çalışmaya ait veriler, turistik amaçlar da gözetilerek web temelli CBS uygulamalarının bir parçası olmak için CBS uygulamalarında ve arkeolojik yeniden yapılanma amaçları için saklanabilir ve ileride kullanılabilir.

Eski yerleşim alanlarının ve kültürel mirasın değerlendirilmesi fotogrametride en ilginç konulardan biridir. Özellikle arkeolojik fotogrametrinin zorluklarından biri, kamera pozisyonudur. Bu çalışmada, görüntü elde etmek için farklı bir platform kullanılmıştır.

Arkeolojik alanlarda sürdürülen kazıların tümü, çoğunlukla yaz mevsiminde yapılmaktadır. Görüntü alımı sırasında, sıcağın ve güneşin yaz mevsimindeki konumundan kaynaklanan ve bir dezavantaj olarak kabul edilen kontrastlık dolayısıyla, görüntü edinimi sabahları erken saatlerde yapılmalıdır. Bu çalışmada da erken saatlerde başlanan görüntü alımı sırasında, ortamda rüzgarın da az oluşu, bu iş için helyum balonu kullanmayı daha da kolaylaştırmıştır<sup>155</sup> (Res.90).

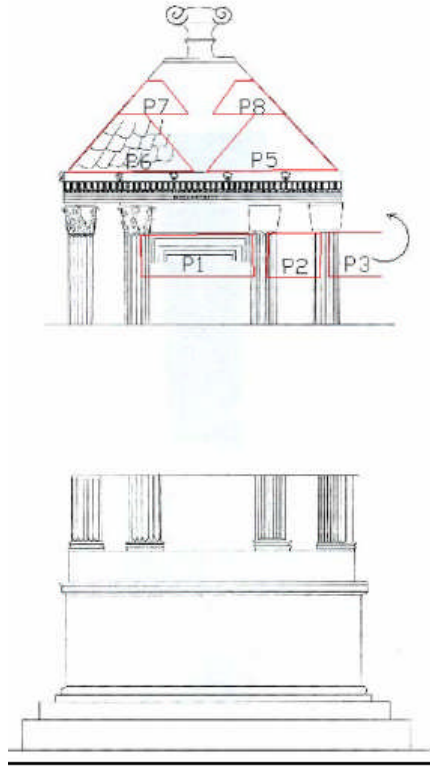


Resim 90. Erken saatlerde, rüzgarsız bir havada görüntü alımı için havalandırılan helyum balonu.

2002 yılındaki Knidos Antik Kenti'ndeki kazı çalışmalarında, Liman Caddesi'nin güney ucunda kare bir platform üzerinde dairesel bir çeşme bulunmuştur. Caddenin doğu sınırındaki teras duvarı üzerinde inşa edilen Boulakrates Çeşmesi, 3 m. genişliğinde, 3 m. uzunluğunda ve 0.7 m. yüksekliğinde bir kaide üzerinde yer alır<sup>156</sup> (Res.91).

<sup>155</sup> Çelikoyan- Altan 2003, 375 v.d.

<sup>156</sup> Yıldız- Karabörk 2005, 1.



Resim 91. Boulakrates Çeşmesi.

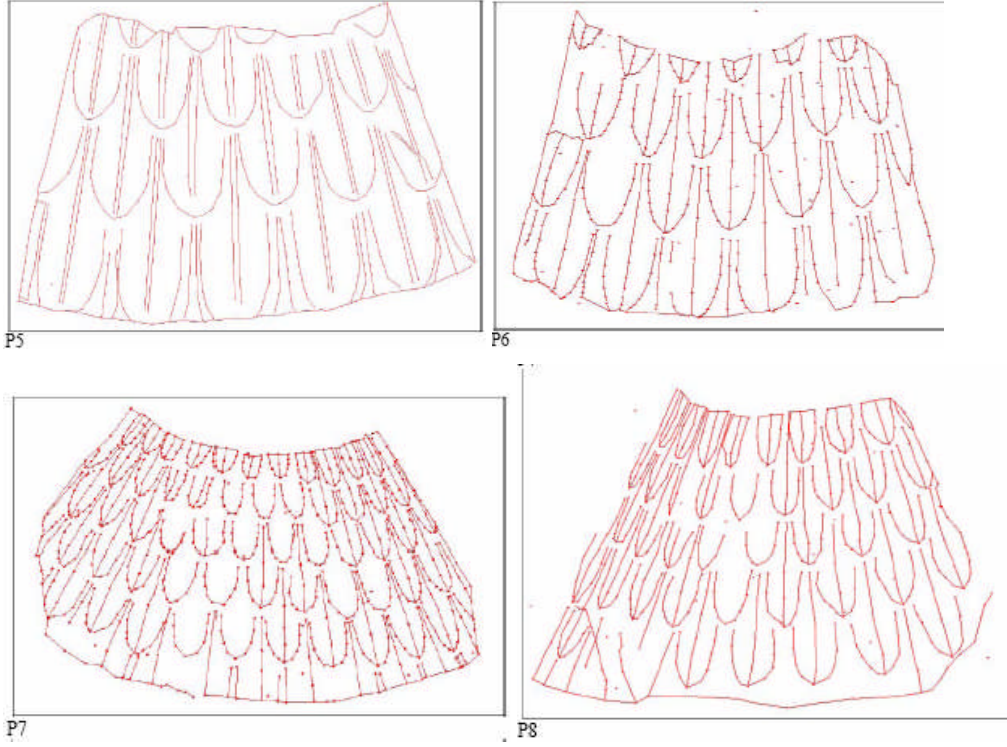
Kaidenin etrafında mermer veya kireçtaşımdan oluşan mimari bloklar da bulunmuştur. Bu bloklardan bir kısmı yarım daire şeklindedir. Bu yarım daire formundaki mermer bloklardan en az iki tanesinde Korinth başlıklı yarım sütunlar göze çarpmaktadır. Üzerlerinde arşitrav blokları ve aslan başı şeklinde küçük çörtlenler yer alan sima blokları da bulunmuştur. Arşitrav bloklarından birinin üzerinde bir yazıt göze çarpmaktadır. Yazıtta;

***“Su işleri başkanı (Epimeletes) Boulakrates bu çeşmeyi halka bağışladı”***

yazmaktadır. Ayrıca yapının üst örtüsüne ait, konik formda ve üzerleri balık pulu şeklinde işlenmiş bloklar da bulunmuştur (Res.92). Kaidenin etrafında zemine döşenen taşlar, dış kısmında etrafı dikdörtgen bloklarla çevrilerek bir havuz gibi değerlendirilmiştir<sup>157</sup>.

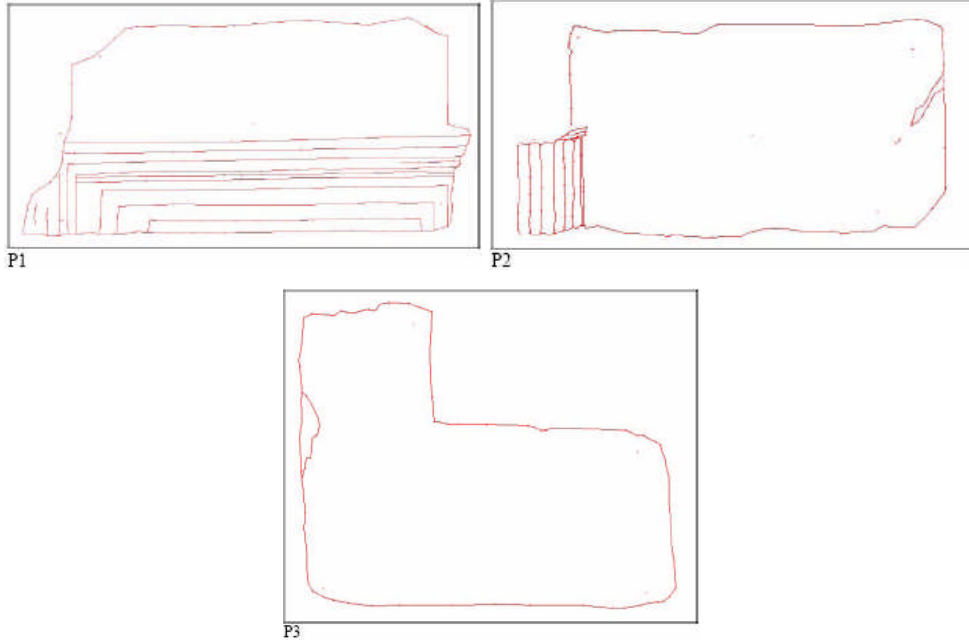
<sup>157</sup> Özgan (2003) 209.





Resim 92. Boulakrates Çeşmesi'nin bulunan parçalarının çizimi.

Çeşmeye ait fotografik belgeler, metrik olmayan dijital NIKON Coolpix 950 model makine ile yapılmıştır. Yer kontrol noktaları, TOPCON Total Station ile ölçülmüş; çizimler ise PHOTODELER yazılımında onarılıp AutoCAD programına aktarılmıştır. Konik çatıya ait balık pulu blokların ve çeşmeye ait res.\*'da görülen diğer detayların çizimleri fotogrametrik yöntemle yapılmıştır (Res.93).



Resim 93. Boulakrates Çeşmesi'nin bulunan parçalarının çizimi.

İkinci bir çalışma, Karlsruhe Üniversitesi, Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Enstitüsü'nün Bergama Müzesi'ndeki Milet Kapısı'nın fotogrametrik kaydına ilişkin çalışmasıdır. Bergama Müzesi ve bu tip müzeler, gelecek birkaç yıl içerisinde restore edilmelidir. Restorasyon öncesinde, müzeye ait heykellerin tam bir dokümantasyonu ve bütün sergilenen sabit eserlerin rapor edilmesi gereklidir. Bergama Müzesi'nde, tespiti yapılması gereken yapılardan biri de ünlü Milet Pazar Kapısı'dır. 1930'da inşa edilen kapı, kompleks mimari yapısı ve kayda değer boyutlarından (yaklaşık 30 m. uzunluk ve 16 m. yükseklik) dolayı belgelemede, stereo fotoğraf yöntemi tercih edilmiştir.

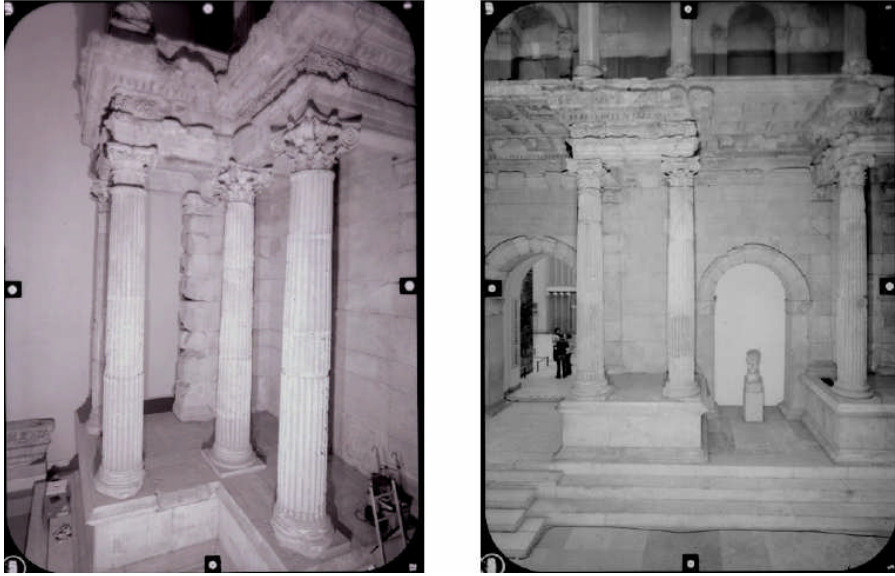
Anıtsal Milet Pazar Kapısı, Roma İmparatoru Hadrian Dönemi'nde M.S. 120-130'da inşa edilmiştir. İki katlı, çeşitli süslemelere sahip olan yapının üç kapısı vardır ve Küçük Asya'daki Milet Pazar Kapısı'nın girişi güneydedir (Res.94).



Resim 94. Berlin Bergama Müzesi'ndeki Milet Pazar Kapısı'nın Yeniden İnşası.

11.yüzyılda deprem nedeniyle yıkılmadan önce, yüzyıllar boyunca birçok değişikliğe uğramıştır. Pazarın parçaları, Th. Wiegand ve H. Knacfuss tarafından 1903 yılında yapılan arkeolojik kazılarda bulunmuş ve Pazar Kapısı'na ait bulunan parçalar, 1908'de gemi ile Berlin'e taşınmıştır. İlk yıllarda müzenin deposunda bekleyen bu parçalar, 1928-1929 yıllarında Berlin Müzesi içerisinde, zarar gören parçaların yerine modern materyallerin yerleştirilmesiyle yeniden inşa edilmiştir. Statik problemlerden ötürü, kapıya demir kirişler entegre edilmiş ve yapı duvara sabitlenmiştir.

Yapıya ait fotogrametrik çalışma, her biri dört gün süren iki farklı alım ile gerçekleştirilmiştir. Pazar Kapısı'nın spesifik yapısından ve sergi odasının Res.94'de görüldüğü gibi mekansal kısıtlamalarından dolayı, yaklaşık 8 m. uygun kamera mesafesi alınabildiği için sergi odasının doğusuna doğru yönelen kapının ön parçaları, UMK 1318 (Zeiss Jena) ile elde edilmiştir (Res.95).



Resim 95. UMK 1318 tarafından elde edilen orijinal ölçüm fotoğrafları  
Sol: çıkıntılı sütun halindeki sıranın sol alt kata inmesi. Sağ: alt katın önden görünüşü.

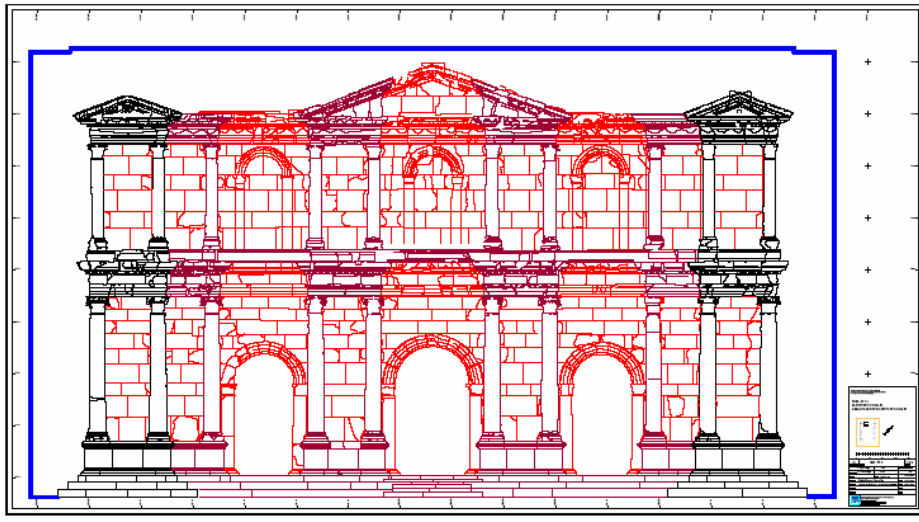
Sergi salonunun merkezindeki yer mozaikleri nedeniyle yalnızca iki model alınabilmiştir. Kapının iç parçalarının fotoğrafları; dikey çapraz bölümlerinin çıkarılması, dikey projeksiyonlar ve özel detaylar SMK 120 / SMK 40 (Zeiss Oberkochen) marka stereoskopik fotogrametri alımı yapan kameralarla alınmıştır. Toplamda yüzden fazla stereoskopik model, bu kompleks yapının kavranması için gerekli görülmüştür. Yön amaçları içinse, Pazar Kapısı'nın tespiti için kontrol noktası olarak iki yüzden fazla ölçüm hedefi sabitlenmiştir ve yaklaşık olarak  $\sigma = \pm 3$  mm. doğruluk ile jeodezik olarak hesaplanmıştır. Pazar Kapısı'nın üst parçasının fotoğrafları ise istenilen yere hareket eden bir yapı iskelesi tepesinden çekilmiştir. Yapı iskelesinin alçak-yüksek aralıklı hareketlerinden dolayı (yükseklik yaklaşık 12 m.) yüksek enstanteneye ihtiyaç duyulmuştur; ancak sergi salonunun zayıf ışıklandırılması, problem yaratmıştır.

Fotogrametrik tespitler sonrasında elde edilen görüntüler ile, yüksek doğruluk taleplerini yerine getirmek için, stereoskopik modeller, analitik plana, DSR-11 (Leica)'da işlemden geçirilmiştir. Model yönünde yaklaşık  $\sigma = \pm 5$  mm. doğruluğa ulaşılmıştır. Temel

kontur çizgileri ve süslemeleri elde edilmiş; yapı üzerindeki orijinal ve yeni desteklenmiş parçalar ayrılmıştır. Özellikle girintili ve ahşap kaplama tavan panosu, sütun yivleri, tuğla işlerinin bağlantıları ve yapıya ait çatlaklar kaydedilmiştir.

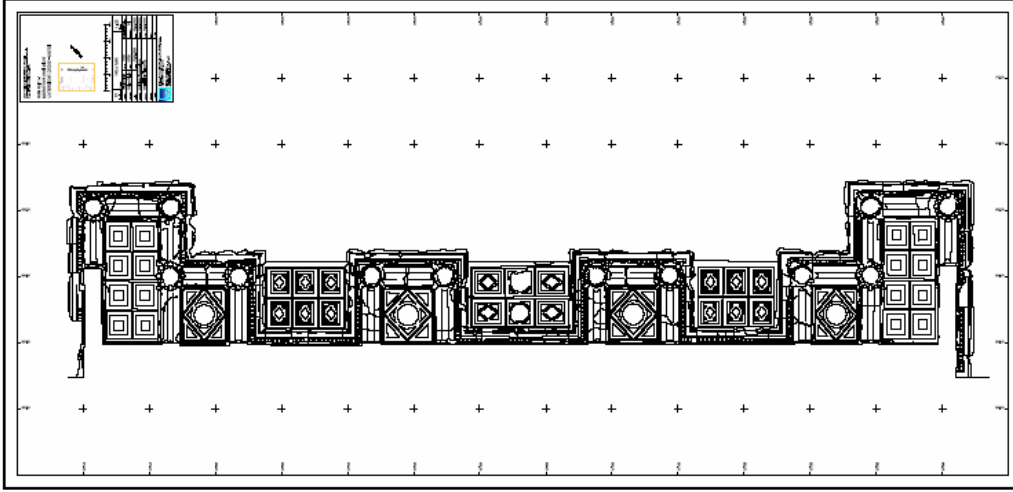
Veri, CAD yazılımının farklı aşamalarında; restorasyon uzmanlarının tanımlamaları göz önüne alınarak, temel çerçeveli mimari öğeler, yivli sütun sıraları, sütun başları ve kaideleri ve değişik derinlik katmanları şeklinde yapılandırılmıştır. Temelde bütün veri, dijital olarak 3D elde edilmiş; ancak ek 2D analog planlara da ihtiyaç duyulmuştur. Yapıya ait detaylara doğrudan ayrı ayrı bakılırken, restorasyonculardan yapıdaki hasarları manuel olarak çizimleri istenmiştir.

Milet Pazar Kapısı'na ait ilk fotogrametrik çizim, Pazar Kapısı'nın ön cephe görünüşüdür (Res.96).



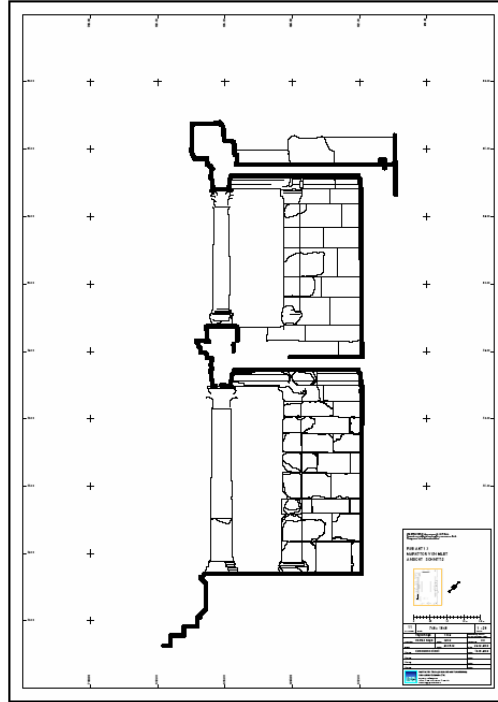
Resim 96. Pazar Kapısı'nın önden görünüşünün fotogrametrik planı  
(kalın mavi hat, sergi salonunun dış hattı).

Yivleri belirtilmeyen sütunlarla birlikte farklı gri değerler, farklı mimari öğelerin derinlikleri (ön seviye: siyah; orta seviye: koyu gri; arka taraf: açık gri olarak) belirtilmiştir. Alt katın girintili ve ahşap kaplama tavan panosunun dikey görüntüsü Resim 97'de görülmektedir.



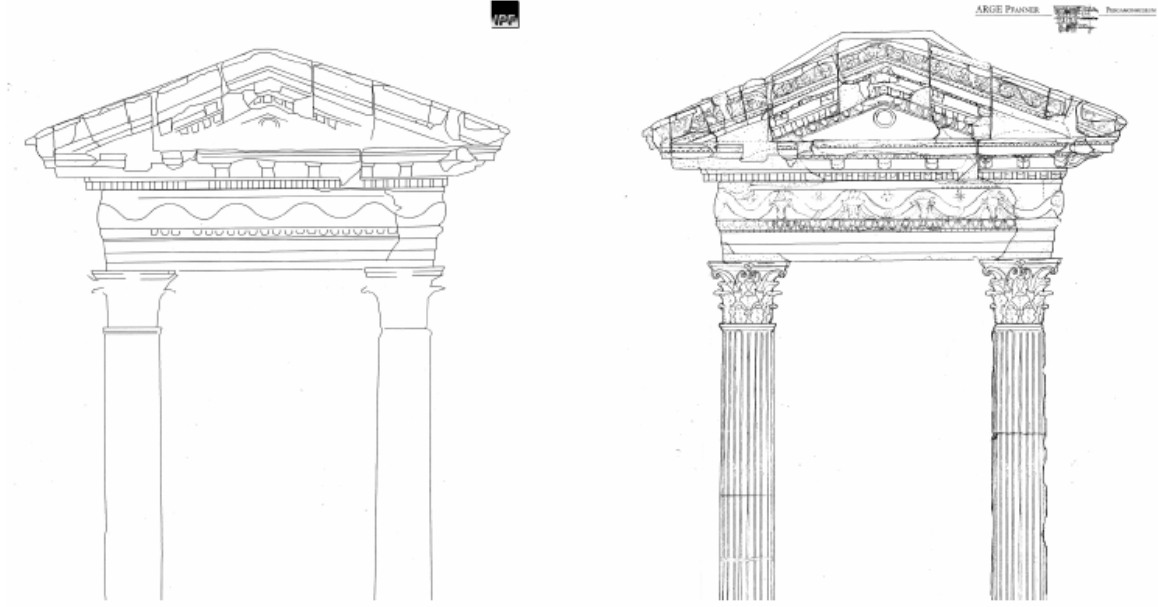
Resim 97. Alt kata ait tavanın dikey görünüşü.

Resim 98’de ise, yapının sol tarafına ait iki kat sütunlu sıranın fotogrametrik çizimi görülmektedir.



Resim 98. Pazar Kapısı'nın sol tarafındaki çıkıntılı sütun sıralarının dikey bölümleri.

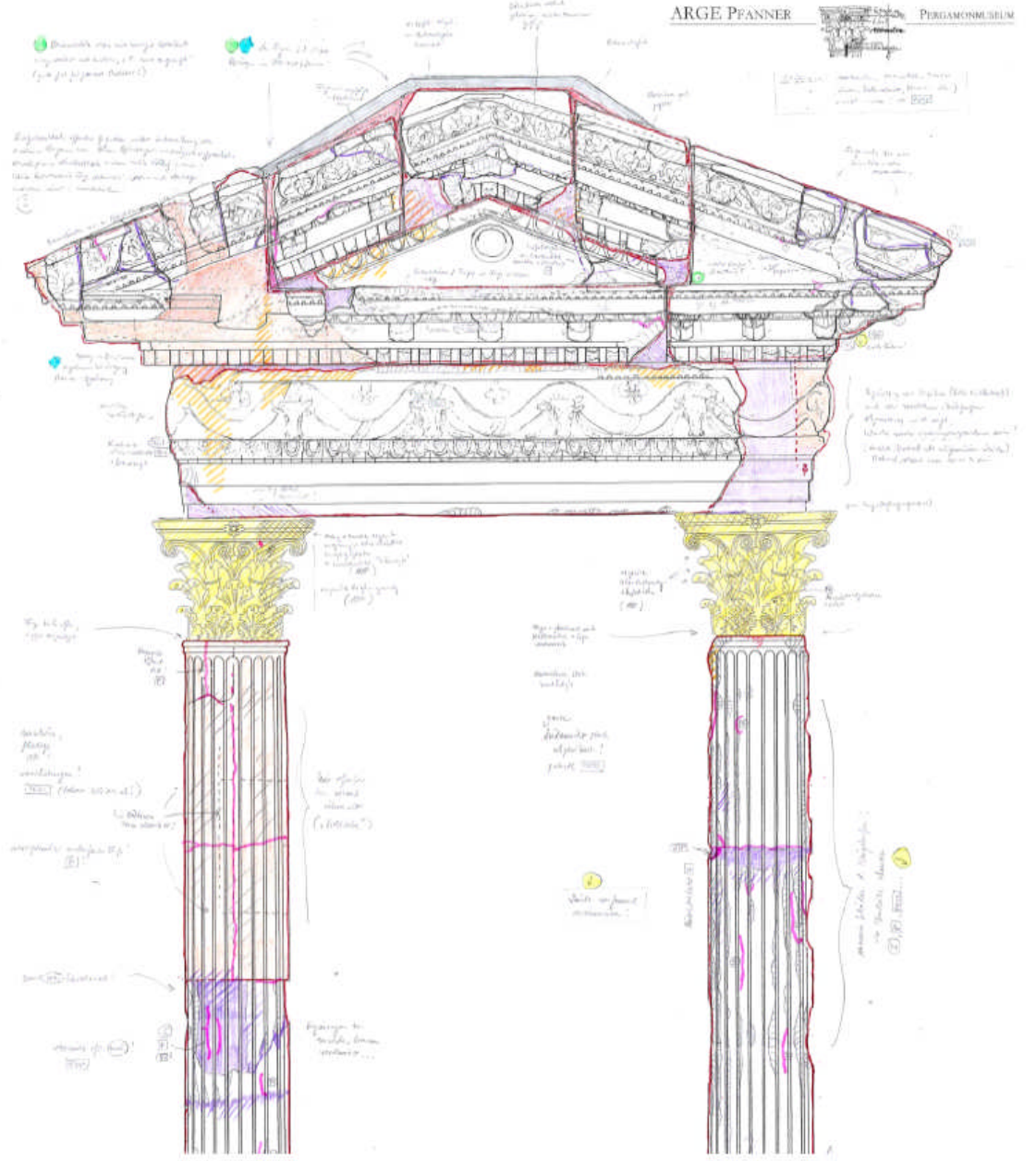
Fotogrametrik sonuçlar, bir sonraki aşamada yeniden gözden geçirilmiş ve mimarlarla restoratörler tarafından bu çizimler tamamlanmıştır (Res. 99).



Resim 99. Sol: Orijinal fotogrametrik sonuç  
Sağ: Mimarlar ve restoratörler tarafından tamamlanan son hal.

Bu yaklaşım ile, fotogrametrik olarak yakalanamayan birkaç kayıp parça ve gözden kaçırılan, yapının arka tarafına ait küçük parçalar ya da arşitrav üzerindeki süslemeler de çizime eklenmiştir. Böylece, alınlıklar ve sütun pervazları üzerindeki süslemeler, sütun başları ve çatı inşaatının bir bölümü de fotogrametrik çizim üzerine yerleştirilmiştir. Daha sonrasında, fotogrametrik sonuçlar, restoratörler tarafından hasar haritaları daha da detaylandırılabilir (Res.100). Bu detaylama, yapının ayrıntıları, korunma durumu ve inşaat detayları hakkında yorumları içerdiği için bu bilgi sayesinde gerekli koruma eylemlerinin tanımlanmasına öncülük eder<sup>158</sup>.

<sup>158</sup> Vögtle- Ringle 2003, 350 v.d.



Resim 100. Mimarlar ve restoratörler tarafından hazırlanan hasar harita örneği.

#### 4.5.4. Topografik Arkeolojik Araştırmalarda Fotogrametrik Belgelemeler

Bu başlık altında ele alınan ilk örnek Knidos Antik Kenti'nde yapılan fotogrametrik belgeleme çalışmalarıdır<sup>159</sup>. Datça, Muğla şehrinde yerleşik Eski Knidos kentinin tarihi M.Ö. 700'den beri bilinir. 5 x3.8 m<sup>2</sup> boyutlarındaki, stoa adı verilen küçük odalar, Eski Knidos şehrinin teras duvarlarının önüne inşa edilmiştir. Stoa, ticari ürünlerin saklandığı ve satıldığı, oda gruplarından oluşan kompleks binalar olarak düşünülmüştür. Fotogrametrik iadeler için arazide ofis çalışmaları yapılmıştır. Temmuz 2002'ye kadar yüzey kazıları yapılan stoa çizim ve iadeleri belirlenmiştir. Yer kontrol noktaları Topcon GTS 701 total station ile ölçülmüştür. Stoa'nın ön fotoğrafları Leica R5 (50 mm objective) optik kamera ile çekilmiştir. Filmler HP Photo smart tarayıcı ile 2400 dpi optik çözünürlükle taranmış ve Pictran yazılımına transfer edilmiştir. Stoa'nın iç duvar görüntüleri Nikon Coolpix 950 ile çekilmiş ve Pictran yazılımına transfer edilmiştir. Yer kontrol noktalarının ortalama alanları  $M_x = \pm 2\text{cm}$ ,  $M_z = \pm 1\text{cm}$ ,  $M_y = \pm 3\text{cm}$  olarak hesaplanmıştır.



Resim 101. Knidos Yarımadası.



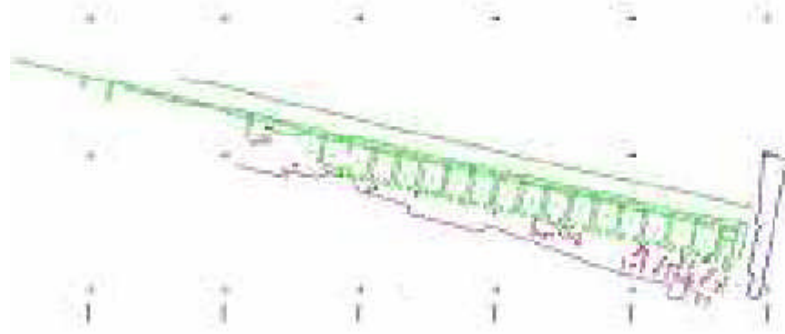
Resim 102. Stoa'nın A görünüşü.

Knidos, Datça Yarımadası denen yarımadanın hemen hemen tamamına yerleşmiştir (Res.101). Bu yarımada güney kenarında Akdeniz'i, kuzey kenarda ise Ege Denizi'ni kapsar. Bugün Muğla İli içerisinde bulunan bu bölge eski dönem Karya alanının da bir bölümünü kapsamaktadır. İçinde ticari malların alınıp satıldığı stoalar, Knidos antik kentinin tarihi yapısının önemli bir parçası sayılmaktadır (Res.102). Her stoa 5x3.8 m boyutlarında ve hepsi

<sup>159</sup> Knidos Antik Kenti'ndeki ilk araştırma ve kazı çalışmaları, İngiliz Araştırmacı Sir Charles Newton 1856-1858 yılları arasında yapılmıştır. Newton'dan yaklaşık bir asır sonra A.B.D., Long Island Üniversitesi öğretim elemanlarından Prof. Dr. Iris Cornelia Love, çalışmalara devam etmiştir. Knidos'taki ikinci dönem kazı çalışmaları, on yıl sonra (1977) durdurulup 1988 yılında yeniden Selçuk Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Klasik Arkeoloji Anabilim Dalı Başkanı, Prof. Dr. Ramazan Özgan tarafından ele alınıyor; daha fazla bilgi için bkz. Özgan (1989) dpn.2, 167 v.d.



güneye bakmaktadır (Şek.39). Yüz yıllardır stoalar hava koşulları ve diğer nedenlerle yıkılmıştır. Burada yapılan fotogrametrik çalışmanın amacı, Knidos antik kentinin restorasyon sürecinde gerekli olan fotogrametrik verilerini elde etmektir. Bu sebeple Knidos antik kenti kazı çalışmaları 1987'den beri Kültür ve Turizm Bakanlığı ile koordineli olarak Prof. Dr. Ramazan Özgan tarafından yapılmaktadır.



Şekil 39. Stoa Planı.

Stoa planlarının çıkarılması sırasında izlenen adımlar detaylı olarak şöyledir; ilk olarak yersel metotla stoa planı elde edilmiştir. Bunun için, Knidos antik kentinde daha önce belirlenmiş olan kontrol noktalarına üçgen ve poligon uygulanarak yeni kontrol noktaları elde edilmiştir. Yeni kontrol noktalarının koordinatları hesaplanmış; doğu, batı ve güney taraftan stoaların fotogrametrik rölöveleri çıkarılmıştır. Fotogrametrik iadelerin kullanılması durumunda gerekecek uygun kontrol noktaları işaretlenmiş ve Topcon GTS 701 kullanılarak Ulusal Koordinat Sistemi (National Coordinate System) ile ölçülmüştür. Mesafe doğruluğu Topcon GTS 701 Total Station ile,  $M_s = \pm (2\text{mm} + 2\text{ppm} \cdot D)$  açı doğruluğu  $\pm 1\text{cc}$  olarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Tüm fotoğraflar iki farklı kamera (Leica R5 optik kamera ve Nikon Coolpix 950 digital kamera) ile çekilmiştir. Leica R5 ile çekilen fotoğraflar analog formdan dijital forma HP Photo Smart tarayıcı ile aktarılmıştır.

Leica R5 in kalibre parametreleri;

A: principal (en önemli) imaj koordinatları

$X_o = 0.013\text{mm}$   $Y_o = 0.065\text{mm}$

B: Odaksal uzunluk;

$C = 50.696\text{ mm}$

Nikon Coolpix 950 in kalibre parametreleri

A: principal (en önemli) imaj koordinatları

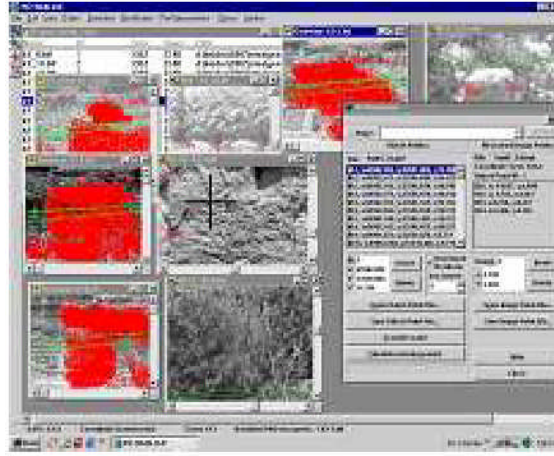
$X_o=0.0113\text{mm}$   $Y_o=0.065\text{mm}$

B:Odaksal uzunluk

$c=7.06014\text{mm}$

Yer kontrol noktası karekök ortalamaları  $M_x=\pm 2\text{cm}$   $M_z=\pm 1\text{cm}$   $M_y=\pm 3\text{cm}$  olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada PICTRAN Yazılımı, Technet Gmbh (Almanya) kullanılarak geliştirilmiştir (Res.103).

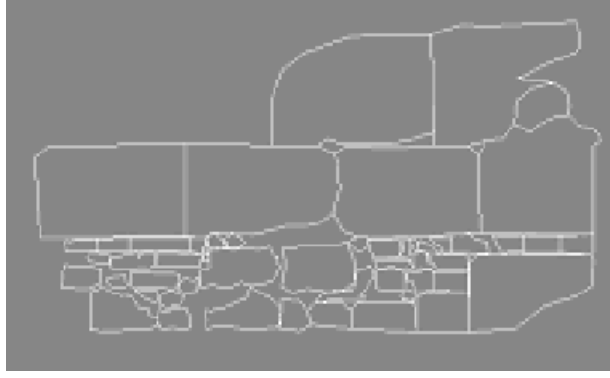
Stoanın güney ön fotogrametrik iadeleri Pictran yazılımı ile değerlendirilmiştir. Güney ön fotogrametrik iadesinde kullanılan fotoğraflar Leica R5 ile çekilmiş ve bu çalışmada kullanılan fotoğraflar bir TOTAL 21’de toplanmıştır. Bu fotoğraflar iki bölüme ayrılmıştır. İki bölüm arasında bağlantı amacıyla iki bölümden üçer fotoğraf her iki bölüme de paylaştırılmıştır. Pictran yazılımı ile elde edilen fotogrametrik iadeler ve stoa çizimleri AUTOCADe transfer edilmiştir (Şek.40-41). Her bir stoanın doğu ön ve batı önleri Pictran yazılımı ile ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu süreçte fotoğraflar NIKON 950 ile çekilmiş ve çizimler AUTOCADe transfer edilmiştir.



Resim 103. PICTRAN’da Stoa A Görüntüsünün Fotogrametrik Düzeltmesi.



Şekil 40. Stoanın Güney Ön Bölümüne Ait Çizim.



Şekil 41. 17. Stoanın Doğu Çizimi

Böylece bu çalışma sonucunda yirmi stoanın yer çalışmaları, fotogrametrik röleleri ve yersel planları tamamlanmış ve bu alan Temmuz 2002'ye kadar kazılmıştır. Bu çalışmanın yer işi yaklaşık dört gün sürmüştür. Bu metodun süresi diğer metotlarla yapılan çalışmaların sürelerine göre kısa görünebilir. Stolarla ilgili dijital verilere, detaylı verilere ve elde edilen çizimlere güvenmek, sonraki çalışmalarda çok yüksek geometrik doğruluk sağlamıştır. Fotogrametrik metot sayesinde fotogrametrik sonuçlar ve dxf formundaki veriler dijital olarak kolayca kaydedilmiştir. Bu veriler daha sonraki çalışmalarda da kullanılabilir.

Bundan dolayı arkeologlar tarafından Knidos antik kentinde kazılacak yeni stoalar bu çalışmaya dahil edilebilir<sup>160</sup>. Stoa planlarının fotogrametrik çizimleri yanı sıra, yine Prof. Dr. Ramazan ÖZGAN başkanlığında sürdürülmekte olan kazılar sırasında bulunan ve arkeologlar tarafından elle çizilen Liman Caddesi'nin taş planı, fotogrametrik metotlarla yaratılmaya çalışılmıştır. Küçük limandan başlayan bir geçitle, cadde Apollon Karreios Tapınağı'nın ve altarının yer aldığı kutsal alana açılan *propylona* kadar devam etmektedir. Liman Caddesi ve şehrin ana caddesi olarak düşünülen doğu-batı caddesi kesişmektedir. Batıda ve doğuda izodomik duvarlar tarafından engellenir. En önemli yerlere bağlanan, 10 m. genişliğinde ve 300 m. uzunluğunda olan Liman Caddesi, ilk olarak 2001 yılında Askeri Liman'ın kuzeyinde yer alan ve 10x10 m.'lik bir sondaj ile kazılmış ve böylece caddenin 40x10 m.'lik, Küçük Liman'dan başlayan cadde başlangıcının bir bölümü ortaya çıkarılmıştır.

Arkeolojide, duvar örgüsünün dönemini ve fonksiyonunu belirlemek son derece önemlidir. Knidos, Liman Caddesi'nin taş planını tespit etmek için seçilen fotogrametrik

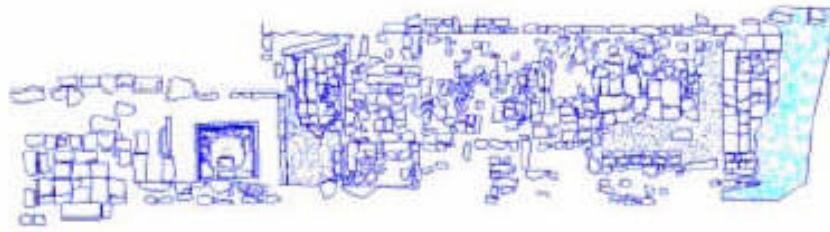
<sup>160</sup> Yıldız- Karabörk 2003, 372 v.d.

metotların ilk aşaması olan fotoğraf alımları sırasında, üzerinde özel bir mekanizması olan bir vinç kullanılmıştır (Res.104).



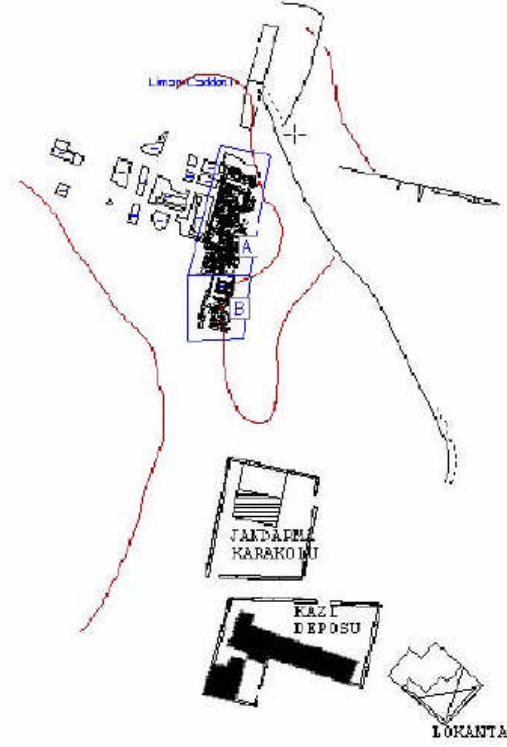
Resim 104. Üzerinde özel bir mekanizması olan bir vinç.

Fotoğraflar, metrik olmayan KODAK DSC 450 model dijital fotoğraf makinesi ile yaklaşık 10 m.'lik yükseklikten 2580x1932 piksel çözünürlükte çekilmiştir. Yer kontrol noktaları, TOPCON GPT 300T Total Station aleti ile ölçülmüştür ve son aşama olan fotogrametrik onarım, PHOTOMODELER yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Çizimler AutoCAD yazılımına aktarılmış (Şek.42); böylece elde edilen bu çizimlerden 1/1000 ölçekli topografik harita elde edilmiştir (Şek.43).2004 yılında ortaya çıkarılan caddenin taş planının çıkarılması çalışmalarında kullanılan fotogrametrik metot yersel hesaplamalarla karşılaştırıldığında son derece hızlıdır. Ayrıca, dijital fotoğrafların kullanımı da belgeleme açısından pratik bir yöntemdir<sup>161</sup>.



Şekil 42. Knidos, Liman Caddesi'nin Taş Plan Çizimi.

<sup>161</sup> Karabörk- Yıldız 2005, 1 v.d.



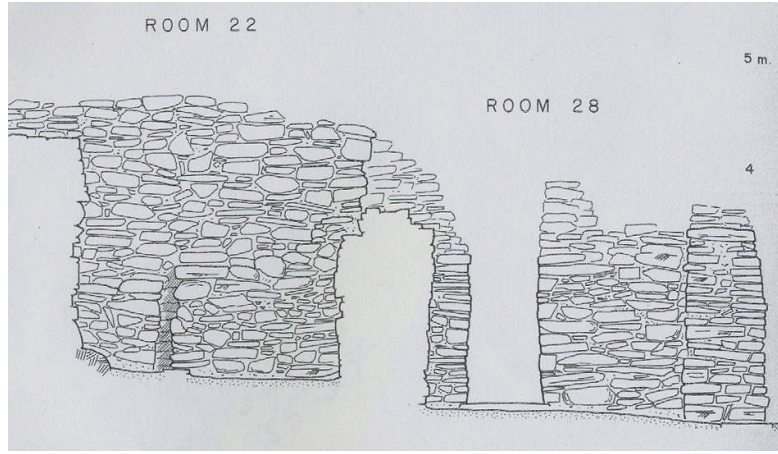
Şekil 43. 1/1000 ölçekli topografik haritanın bir bölümü.

Bir diğer örneğimiz de, Yunan Adası Keos'taki (Res.105) Bronz Çağı yerleşimi Aya Irini'de 1974 yılında yapılan fotogrametrik ölçümlerin kullanıldığı bir belgeleme çalışmasıdır.



Resim 105. Keos Adası.

1974 yaz sezonundaki yüzey araştırmasında çekilen fotoğraflar üzerinden çizimler yapılmıştır. Keos'ta Aya Irini projesindeki sekiz haftalık kazı boyunca Cincinnati Üniversitesi ile Newyork Ithaka'daki Cornell Üniversitesi, Geç Bronz Çağı'na ait A Evi'nin 240 m. uzunluğundaki duvarları 1:20 ölçeğinde çizilmiştir (Şek.44 ).

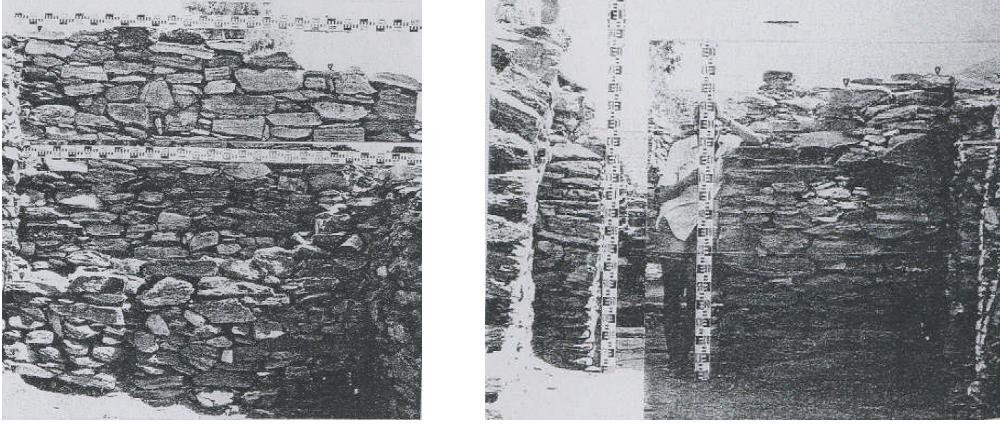


Şekil 44. Resim 106'daki fotoğraflardan yola çıkarak çizilen yükseklik çizimi.

Surlarla çevrilmiş kasabada A Evi en büyük binadır ve bu duvarlar, bodrumdan ilk kattaki odalara kadar korunmuştur. LMIB depremine rağmen, inşaatın birçok detayı; merdivenler ve lağımlar, kapı pervazları ve eşikleri, taban kiriş çıkıntıları ve bağlantıları ve pencere gibi yerler hiç bozulmamıştır. Çizimler sırasında fotoğrafların kullanılması, süreci bir hayli hızlandırmış ve daha da önemlisi yapılan işi daha büyük bir doğrulukla sonuçlandırmıştır. Günün çoğunluğunu, bir duvardan diğerine ölçüm ve çizim yapmak yerine yapılan fotografik belgelenmeler üzerinden ölçümler yapılmıştır. Çekimler sırasında duvar yüksekliklerinin önemli detayları arazide ölçülmüş ve taslak çizim üzerine yerleştirilmiştir. Fotoğrafların baskısı olduktan sonra duvar, farklı açılardan çok sayıda çekilmiş fotoğraflar sayesinde de yeniden incelenmiştir. Sonuçta, taze yapılan gözlemler ve büyütülmüş fotoğraflarla daha fazla bilgi edinilmiştir.

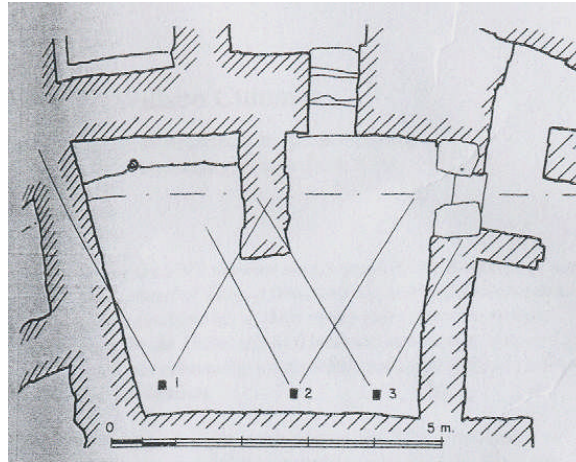
Fotoğraflar düzgün ve doğru bir şekilde yerleştirildiğinde taş detayı hızlı ve rahat bir şekilde, sayfa üzerinde tamamen bir çizim alanı oluşturacak biçimde incelenmiştir. Fotoğrafların 1:20 ölçeğine getirilmesi için çekimler sırasında, taşların arasındaki bağlantıların içine 0.01 m. çapında beyaz başlı çiviler yerleştirilmiştir. Sonrasında duvar yüzeyinde nirengi (triangülasyon) çizgileri yaratmak için 6 ile 10 çivi arasındaki alan ölçülmüştür. Teoride bu noktalar kağıt üzerinde işaretlenip hızlıca ölçülüp her bir baskıya yerleştirilebilirdi ancak gerçekte duvarlar, depremdeki hasarlar dolayısıyla bozulmuş ve birçoğu düz bir hizada inşa edilmemiştir; dolayısıyla çiviler, aynı düzlem üzerinde değildir. Duvar gölgede fotoğraflandığında çiviler baskıda görülebilmekte; güneş ışığında çekildiklerinde ise çivileri görmek iyice zorlaşmaktadır. Bu sebeple, fotoğraflar duvar

düzlemine yakın ve dikey ya da yatay *mira* kullanılarak çekilmiştir. Fotoğrafta görülen *mira* ile fotoğrafların baskı sırasında aynı oranda doğru bir şekilde büyütülmeleri de kolaylaştırılmıştır. Yanı sıra, büyük duvar yüzeyleri üzerine, boşlukları birleştirmede kolaylık olması dolayısıyla bir ya da iki tane yatay *mira* yerleştirilmiştir.



Resim 106. Şekil 47'deki çizimi içine alan fotoğraflar.

Fotoğraf çekimleri, sabit odak uzaklıklı 150 mm. ve çoğunlukla 35 mm. objektif kullanılarak, Minolta SR-7 marka fotoğraf makinesi ile çekilmiştir. Duvar üzerindeki her bir karemetre için kamera 3 m. geride tutulmuş; böylece minimal bozulmayla karşılaşılmıştır.



Şekil 46. Kamera pozisyonlarını gösteren plan.

Fotoğraf baskıları, Kodak Polycontrast Rapid RC kağıdına yapılmıştır. Bu fotoğraf kağıdı, reçine kaplı olduğu için düz olarak kurur ve Yunanistan'ın kuru sıcaklığında da şeklini çok iyi korumaktadır. Her baskı iki kopya yapılmıştır; biri çizim yapılırken *mylar* kağıtlarının altına yerleştirilen fotoğraflar; diğer kopya ise, izleme yapılırken doğrudan çekilen fotoğraflara bakmak için. Duvar fotoğraflarının bulunduğu fotoğraflar eşleştirilmiş, kabaca kesilmiş ve hafif bir şekilde yapıştırılmıştır. Baskılar arasında üçte bir oranında üst üste gelme

yani çakışma söz konusuydu. Daha sonra, *mylar* kağıdı üzerine ölçülen detaylar yerleştirilmiş ve daha kesin bir şekilde kağıdın altında ölçülen detayların doğru bir şekilde yerleştirilmesiyle baskılar bir araya getirilmiştir<sup>162</sup>. 1974 yılında, Keos Adası'ndaki A Evi üzerinde yapılan bu fotogrametrik çalışma, erken yıllardan bu yana bu yöntemin kullanıldığına güzel bir kanıttır.

Bu konu başlığı altında incelenecek ilk örnek, Frigya Bölgesi'nde bulunan Hierapolis'in korunması sırasında kullanılan fotogrametrik yöntem ve CBS uygulamasıdır. Son zamanlarda CBS'lerinin arkeolojik çalışmalarda, özellikle kültürel mirasın korunmasını amaçlayan projelerde artarak kullanıldığı, "CBS Sistemi ile Kayıtlama" başlığı altında işlenmiştir<sup>163</sup>.

Hala devam etmekte olan, Hierapolis'in tasarlanan CBS'i, son yıllarda topografi ve fotogrametri araştırmaları sayesinde, kazılardan ve anıtlardan çok sayıda metrik veri elde edilmesine dayanmaktadır. Yanı sıra, uzak menzilli araştırmalar, her zaman vektörel temsilden kaynaklanan şikayetleri ve mimari yapıları belgelemeyi amaçlamaktadır.

Yıllarca, şehir planlamasının görüş açısı içerisinde şehir sistemiyle birlikte temsil edilen binaların yerlerinde, arkeolojik alan haritaları ve eski şehirlerin haritaları üretilmiştir. İnsan ve şehir yerleşimlerini yorumlama ve onların üzerinde çalışma ihtiyacı artan bir şekilde hissedildiği için CBS, çok çeşitli uzaysal verinin işlenebileceği ve uzaysal referansı olan diğer verilerle karşılaştırılıp, orada bağlantı kurulabileceği uygun bir araç olarak ortaya çıkmaktadır. Bu tip bir durum, arkeolojik çalışmaların bütün branşlarında kendini göstermektedir<sup>164</sup>.

Günümüzde global sistemin çok ölçekli organizasyonu çok açık bir şekilde farklı ölçeklerdeki uzaysal veri setlerinin varlığıyla kanıtlanmaktadır. Uzaysal veri kalite değerlendirme bileşenlerine göre, kalite kontrol prosedürleri veriyi geçerli kılmak için kullanılmaktadır. Hierapolis projesinin sonraki basamağı, diğer doğa verisi ve uzaysal bilginin düzeltilmesini sağlayan harita server'ına geçişine izin veren çok kullanıcı CBS'in gerçekleştirilmesidir. Bu nedenle, veri setlerinin geodatabase içinde organize edilmesi tasarlanmıştır. Uzaysal veriyi doğru bir şekilde kullanmanın en önemli noktası; doğasını,

---

<sup>162</sup> Cummer 1974, 385 v.d.

<sup>163</sup> Spanò- Astori 2005, 1.

<sup>164</sup> a.g.e. 1



karakterini, içinde kullanılacak sınırlarını bilmektir. Bu sebeple, meta verinin oldukça basit bir şemasına sahip olan giriş veritabanı oluşturulmuştur. Uzaysal veriye geçiş yapmak ve bunları bilinçli bir şekilde kullanmak, bir arkeologun herhangi bir işlemsel bölüme izin vermesi için veri hakkındaki veriyi bilmesi gerekmektedir.

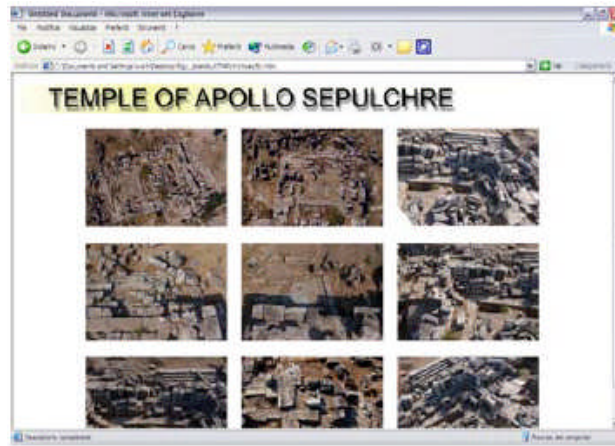
Eski Hierapolis şehrinin uzaysal veritabanı temelde en büyük ölçekli sayısal kartografi için oluşturulan standartlarla beraber oluşturulmuştur. Hierapolis haritası, topografik surveyeyle kurulan 1:1000 ölçekli planın entegrasyonundan doğmuştur ve dahası kara özellikleri, geleneksel bir haritadan çıkarılmıştır. İlk olarak *raster veri*<sup>165</sup> olarak işlenmiş; sonrasında vektörleştirilmiştir. Bu iki ögenin bir araya getirip sağladığı bilgi, kullanıcının haritayı tanımlayan ilk meta veri şeklinden öğrendiği bilgidir. Bu şekilde, harita üzerinde bir araya gelen veri tiplerinin listesi oluşturulmuştur. Kullanıcılar, çok az sayıdaki eski bina planlarının geleneksel *survey*lerden taşındığını bilmelidirler. Daha sonra, kontrol noktaları engellerine dayanan kayıt süreçleri, bunların pozisyon doğruluğunu tolerans mesafesine götürmüştür. Kullanıcılar için önemli olan ise, referans sistemi hakkındaki temel bilgidir. Her kullanıcı (jeologlar, arkeologlar ve diğer araştırmacılar) genellikle bir haritanın Ulusal Haritacılık Referans Sistemi içinde olup olmadığını bilmek durumundadır.

Resim 107'de alanın ilk kopyası ve meta veri veritabanının maskesi gösterilmektedir. Her zamanki gibi birinci şematik olarak yerel ve coğrafi referans sisteminin tanımına atıfta bulunurken, ikincisi ise daha zengindir. Kullanıcılara haritanın ince işlenmiş süreciyle ilgili detayları da göstermektedir. Hatta veri setleri, meta veri planı, standartlarla karşılaştırılarak basitleştirilmiştir. Köken, pozisyon doğruluğu, geçici doğruluk ve temas tutarlılığı, diğer parametreler üzerine aktarılmıştır. Bu tip CBS'de, binaları, yıkıntıları ve kazı veri setlerini ilgilendiren bu meta veri parametrelerinin düzgün olarak güncellenmesi, merkezi bir

---

<sup>165</sup> Raster Veri: Hücresel ya da diğer bir deyişle *raster* veri modeli daha çok süreklilik özelliğine sahip coğrafi varlıkların ifadesinde kullanılmaktadır. Raster görüntü, birbirine komşu grid yapıdaki aynı boyutlu hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşur. Hücrelerin her biri piksel (*pixel*) olarak ta bilinir. Fotoğraf görüntüsü özelliğine sahip raster modeller, genellikle fotoğraf ya da haritaların taranması ile elde edilirler. Vektör ve raster veri modellerinden biri genelde CBS uygulama biçimine göre tercih edilerek kullanılır. Ancak günümüzde her iki model aynı anda da kullanılabilir. Bu tür bir kullanım şekli CBS'de *hybrid* (melez) veri modeli olarak bilinmektedir.

özelliğidir. Daha sonra, ilgili geometrik obje tipleri, benzer veri setlerinde (noktalar, çizgiler, poligonlar) altını çizerek kartografik (harita) nesne organizasyonu hakkındaki temel noktalar sentezlenmeye çalışılmaktadır. Çizgilerin veri seti ve poligonlardan biri, eski şehir öğelerini gruplamak için düzenlenmiştir. Poligon veri seti, kara seviyesinde binaların profilleri ile dengelenen objeleri içermektedir; kazılmış caddeler için de durum aynıdır. Tarihsel, mimari ve arkeolojik bilgiyi herhangi bir format içinde birleştirmek ve her bir binanın fotoğraf dokümantasyonunu gerçekleştirmek ve ayrıca eski yapının varlığını etkili bir şekilde göstermek ve görselleştirmek ana amaçtır (Res.107).

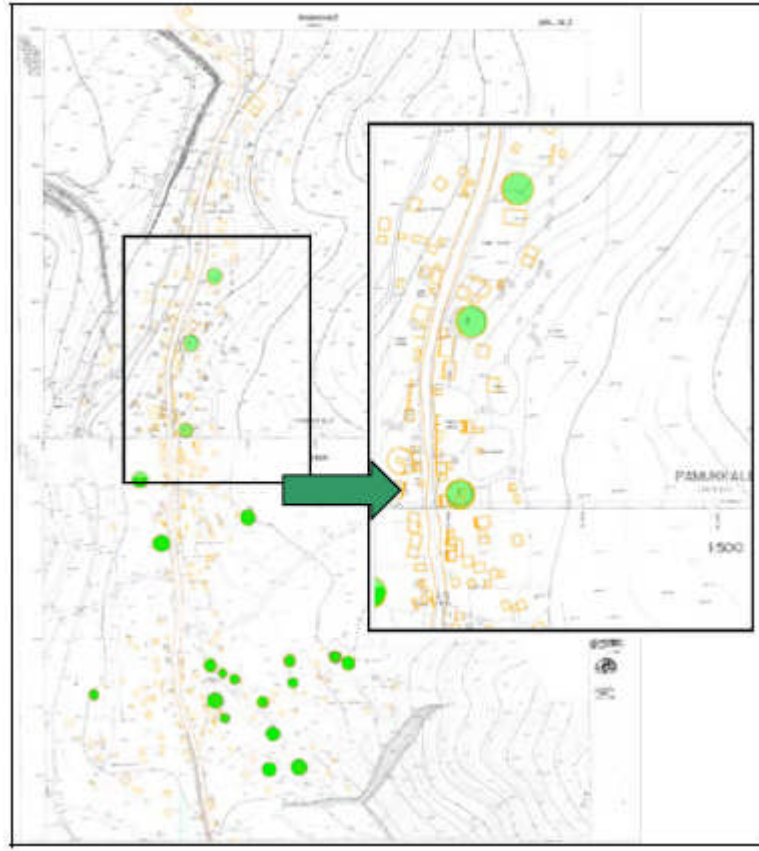


Resim 107. HTML sayfaları, görüntü kataloglarını görselleştirmek için binaları temsil eden objelerle bağlantılıdır.

Toprak (yer) objeleri çizgiler ve poligon sınıfları içinde gruplanmaktadır. Kazılmış alanlar içinde kireçtaşı çukurları dikkat çekmektedir. Bu hendekler, bu şehir alanında su olduğuna dair açık bir işarettir. Beklenmedik bir sel, şehrin yıkımına sebep olmuştur., Hierapolis'in, antik dönemlerde bile zengin su kaynaklarına sahip olduğu anlaşılmaktadır. Şehrin bugünkü yerleşim alanı gezildiğinde antik dönemdeki yerleşim tarihiyle ilgili fikir edinilebilir.

İtalya'daki, Torino Mimarlık Fakültesi'nin Hierapolis'te yaptığı bu çalışmada, Türk uzmanların hazırladığı haritadan vektörize edilen bütün tesviye hatlarının altimetresi veri seti içinde düzenlenmiştir. Nokta obje veri seti, çeşitli topografik metotlarla ölçülen altimetrik noktaları oluşturmaktadır. Bir diğer, büyük plano-altimetrik nokta seti, Türk uzmanların hazırladığı haritaya ait olan topografik kesişmeler tarafından ölçülen kara rölyef verisini birleştirmek için kullanılan yer kontrol noktalarını içermektedir. Bu verilere detaylı *survey*lerle ölçülen çeşitli noktalar da dahil edilmektedir. Çünkü, bunların yüksekliği, eski

yapılarla bağlantısı düşünülürken son derece önemlidir. Açıkçası, farklı ölçüm metodolojilerini içeren semboller ve sonrasında nokta değerlerini ve bunları seçme sırasında, sorgulamaya yardımcı olmaktadır. Katman grubu, Türk uzmanlarca hazırlanmış haritanın raster edilmiş sayfalarını içermektedir. Raster verinin fonksiyonlarından biri de (Res.108), geçmişte varolan öğelerin dokümantasyonudur. Zira, bu çalışmada incelenen alanda yer alan oteller, bazı alanları ortadan kaldırmıştır. Bir diğer önemli rol ise, ihtiyaç anında önemli ve yararlı bir arşiv oluşturan yoğun hava fotogrametrisine ait yükseklik noktaları yoluyla altimetrik veri sağlama yeteneğidir.



Resim 108. Raster edilmiş ve jeoreferans verilmiş Türk haritalarında uzanmakta olan Nekropolis vektör verisi.

Her bir veri setinin bağlantılı olduğu görsel çalışma Resim 109'da görülmektedir.



Resim 109. Olası görseelliği gösteren bütün dijital harita.

Arkeolojik ve mimari *survey* binaların yapısal durumlarının dikkatli bir şekilde okunmasını talep etmektedir. Ayrıca, geniş bir kazanıma ve son sunuş gösteriminde çok yakın bir uyum içinde bir araya gelecek tematik ve metrik verinin uygun bir şekilde toplanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışma sonunda elde edilen veri, grafiksel öğeler haline gelen ilgili nesnenin detaylı yorumunun sonucudur. Bu bilgi süreci, çok büyük bir ölçekte (1:20 veya 1:100) yapılmaktadır. Günümüzde, veriyi okumak ve görselleştirmek için, durum çalışması ve uzandığı çevre arasındaki ilişkiyle iletişim kurmak için daha küçük analiz ölçeği kullanmak gerekmektedir. Site haritasından önce oluşturulan ve bunun ana parçası olan şehir vektör planı, çoğunlukla anıtsal kalıntılar ve kazılar üzerine uygulanan büyük ölçekli kazanım sürecinden doğmaktadır. Total Station traverslerinin (çapraz kısımları) büyük miktardaki alçak sırası binaları, kazı alanlarını ve ilgili diğer alanları içine almak için kurulmuştur. Çoğunlukla eski şehir alanı üzerinde yayılmış olan bu *network*ler, mimari yapılar ve yıkıntılar üzerine detaylı topografik *survey*leri yerleştirme rolüne sahiptirler.

Stratigrafik *survey* modern arkeolojinin tipik bir yaklaşımıdır ve sürekli topografik ölçümlerden yardım almaktadır. Hierapolis'te her çalışma grubu kendi detaylı *survey*ini yaptığı için, alan üzerindeki araştırma noktalarına ait yararlı veriyi depolama ve bilinen koordinatları kullanma ve bunları bağlantılı veritabanına yerleştirme son derece açık hale gelmektedir. Büyük ölçekli *survey*leri gerçekleştirdikten sonra, tipik topografik ölçümleri ve süreçleri ile nominal ölçek değişikliğini değerlendiren veri kontrol süreçlerinin doğruluğu, genel harita üzerinde veri entegrasyonunu elde etmemizi sağlamaktadır. Belirli bir şehir

içinde, yeni bir kazı yapılmaya karar verildiğinde, ölçüm operatörleri, *geodatabase* grafik arayüzündeki noktalara bakmaktadır. İlgili noktalar bulunduğu taktirde, *serverdatabase* bağlantısı, istenilen veriye ulaşmaya izin verecektir. Böylelikle kazısı yapılacak bölgenin kesin olarak yeri ile noktaların koordinat listesi görülebilecektir. Araştırma sonucu ise, HTML sayfasında, alfanumerik ve fotografik veri şeklinde görülmektedir (Res.110).



Resim 110. Ana topografik nokta gözlemi.

CBS'nin bir başka yararı ise, yer ile bağlantılı kriterle birlikte topografik noktaları seçme şansısıdır. Birçok nokta, eski yapılar üzerine, önemli miktardaki noktalar ise, bina köşelerine yerleştirilmektedir. Havadan veya uydudan görüntülere ihtiyaç duyulursa, seçilen noktalar, eğrilik tekniklerinde kullanılmak için yer kontrol noktalarının yüksek kesinliği olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada her binayı ve kazı alanını ilgilendiren verinin sistematik organizasyonu, gelişmenin önemli perspektiflerinden biridir. 1: 1000 ölçekli haritadan oluşan veri setleri ile karşılaştırıldığında daha geniş nominal ölçek tarafından tanımlanan uzaysal veri setlerinin yerleştirilmesi, sabit sıra ölçeği arasındaki güçlü görsellikte olduğu gibi kolay bir şekilde güvenilir bir işlemdir. 1: 100 ölçekli ve daha büyük veri setleri üzerinde geliştirilmesi düşünülen daha derin ve ilginç olabilecek çalışma; kazı dokümantasyonunun arkeolojik

verisini veya yıkılan duvarların analizini ve yorumunu göz önünde bulunduran, var olan bağlantılı veritabanına etkili bir şekilde eklemek için veri set özelliklerine (nokta, çizgi, poligon) yönelik geometrik tipi seçmektir.

İtalya'daki, Torino Mimarlık Fakültesi tarafından, Hierapolis üzerinde yapılan bu çalışmanın sonunda, CBS işletimi önemli miktardaki olanakları arkeolojik alanın valorizasyonu ve korunmasını güçlendirmek amacıyla yönlendirilebileceğini göstermiştir. Bu tip bir harita, farklı araştırma dalları arasındaki çalışma potansiyellerini daha çok geliştirebilir. Ayrıca dijital harita, alandan ileride geçecek olan turist rotalarının tasarımları için de temel araç olacaktır. Spanò, Astori, Bonfanti ve Chiabrando tarafından yapılan bu çalışmanın devamında, alan üzerinde, bazı incelemelere katkıda bulunacağı düşünülen olası uzaysal analizlerin iki tipi üzerinde çalışılmaktadır. Olası uzaysal analizlerin birincisi; bütün şehir alanından geçen kireçtaşı hendeklerinin uzaysal dağılım çalışması ile ilgilidir (Res.111). Bazen bu hendekler, tesviye hattından sonra ve bazen de cadde ağlarını takiben gelmektedir.



Resim 111. Çeşitli şehir alanlarındaki farklı kireçtaşı hendeklerinin dağılımı.

Resim 112'de eğim levhası üzerinde uzanan hendeklerin vektörel veri seti görülmektedir. Bu, uzaysal analiz yoluyla muhtemel su akış yolunu oluşturmak için gereken girdi verisidir.



Resim 112. Eğim levhası bir raster verisidir. İleride yapılacak uzaysal veri analizi için gereklidir.

Benzer şekilde, caddelerin vektör veri seti ve yükseklik levhası (Res.113) kullanılarak yolların genişliği ve yönleri arasındaki olası bağlantılar hakkında veri sağlaması amaçlanmaktadır. Bu çalışma, fotogrametrik veri depolama ile CBS'nin organize bir biçimde kullanılıp hayata geçirilmesine son derece iyi bir örnektir<sup>166</sup>.



Resim 113. Yükseklik Levhası bir raster verisidir. İleride yapılacak uzaysal analiz için gereklidir. Caddelerin tepe rölyefleri ile bağlantılı özelliklerini ve su akışı üzerinde çalışmak için kullanılacaktır.

<sup>166</sup> Spanò- Astori 2005, 2 v.d.

## DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Arkeolojik araştırmalarda kültürel mirasın belgelenmesinin ana amacı, araştırılan ve kaydedilen objelerin buldukları şekilde korunması, gereklilik arz ediyor ise restore edilmesi, bilimsel çalışmalar dışında halka ve gelecek nesillere aktarılmasıdır. Dolayısıyla günümüze kadar pek çok medeniyete ev sahipliği yapmış ölkemiz topraklarında, bu kültür miraslarını belgelemek son derece önemlidir. Bu anlayıştan yola çıkarak bu çalışmada, arkeolojik araştırmalarda kültürel mirasın izlenmesi ve doğru bir şekilde belgelenmesi sürecinde, fotogrametrinin kullanım alanları araştırılmıştır.

Arkeolojik araştırmaların belgeleme çalışmalarında kullanılan yöntemler, teknik açıdan pek çok aşamadan geçmiş ve farklı disiplinler yardımıyla daha pratik hale gelmiştir. Teknolojik gelişmeler; zamanı, insan sayısını ve maliyeti azaltarak her alanda olduğu gibi, arkeoloji alanında da pek çok katkı sağlamış ve fotogrametri tekniğinin bu alanda kullanımını olanaklı hale getirmiştir. Çalışma içersinde ele alınan örneklerde göröldüğü gibi fotogrametri, arkeoloji alanında da başarıyla kullanılmıştır ve bundan sonrada kullanılmaya devam edecektir.

Özellikle, üçüncü bölümde ele alınan ve “Heykeller Üzerindeki Fotogrametrik Belgelemeler” başlığı altında incelenen ikinci örnekte, 2001 yılında Taliban kuvvetleri tarafından Afganistan’ın Bamiyan bölgesinde yok edilen üç Buddha heykelinin, 1970 yılında çekilen üç metrik görüntüsü sayesinde, dijital fotogrametri yöntemleriyle yeniden üç boyutlu olarak oluşturulduğu ve çizildiği görölmektedir. Bu örnekten de anlaşılacağı üzere, fotogrametri, fotoğraflar üzerinden ölçekli çizim yapılabilmesi ve arkeolojik araştırmalar sırasında veya sonrasında zarar gören alana veya nesneye ait fotografik belgelerin çizim için yeterli olması dolayısıyla arkeoloji alanında son derece önemli ve büyük bir avantaja sahip bir disiplindir. Bu örnekte göröldüğü gibi çeşitli nedenlerle yok olan tarihi yapıların veya heykellerin fotoğraflar ve fotogrametrik yöntem sayesinde yeniden inşası olasıdır.

Fotografik belgeleme, arkeolojik araştırmalar için çok önemlidir. Fotoğrafı çekilmiş bir tarihi eserin herhangi bir şekilde çevre koşulları veya insan faktörü yüzünden zarar görmesi veya yok olması durumunda birer kanıt oluşturması dışında, fotogrametrik yöntem kullanılarak yeniden görsel olarak çizilmesi, daha ileri boyutlarda düşünölecek olunursa, eserin yeniden aslına uygun yapılması mümkündür. Ancak böylesi bir durumun



gerçekleşebilmesi için, net alan derinliği ve aydınlatma koşullarının en iyi şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla yapılan bir arkeolojik araştırmadaki arazi çalışmaları sırasında, arkeologlara bir fotoğraf uzmanı ve bir fotogrametri uzmanının destek olması, pek çok alanda gerçekleşen günümüz çalışma alışkanlıkları içerisinde olduğu gibi disiplinler arası işbirliğine ait bir tutumdur.

Fotogrametrik yöntemin kullanılabilmesi için, iyi bir fotoğrafçılık bilgisine sahip olunması gerekmektedir. Bu sebeple, çalışmanın ikinci bölümünde fotogrametrinin temeli kabul edilen fotoğraf ve fotoğrafçılık hakkında teknik bilgilere yer verilmiştir. Fotogrametri uygulamalarında kullanılan kamera çeşitleri, fotogrametride de yaygın olarak kullanılmaya başlanan amatör kameraların avantaj ve dezavantajları, bu kameralara ait optik sorunlar ve kalibrasyon yöntemleri üzerinde durulmuştur. Kamera kalibrasyonu için lens distorsiyonu, odak uzaklığı ve ana nokta konularına, Zürih’te bulunan tarihi bir bina üzerinde yapılan örnek bir çalışma ile açıklık getirilmeye çalışılmıştır. Böylelikle, fotogrametri için öncelikle fotoğrafçılık bilmek gerektiği vurgulanmıştır. Sonrasında, kullanılan kamera çeşidine göre, çekilen fotoğraflar ele alınmış, böylece pratik uygulamaya başlandığında, şimdiden “hangi kamera kullanıldığında nasıl bir fotoğraf elde edilebilir?” sorusuna bir cevap verilmeye çalışılmıştır.

Ülkemizde fotogrametri tekniği, pek çok alanda olduğu gibi arkeoloji alanında da artarak kullanılmaktadır. Çalışmanın üçüncü bölümünde bahsedilen fotogrametri ve arkeoloji arasındaki bağlantı, fotogrametrinin arkeolojide kullanılan geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında çok daha avantajlı olduğu ortaya konulmuştur. Ancak ilk bölümde söz edilen kamera çeşitlerinden herhangi biri kullanılarak, konusunda uzman bir fotoğrafçı tarafından çekilmiş fotoğraflar, fotogrametri alanında eğitilmiş teknik bir uzman yardımıyla değerlendirilmelidir.

Üçüncü bölümde fotogrametrik yöntemle arkeolojide kullanılan geleneksel yöntemlerin karşılaştırılmasından da anlaşıldığı üzere, fotogrametrik yöntemin arkeolojide kullanımına yönelik avantajları, dezavantajlarından daha fazladır. Dijital fotogrametri tekniğinin gelişmesi ile, dezavantajlardan biri olarak sayılan yüksek yatırım maliyeti son derece azalmış; arkeolojik araştırmalarda da belgeleme kolaylığı sağlayan dijital makinelerin kullanımı ile arkeolojide dijital fotogrametrik yöntemin kullanımı çok daha kolay hale gelmiştir. Üstelik, ikinci bölümde sözü edilen toplumlar arasında kültürel miras bilincinin

geliştirilmesi ve Osman Hamdi Bey'in korumacılığa yönelik tutumunun sürekliliği için CBS kullanımının yaygınlaşması ile toplumların arkeolojik araştırmalara ait verilere ulaşması çok daha kolay bir hale getirilmiştir.

Üçüncü bölümde yer alan Praxiteles tarafından yapılan Hermes heykelinin fotogrametrik yöntemlerle dijital ortamda üç boyutlu hale getirilmesi ve Aizonoi'deki Zeus Tapınağı'na ait örnekte olduğu gibi tüm verilerin yine fotogrametrik yöntemlerle işlendikten sonra internet ortamında yayınlanması ile arkeolojinin toplum bireylerine ulaşması sağlanmıştır. Bu tip görsel sunumlar, toplum içerisinde koruma bilincinin oluşması ve yaygınlaşması için son derece önemlidir.

Arkeolojik araştırmalarda, kültürel mirasın izlenmesi sırasında doğruluğu kesin veri toplama ve belgeleme vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Bu sebeple, yapılacak dokümantasyonun, konusunda uzman fotoğrafçılar tarafından gerçekleştirilmesi ve sonrasında elde edilen verilerin hangi fotogrametrik yöntem kullanılacak ise, gerekli teknik malzemeyi veya yazılımları kullanabilen, bir fotogrametri uzmanı tarafından değerlendirilmesi gerekmektedir. Böylece bir arkeolog, arazi çalışmaları sırasında bir fotoğrafçı ile; toplanan verilerin değerlendirilmesi için de bir fotogrametri uzmanı ile çalışabilir.

Arkeolojideki en küçük ölçekli nesneden geniş topografik alanlara kadar son derece geniş kullanım alanlarında uygulanabilen fotogrametrik yöntemlerin bu çalışmada sunulan örneklerle, arkeoloji için son derece yardımcı bir disiplin olduğu sonucuna varılmıştır.

Metrik ve stereometrik kameraların kullanılarak ve pek çok açıdan fotoğrafları çekilen, Roma İmparatoru Hadrian Dönemi'nde inşa edilen Milet Kapısı'na ait örnekte, sergi salonundaki ışıklandırma sorunu fotoğraf alımını zorlaştırmıştır ancak bu durum düşük enstantene kullanımıyla çözülmüştür. Restoratörlerin yapıdaki hasarları manuel olarak çizmeleri, CAD yazılımında yapılacak çizime yardımcı olmuştur. Kusursuz bir fotogrametrik çizimin gerçekleşmesi için, yapılan çizimlerin sonrasında yine mimarlar ve restoratörler tarafından incelendiği ve bazı detayların manuel olarak bu ölçekli çizimler üzerine yerleştirildiği görülmektedir. Geleneksel yöntemlerle yapılan çizimlerin doğruluğunun, çizimi yapan mimar veya restoratör veya bir arkeologun tecrubesine bağlı olduğu düşünüldüğünde, fotogrametrik çizim tekniklerini kullanan bir fotogrametri uzmanının daha az zamanda, çok daha doğru sonuçlara ulaşması son derece önemlidir.

Milet Kapısı'na ait örnekte, geleneksel yöntemlerle çalışan bir araştırma ekibinin harcayacağı zamandan çok daha kısa sürede, çok daha detaylı bir çizim elde edilmiştir. Bu örnekten de anlaşıldığı gibi, arkeolojik araştırmalarda nitelikli bir çalışma yapılabilmesi için, farklı disiplinlerde uzmanlık sahibi pek çok kişiden oluşan kapsamlı bir ekibin uyumlu bir şekilde bir araya gelmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, arkeolojik araştırmalarda kültürel mirasın izlenmesi ve belgelenmesi sürecinde farklı fotogrametrik yöntemlerin kullanıldığı örnekler incelenmiştir. Arazi üzerinde geleneksel yöntemlerle alınmasına ve böylelikle zaman kaybının yaşanmasına engel olan fotogrametrinin kullanımı, gelişen teknoloji ile azalan maliyeti sayesinde arkeolojik uygulamalarda günden güne artmaktadır.

Bu disiplinin sağladığı olanaklar düşünüldüğünde, kullanım alanının da gittikçe artması günümüz bilimsel araştırmalarında olduğu gibi disiplinler arası bir işbirliği ile arkeolojik araştırmalarda rahatlıkla kullanılabilir. Böylece, her arkeolojik çalışmada, mimar ve restoratör olduğu gibi bir fotoğraf ve bir fotogrametri uzmanı ile oluşturulmuş, geniş bir ekip ile doğruluğu kesin belgelenmeler yapılmasına olanak tanınmış olur.

**ÖZGEÇMİŞ**  
**Elif S. KORK**

**Kişisel Bilgi**

- Doğum Tarihi : 04.12.1978
- Doğum Yeri : Çan/ Çanakkale
- Medeni Durumu : Bekar

**Eğitim**

- Muğla Üniversitesi, M.M.Y.O., Harita Kadastro Programı'nda verilen "**HRK217 FOTOGRAFMETRİ**" derslerine konuk öğrenci olarak katılım  
Öğr. Gör. Fahriye Tezcan 2006
- Muğla Üniversitesi, M.M.Y.O., Harita Kadastro Programı'nda verilen "**HRK115 ÖLÇME BİLGİSİ I**" derslerine Total Station kullanımını öğrenmek için konuk öğrenci olarak katılım  
Öğr. Gör. Hüseyin Öktem 2006
- Muğla Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Bölümü,  
Yüksek Lisans Programına Giriş 2002
- İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi,  
Fotoğraf Ana Sanat Dalı, Fotoğraf Bölümü 1997- 2001
- İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Jeofizik Mühendisliği 1996- 1997
- İzmir Vali Vecdi Gönül Lisesi 1993- 1996
- İzmir Hakimiyet-i Milliye İlköğretim Okulu 1986- 1993

**Mesleki Yarışmalar**

- Milas Belediyesi 2004 Takvimi'nde Fotoğraf Sergileme 2004
- İzmir Konak Belediyesi'nin "Alsancak Şenliği" Kapsamında Düzenlenen  
"Alsancak'ta Yaşam" Konulu Fotoğraf Yarışması Birincisi 2003
- İzmir Hilton Oteli'nde "benDEN GElen sesSİZLİK" adlı Kişisel Fotoğraf Sergisi  
2001
- İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Bahar Şenlikleri  
Tekstil, Grafik ve Fotoğraf Bölümleri Karma Sergisine Katılım  
2000
- İzmir Konak Belediyesi "Kuruluşunun 5000.Yılında İzmir" konulu Fotoğraf Yarışması  
Üçüncüsü 2000

- İstanbul Büyükşehir Şubesi Mimarlar Odası 2000 Yılı Ajandası  
“Mimarlıkta Simgeler” Konulu Fotoğraf Yarışması Sergileme Ödülü  
1999
- Bursa Pegasus Binicilik Dergisi, “I. Ulusal At Fotoğrafları” Yarışması  
Sergileme Ödülü  
1999

### İş Deneyimi

- T.C. İzmir Valiliği, İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 22 Mart Dünya Çocuk Şiirleri Günü,  
Sevgi ve Barış Konulu Şiir Yarışması’na ait Afiş Tasarımı  
2006
- T.C. İzmir Valiliği, İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 12 Mart İstiklal Marşı’nın Kabulü ve  
Mehmet Akif Ersoy’u Anma Günü’ne ait Afiş Tasarımı  
2006
- Marmaris 9-12 Yaş Grubu Yüzme Müsabakalarında Yüzme Hakemi  
2006
- Muğla Valiliği, Muğla İli Kültür Envanteri Projesi’nde Fotoğraf ve Belgeleme Uzmanı  
2005-2006
- Muğla Üniversitesi, 2004- 2005 Eğitim-Öğretim Açılış Etkinliklerinde  
Arkeoloji Bölümü adına Fotoğraf Sergisi  
2004
- Muğla Üniversitesi, I. Uluslararası Karya Taş Heykel Atölyesi ve Sergisi  
Süresince Fotoğraf Çekimi ve Kapanış Sırasında Multivizyon Sunumu  
2004
- Muğla Üniversitesi, Siyah-Beyaz Fotoğraf Laboratuvarı’nın İşlevsel Hale Getirilmesi  
2004
- Muğla’da Kültür ve Tabiat Varlıklarının Korunmasında Yaşanan Sorunlar:  
Kültürel ve Doğal Kaynak Yönetimi Ön Araştırması İsimli Çalışmanın Kitap Kapak  
Tasarımı  
2004
- Muğla Meslek Yüksekokulu, Radyo-TV Yayımcılığı Programı’nda  
“Temel Fotoğraf Eğitimi” Dersi Öğretim Görevlisi  
2002- 2003
- Muğla Rehberler Odası’nın Düzenlediği 2002 Yılı Rehberlik Hizmet İçi Eğitim  
Semineri’nde “İkonografi” Konu Başlıklı Seminerin Hazırlanması ve Sunumu  
2002
- Milas The Old Happy Days Fast Food Satış ve Halkla İlişkiler Sorumlusu  
2001- 2002
- İzmir Profesyonel Stüdyo-Reklam Fotoğrafçısı  
2000- 2001
- ATV’de Yayımlanan “Evdeki Hesap” Dizisinin Set Fotoğrafçısı  
2000

### Katıldığı Kurslar

- Marmaris Yüzme Hakemliği Kursuna Katılım  
2006
- “Muğla İli Kültür Envanteri” Kapsamında Verilen ArcGIS Kursuna Katılım  
2005

- İzmir 23. Universiade Oyunları Kapsamında Verilen “FISU & UNIVERSIADE”, “Genel İletişim”, “Takım Yönetimi” ve “Türkiye 2005 Vizyonu” Konulu Eğitim Seminerlerine Katılım 2005
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Konak Halk Eğitim Merkezi “İşaret Dili Tekniği” Kursuna Katılım 2003
- Genç Gürgün Müzik Merkezi Klasik Gitar Eğitimi 1995-1996

## Nitelikler

- İzmir 25. Universiade Oyunları Kapsamında Verilen “FISU & UNIVERSIADE”, “Genel İletişim”, “Takım Yönetimi” ve “Türkiye 2005 Vizyonu” Konulu Eğitim Seminerlerine Katılım Belgesi 2005
- Milli Eğitim Bakanlığı, “İşaret Dili Tekniği” Kurs Bitirme Sertifikası 2003
- İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Fotoğraf Ana Sanat Dalı, Fotoğraf Bölüm Birinciliği  
Diploma Ortalaması: 79 2001
- Sürücü Belgesi : B Sınıfı 1998
- Genç Gürgün Müzik Merkezi Klasik Gitar Sertifikası 1996
- Ofis ve Ekipmanları Kullanımı
- Bilgisayar Kullanımı : Microsoft Office Programları  
Corel Draw 12  
Adobe Photoshop CS2  
Adobe Illustrator 10  
ArcGIS 9

## İlgi Alanları

- Felsefe, Psikoloji, Şiir, Müzik
- Yüzme, Seyahat, Doğa Yürüyüşleri.

## İletişim

korkekork@gmail.com