FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERİN ARKEOLOJİDE KULLANIMI: ERZURUM PULUR HÖYÜK KAZISI ÖRNEĞİ

Revşan FIRAT YAŞAR

Yüksek Lisans Tezi
Arkeoloji Ana Bilim Dalı
Doç. Dr. Rabia AKARSU
2024
Her Hakkı Saklıdır

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ARKEOLOJİ ANA BİLİM DALI

Revşan FIRAT YAŞAR

FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERİN ARKEOLOJİDE KULLANIMI: ERZURUM PULUR HÖYÜK KAZISI ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ YÖNETİCİSİ
Doç. Dr. Rabia AKARSU

ERZURUM – 2024

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Social Sciences

TEZ BEYAN FORMU

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

BİLDİRİM

Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Uygulama Esaslarının ilgili maddelerine göre hazırlamış olduğum **"Fotogrametrik Yöntemlerin Arkeolojide Kullanımı: Erzurum Pulur Höyük Kazısı Örneği"** adlı tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kâğıt ve elektronik kopyalarının aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Gereğini bilgilerinize arz ederim [*].

☑ Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

☐ Tezimin/Raporumun makale için **altı ay,** patent için **iki yıl** süreyle erişiminin ertelenmesini istiyorum.

[21.11.2024]

Aslı ıslak imzalıdır

Revşat FIRAT YAŞAR

---

[*] **LİSANSÜSTÜ TEZLERİN ELEKTRONİK ORTAMDA TOPLANMASI, DÜZENLENMESİ VE ERİŞİME AÇILMASINA İLİŞKİN YÖNERGE**

.....

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Çeşitli ve Son Hükümler

Lisansüstü tezlerin erişime açılmasının ertelenmesi MADDE 6– (1) Lisansüstü tezle ilgili **patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda**, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu **iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.**

(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz **makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış** ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile **altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir**.

Gizlilik dereceli tezler MADDE 7– (1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Social Sciences

TEZ KABUL TUTANAĞI

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Doç. Dr. Rabia AKARSU danışmanlığında, Revşan FIRAT YAŞAR tarafından hazırlanan bu çalışma 14 / 11 / 2024 tarihinde aşağıda isimleri yazılı jüri tarafından. Arkeoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan	: Doç. Dr. Rabia AKARSU	İmza: Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi	: Doç. Dr. Berna KAVAZ KINDIĞILI	İmza: Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi	: Dr. Öğr. Üyesi Hacer KUMANDAŞ	İmza: Aslı ıslak imzalıdır

Aslı ıslak imzalıdır

Prof. Dr. Hanifi ŞAHİN

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **IV**
ABSTRACT ..... **V**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **VI**
ÇİZİMLER DİZİNİ ..... **VII**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **VIII**
FOTOĞRAF DİZİNİ ..... **IX**
ÖNSÖZ ..... **XII**
GİRİŞ **1**
ARKEOLOJİ DE FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERİN KULLANIMI **1**
I. KONUNUN AMAÇ KAPSAM VE ÖNEMİ **1**
II. YÖNTEM VE METOT **3**
III. KONU İLE İLGİLİ YAPILAN KAYNAK VE ARAŞTIRMALAR **5**

BİRİNCİ BÖLÜM
FOTOGRAMETRİ

1.1. FOTOGRAMETRİ **15**
1.1.1. Fotogrametrinin Tarihi 17
1.2. FOTOGRAMETRİ TEKNİĞİ **23**
1.2.1. Dijital Fotogrametri 25
1.2.2. Yersel Fotogrametri 28
1.2.3. Hava Fotogrametrisi 31
1.3. ARKEOLOJİDE FOTOGRAMETRİ KULLANIMI **35**
1.3.1. Arkeolojik Kazılar ve Dokümantasyon 39
1.3.2. Arkeoloji de Fotogrametrik Koruma 42
1.3.3. Sualtı Arkeolojisinde Fotogrametri 43
1.3.4. Sanal Müze ve Dijital Restorasyon 45
1.4. FOTOGRAMETRİK ORTOFOTO VE 3B MODEL ÜRETİM SÜRECİ **47**
1.4.1. Görüntü Edinimi 48
1.4.2. Fotoğraf Çekim Aşamaları 49
1.4.3. Agisoft Methashape Programı ile Ortofoto ve Üç Boyutlu Model Oluşum Aşamaları 63

1.4.3.1. Program ile Kalibrasyon İşlemlerinin Yapılması 63
1.4.3.2. Fotoğrafların Yüklenmesi ve Hizalanma İşlemi 65
1.4.3.3. Yoğun Nokta Bulutu Oluşum Aşamaları 66
1.4.3.4. Nokta Bulutu Verileri ile Model Ağı ve Yüzey Dokusunun Oluşumu 67
1.4.3.5. Oluşturulan Modelin Ortofoto (Ortomozaik) Görüntülerinin Gerçekleştirilmesi 69
1.4.3.6. Oluşturulan Modelin Dışa Farklı Formatlarda Aktarımı 72

İKİNCİ BÖLÜM
ERZURUM PULUR HÖYÜK

2.1. PULUR HÖYÜK 74
2.1.1. Pulur Höyük Coğrafi Konum 74
2.1.2. Pulur Höyük Kazıları 75

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERİN PULUR HÖYÜK KAZI ALANINDA KULLANIMI

3.1. PULUR HÖYÜK KAZI ALANINDA YAPILAN FOTOGRAMETRİK ÇALIŞMALAR 84
3.1.1. Çalışma Planı Hazırlama 84
3.1.2. Pulur Hüyük'te Fotogrametrik Modelleme Yöntemi ile Oluşturulan Veriler 89
3.1.2.1 Pulur Hüyük Teknik Çizim Aşamaları 96
3.1.2.2. Kazı Alanı R18D Plankaresi Modelleme Çalışmaları 99
3.1.2.3. İn situ Durumda Ortaya Çıkarılan Fırın 1- Fırın-2 Buluntusu Üç Boyutlu Model Oluşum Çalışmaları 101
3.1.2.4. Kazı da Elde Edilen Kutsal Ocak 3B Sanal Restitüsyon Çalışması 106

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
KARŞILAŞTIRMA VE DEĞERLENDİRME

4.1. FOTOGRAMETRİ VE LAZER TARAMA YÖNTEMİ 111
4.1.1. Fotogrametrinin Temel Avantajları 113

4.2. ÜÇ BOYUTLU FOTOGRAMETRİK MODELLEME YÖNTEMİNİN ARKEOLOJİ DEKİ KULLANIM ALANLARINA GÖRE ÖNEMİ 119
4.2.1. Arkeolojik Kazı Alanlarında Kullanımının Önemi 120
4.2.2. Müzelerde Üç Boyutlu Modelleme Yöntemini Kullanmanın Önemi 121
4.3. FOTOGRAMETRİK MODELLEME YÖNTEMİ İLE SANAL BÜTÜNLEME ÇALIŞMALARI 124
4.4. FOTOGRAMETRİK MODELLEME YÖNTEMİ KULLANILAN BİLGİSAYAR PROGRAMI (AGISOFT METHASHAPE) 126
4.5. PULUR HÖYÜK KAZI ALANI FOTOGRAMETRİK UYGULAMALARI DEĞERLENDİRME 127

SONUÇ 133
KAYNAKÇA 136
EKLER 150
EK 1. Fotogrametrik İş Akış Şeması-I 150
EK 2. Fotogrametrik İş Akış Şeması-II 151
EK 3. Kamera Kalibrasyon Ayar Tablosu 152
EK 4. Fotoğrafların Programa Yüklenmesi Ve Seyrek Nokta Bulutu Oluşumu 153
EK 5. Yoğun Nokta Bulutu-Model Modelinin Oluşumu 154
EK 6. Nokta Bulutu Verileri İle Model Ağı Oluşumu 155
EK 7. Nokta Bulutu Verileri İle Yüzey Doku Modeli Oluşumu 156
EK 8. Ortofoto Görüntüleri Üzerinden Autocad İle Çizim Yapma 157
EK 9. Pulur Höyük Sit Sınırları ve Tescil Fişi 158
EK 10. Pulur Höyük 1947 Ortofoto Görüntüsü (EBB Arşivi) 159
EK 11. Pulur Höyük Vaziyet Planı ve Plankareler 160
EK 12. Pulur Höyük Batı Cephe Çizimi 161
EK 13. Pulur Höyük Eşyükselti ve Vaziyet Planı 162
EK 14. Pulur Höyük Halihazır ve Vaziyet Planı 163
EK 15. Pulur Höyük Kazı Alanı Kültür Tabakaları 164
ÖZGEÇMİŞ 165

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERİN ARKEOLOJİDE KULLANIMI: ERZURUM PULUR HÖYÜK KAZISI ÖRNEĞİ

Revşan FIRAT YAŞAR

Danışmanı: Doç. Dr. Rabia AKARSU

2024, 165 Sayfa

Jüri: Doç. Dr. Rabia AKARSU
Doç. Dr. Berna KAVAZ KINDIĞILI
Dr. Öğr. Üyesi Hacer KUMANDAŞ

Teknolojik gelişmeler bilimsel birçok alanda yeni yöntemlerin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Arkeoloji de bu teknolojik yeniliklerden her geçen gün biraz daha fazla nasiplenen bilim dallarından biridir. Günümüzde Arkeolojik kazılar, kurtarma kazıları, yüzey araştırmaları, kültür varlıklarının tespiti ve envanter kayıtlarının oluşturulması, eser tanımlama, eser bütünleme ve teknik çizim çalışmaları, müzecilik ve restorasyon çalışmaları gibi birçok alanda artık fotogrametrik modelleme yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntem, gelişen bilgisayar ve İHA teknolojileri ile birlikte artık alanında uzman olmayanlar tarafından bile kullanılmaktadır. Yapmış olduğumuz tez çalışmasında dijital fotogrametrik modelleme yöntemlerinin Arkeoloji de kullanımı hakkında bilgiler verilerek, Erzurum Aziziye İlçesi, Ömertepe Mahallesi, Pulur Höyük'te yürütülen kazı alanında bu yöntem ile elde edilen veriler detaylı olarak ortaya konulmuştur.

Yapmış olduğumuz bu çalışma da İHA, standart dijital fotoğraf makinası ve bilgisayar destekli yazılım programları kullanılarak Pulur Höyük ve kazı alanına ait ortofotolar, dem haritaları, teknik çizimleri, kazı açmalarına ait üç boyutlu modellemeler, modelleme sonrası eser bütünleme çalışmaları, *in situ* durumdaki nesnelerin modellemeleri yapılarak elde edilen verilerin ne şekilde kullanılacağı konusunda örneklerle değerlendirmelerde bulunulmuştur. Böylece daha doğru, düşük maliyetli ve hızlı sonuçlar üreten bir yöntem olan Dijital Fotogrametrik Modelleme Yöntemi'nin Arkeoloji' de kullanımının önemi örneklerle ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelime: Arkeoloji, Fotogrametri, Dijital Fotogrametri, 3B Modelleme, Pulur Höyük, Ortofoto.

ABSTRACT

MASTER THESIS

USE OF PHOTOGRAMMETRIC METHODS IN ARCHEOLOGY: EXAMPLE OF ERZURUM PULUR MOUND EXCAVATION

Revşan FIRAT YAŞAR

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Rabia AKARSU

2024, 165 Pages

Jury: Assoc. Prof. Dr. Rabia AKARSU
Assoc. Prof. Dr. Berna KAVAZ KINDIĞILI
Asst. Prof. Dr. Hacer KUMANDAŞ

Technological developments have necessitated the use of new methods in many scientific fields. Archaeology is also one of the branches of science that is benefiting from these technological innovations more and more every day. Nowadays, photogrmateric modeling methods are used in many fields such as archaeological excavations, rescue excavations, surveys, identification of cultures and creation of inventory records, artifact identification, artifact integration and technical drawing studies, museology and restoration studies. This method is now used even by non-specialists in the field with the developing computer and UAV technologies. In our thesis study, information about the use of digital photogrammetric modeling methods in Archaeology was given and the data obtained with this method in the excavation area carried out in Erzurum Aziziye District, Ömertepe Neighborhood, Pulur Mound were presented in detail.

In this study, orthophotos, dem maps, technical drawings, three-dimensional modeling of excavation areas, artifact integration studies after modeling, modeling of in situ objects, orthophotos of Pulur Mound and excavation area, dem maps, technical drawings, three-dimensional modeling of excavation trenches, artifact integration studies after modeling, and modeling of *in situ* objects using UAVs, standard digital cameras and computer-aided software programs were made and evaluations were made with examples on how to use the data obtained. Thus, the importance of the use of Digital Photogrammetric Modeling Method, which is a more accurate, low-cost and fast results producing method, in Archaeology has been demonstrated with examples.

Keyword: Archaeology, Photogrammetry, Digital Photogrammetry, 3D Modeling, Pulur Mound, Orthophoto.

KISALTMALAR DİZİNİ

2B : İki Boyutlu

3B : Üç Boyutlu

AUV : Atonomus Underwater Vehicle- Otonom Kablosuz Su Altı Aracı

CAD : Computer Aided Design - Bilgisayar Destekli Tasarım

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri

Çev. : Çeviri

DEM : Digital Elevation Model-Dijital Yükseklik Modeli

E.T. : Erişim Tarihi

EBB : Erzurum Büyükşehir Belediyesi

Ed. : Editör

GIS : Geographical Information Systems-Coğrafi Bilgi Sistemleri

GPS : Global Positioning System- Küresel Konumlama Sistemi

İHA : İnsansız Hava Aracı

İHA : İnsansız Hava Aracı

KVKBK : Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu

LİDAR : Light Detection and Ranging (Işık Tespiti ve Uzaklık Tayini)

MÖ. : Milattan Önce

ROV : Remote Operating Vehicle- Uzaktan Kablo Kontrollü Su Altı Aracı

TÜBİTAK: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

Vd. : Ve diğerleri

YKN : Yer Kontrol Noktası

ÇİZİMLER DİZİNİ

Çizim 2.1. Pulur Höyük Kazı Alanı Haritası 1960 77
Çizim 2.2. Pulur Höyük Kazı Alanı Kültür Tabakalanması 82

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Fotogrametrik Tarihi Süreç 22
Şekil 1.2. Fotogrametrik İş Akış Şeması (Thomas Luhmann'dan İşlenerek)..... 28
Şekil 1.3. Fotogrametrik İş Akış Şeması (Jon Bedford'dan işlenerek) 48
Şekil 1.4. Küçük Nesnelerde Fotoğraflama Yöntemi Çizim 50
Şekil 1.5. Ölçek Örnekleri ve Poligon Noktaları 51
Şekil 1.6. Nesnenin Stüdyo Ortamında Fotoğraf Çekilmesi..... 51
Şekil 1.7. Büyük Nesnelerin Fotoğraf Çekimi..... 54
Şekil 1.8. Büyük Nesnelerde Fotoğraf Çekim Planı 54

FOTOĞRAF DİZİNİ

Fotoğraf 1.1. Zeminde Yarı Saydam Pleksiglas Malzeme Kullanımı 52
Fotoğraf 1.2. Nesne ve Kamera Arasındaki Mesafeye Göre Oluşan Perspektif Bozulması 52
Fotoğraf 1.3. Odak Noktasının Manuel Olarak Ayarlanması 53
Fotoğraf 1.4. İHA Otonom Uçuş Uygulama Arayüzü (Pix4d) 57
Fotoğraf 1.5. İHA ile Otonom Uçuş Görüntü Alma Planı 57
Fotoğraf 1.6. İHA ile Otonom Uçuş Görüntü Alma Planı Cepheden 58
Fotoğraf 1.7. Su Altında Dalgıç ve ROV ile Fotoğraf Çekim Planı 59
Fotoğraf 1.8. ROV ve AUV Su Altı Aracı 60
Fotoğraf 1.9. Su Altında Kubbe Formlu Fotoğraf Çekme Aparatı 60
Fotoğraf 1.10. Suda Öğlen Güneşinde Çekilen Fotoğraftaki Işık Hüzmeleri 61
Fotoğraf 1.11. Derinlik Arttıkça Renklerde Oluşan Bozulmalar (pix4D.com) 62
Fotoğraf 1.12. Otomatik Kamera Kalibrasyon Ayarı Yapma 64
Fotoğraf 1.13. Fotoğrafların Yüklenmesi, Hizalanması ve Nokta Bulutu Oluşumu 66
Fotoğraf 1.14. Yoğun Nokta Bulutu Modelinin Oluşum Aşamaları 67
Fotoğraf 1.15. Nokta Bulutu Verileri ile Model Ağı Oluşumu 68
Fotoğraf 1.16. Nokta Bulutu Verileri ile Yüzey Doku Modeli Oluşumu 69
Fotoğraf 1.17. Cephesel Ortofoto Görüntüleri Oluşturma. 70
Fotoğraf 1.18. Ortofoto Görüntüleri AutoCAD ile Çizim Yapma 71
Fotoğraf 1.19. Oluşturulan Modelin Dışa Farklı Formatlarda Aktarımı 73
Fotoğraf 2.1. Ömertepe Mahallesi Pulur Höyük Uydu Görüntüsü 74
Fotoğraf 2.2. Ömertepe Pulur Höyük Arkeolojik Sit Sınırları 75
Fotoğraf 2.3. Pulur Höyük 1947 Ortofoto Görüntüsü 76
Fotoğraf 2.4. Pulur Höyük Kazı Alanı 1960 Yılı 76
Fotoğraf 2.5. Pulur Höyük 1953 ve 1975 Yılları Ortofoto Görüntüleri 78
Fotoğraf 2.6. Pulur Höyük Kazı Alanı 2021 Yılı Plankareler 79
Fotoğraf 2.7. Pulur Höyük Kazı Alanı 2022 Yılı Plankareler 80
Fotoğraf 2.8. Pulur Höyük Kazı Alanı 2023 Yılı Plankareler 81
Fotoğraf 2.9. Pulur Höyük Kazı Alanı Kültür Tabakaları 82
Fotoğraf 3.1. Dji Mavic Pro Drone Özellikleri (DJI Kullanma Kılavuzu) 85
Fotoğraf 3.2. Canon Eos 1100D Özellikleri (Canon Kullanma Kılavuzu) 86

Fotoğraf 3.3. Pulur Höyük Drone ile Yapılan Otonom Fotoğraf Çekimi 87
Fotoğraf 3.4. Pulur Höyük R18D Plankaresi Fotoğraf Çekimi..... 87
Fotoğraf 3.5. Pulur Höyük P17B Plankaresi *İn situ* (Fırın 1-Fırın-2) Fotoğraf Çekimi 88
Fotoğraf 3.6. Erzurum Arkeoloji Müzesi Kutsal Ocak Fotoğraflama Çalışması..... 88
Fotoğraf 3.7. Pulur Höyük Seyrek ve Yoğun Nokta Bulutu Oluşumu 89
Fotoğraf 3.8. Pulur Höyük Üçgen Model Oluşumu..... 90
Fotoğraf 3.9. Pulur Höyük Dem Haritası..... 91
Fotoğraf 3.10. Pulur Höyük Model Dem Haritaları..... 91
Fotoğraf 3.11. Pulur Höyük Ortofoto Görüntü Oluşumu..... 92
Fotoğraf 3.12. Pulur Höyük Kazı Alanı Üçgen Model Oluşumu Detay..... 92
Fotoğraf 3.13. Pulur Höyük Kazı Alanı Referans Noktaları Ölçüm Değerleri..... 93
Fotoğraf 3.14. Pulur Höyük Kazı Alanı Koordinatlı Dem Haritası 93
Fotoğraf 3.15. Pulur Höyük Kazı Alanı Model Cephelerden Dem Haritaları 94
Fotoğraf 3.16. Pulur Höyük Kazı Alanı Eş Yükselti Haritaları 95
Fotoğraf 3.17. Pulur Höyük Kazı Alanı Ortofoto Görüntüleri 96
Fotoğraf 3.18. Pulur Höyük Kazı Alanı Plan ve Cephe Çizimleri..... 97
Fotoğraf 3.19. Pulur Höyük İzohips Dosyası Netcad ile Koordinat Referans Dönüşümü 98
Fotoğraf 3.20. Pulur Höyük Vaziyet Planı Çizimi..... 99
Fotoğraf 3.21. R18D Plankaresi Üç boyutlu Model Oluşumu..... 100
Fotoğraf 3.22. R18D Açması Modeli Değişik Cephelerden Görünüm..... 100
Fotoğraf 3.23. R18D Açması Dem Modeli Değişik Cephelerden Görünüm..... 101
Fotoğraf 3.24. *İn situ* Fırın-1 Modeli Fotoğraflama Çalışması..... 102
Fotoğraf 3.25. *İn situ* Fırın-1 Modeli Değişik Cephelerden Görünüm 102
Fotoğraf 3.26. *İn situ* Fırın-1 Dem Modeli Değişik Cephelerden Görünüm 103
Fotoğraf 3.27. *İn situ* Fırın-1 AA ve BB Kesit Yan Profil Grafiği..... 103
Fotoğraf 3.28. *İn situ* Fırın-2 Modeli Değişik Cephelerden Görünüm 104
Fotoğraf 3.29. *İn situ* Fırın-2 Dem Modeli Değişik Cephelerden Görünüm 105
Fotoğraf 3.30. *İn situ* Fırın-1 AA ve BB Kesit Yan Profil Grafiği..... 105
Fotoğraf 3.31. Kutsal Ocak Üç Boyutlu Model Oluşumu 106
Fotoğraf 3.32. Kutsal Ocak Üçgen Model Dışa Aktarımı 106
Fotoğraf 3.33. Kutsal Ocak Üçgen Model AutoCad Programı Model Temizliği..... 107

Fotoğraf 3.34. Kutsal Ocak Üçgen Model Dış Yüzey Referans Çizgileri 107
Fotoğraf 3.35. Kutsal Ocak Üç Ayaklı ve Dört Ayaklı Yüzey Referans Çizgileri 108
Fotoğraf 3.36. Kutsal Ocak Sketchup Programı Bütünleme Model Oluşumu 109
Fotoğraf 3.37. Kutsal Ocak Sketchup Programı Sanal Bütünleme Görüntüleri 109
Fotoğraf 3.38. Dört Ayaklı Kutsal Ocak Örnekleri. 110
Fotoğraf 4.1. Havadan Lidar Teknolojisi Orman Dokusu Altındaki Kültürel Kalıntılar 117
Fotoğraf 4.2. San Marco Bazilikası Lazer Tarama Karanlık Alanlarda Bezemesel Unsurlarda Uygulama 119
Fotoğraf 4.3. Arkeoloji de Üç Boyutlu Model Oluşum Alanları 121
Fotoğraf 4.4. Web Sitesi Arkeolojik Üç Boyutlu Modeller Sitesi 123
Fotoğraf 4.5. Petrie Mısır Arkeolojisi Müzesi Web Sitesi 123
Fotoğraf 4.6. Kazılarda Çıkarılan Kantharos Parçalarının Dijital ve Gerçek Restore Edilişi 124
Fotoğraf 4.7. Üç Boyutlu Rölyefi Yapılan Güney Afrika Hayvan Petroglifleri British Müzesi 125
Fotoğraf 4.8. Pompei Caecilius Iucundus Evi Sanal Yeniden Yapılandırma 126
Fotoğraf 4.9. Kemah Kalesi Kazı Alanı Vaziyet Planı 128
Fotoğraf 4.10. Erzurum Tortum Kapıkaya Kalesi Dem Haritası ve Vaziyet Planı 129
Fotoğraf 4.11. Erzurum Karakale (Baldızı) Kalesi Vaziyet Planı 129
Fotoğraf 4.12. Fırın-1 Yapısı ile Diğer Fırın Yapıları Arasındaki Kot Farkı ve Mahiyeti 131
Fotoğraf 4.13. Fırın-2 Yapısı ile 3. Fırın Yapısı Arasındaki Kot Farkı ve Mahiyeti 131
Fotoğraf 4.14. Fırın-1 ve Fırın-2 Yapıları Dem Modeli Karşılaştırması 132

ÖNSÖZ

Erzurum Aziziye İlçesi, Ömertepe Mahallesi sınırları içinde yer alan Pulur Höyük, bölgemizde Karaz Kültürü'ne ait en önemli kültür merkezlerinden biridir. 2021 yılından bu yana devam eden kazı çalışmaları ile şehrimizin zengin kültürel geçmişinin gizli kalmış tanıkları ortaya çıkarılmaktadır. Yapmış olduğumuz tez çalışması ile Pulur Höyükte yürütülen çalışmalara ait verilerin dijital fotogrametrik yöntemler kullanılarak nasıl elde edileceği ve ne şekilde kullanılacağı ortaya konulmuştur.

Yapmış olduğumuz tez çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Rabia AKARSU'ya ve arazi çalışmalarında yanımda olan engin bilgisiyle yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Halil İbrahim ÜN'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Erzurum-2024 **Revşan FIRAT YAŞAR**

GİRİŞ

ARKEOLOJİ DE FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERİN KULLANIMI

I. KONUNUN AMAÇ KAPSAM VE ÖNEMİ

İnsanlığın var oluşu ile birlikte başlayan süreç içinde geçmiş ile gelecek arasında köprü vazifesi taşıyan insanoğlu her zaman bir iz bırakmıştır. Arkeoloji ise bu bırakılan izlerin anlamını bulduğu bir bilim dalı olarak daima doğruyu ortaya koymak ve nitelendirmek için üstün bir gayret sarf etmektedir. Yapmış olduğumuz bu tez çalışması ile Arkeolojik bilimsel çalışma yöntemlerinde kullanılan Fotogrametrik yöntemlerin, teknolojinin sunduğu olanaklar ve mevcut imkânlar doğrultusunda daha verimli bir şekilde tanıtılması ve bu bilim dalı içinde daha fazla kullanılmasının sağlanması amaçlanmaktadır. Bu çalışmamızda Fotogrametrik yöntemlerin neler olduğu, nasıl bir işleyiş programı sunduğu, Arkeolojiye ne şekilde bir katkı sağladığı ve sağlayabileceği, geleneksel yöntemlere karşı teknolojik imkânların sunduğu olanaklar ile bir araya gelerek süreç ve bilgide nasıl kazanım elde edileceği ortaya konulacaktır.

Fotogrametrik yöntemler her geçen gün teknolojinin gelişimi ile birlikte paralel bir gelişim göstermektedir. Bu kapsamda çağın gereksinimlerine bir an önce ayak uydurarak geleneksel yöntemlerle uzun bir sürede elde edilen verilerin daha kısa sürelerde ve daha doğrulanabilir bir şekilde elde edilmesinin önemi çok büyüktür.

Bu çalışmamız ile Fotogrametrik yöntemlerin tanıtımı yapılarak, Erzurum Aziziye İlçesi, Ömertepe Mahallesi içinde bulunan Pulur Höyük özelinde fotogrametrik yöntemlerle elde edilen verilerin ne şekilde oluşturulduğu, hangi donanım ve yazılım ürünleri ile elde edildiği sistematik bir şekilde aşama aşama gösterilecektir. Elde edilen verilerin daha sonra hangi alanlarda ne şekilde kullanılacağı belirlenerek bilim çevrelerin tarafından bu alanda yapılan çalışmaların nerelerde değerlendirilebileceği konuları irdelenecektir. Özellikle geleneksel yöntemlerde kazı alanlarında karşımıza çıkan kültür katmanlarının çizimleri ve bulunan kazı materyallerinin teknik çizimleri çok uzun vakitler almaktadır. Ayrıca geleneksel yöntemlerde kazı alanında ve kültürel nesnelere temas konusunda oluşabilecek olumsuzluklarda göz önüne alınırsa bu yöntem ile daha kısa sürede daha sağlıklı bir veriye ulaşım sağlanacaktır. Arkeolojik kazı alanlarında üst üste bulunan kültür katmanları sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Bir alt katmanda bulunan

verilere ulaşmak için üst katmanın kaldırılması bir zorunluluk olduğu için her ne kadar özen gösterilerek ve kayıtları yapılarak bu işlemler gerçekleştirilse de bir daha o katmanın ilk bulunduğu halinin üç boyutlu olarak görme imkânı olmamaktadır. Bu durumda ileriye yönelik olumsuz sonuçlar doğurma olasılığına da sahiptir. Yapacağımız çalışmada fotogrametrik modelleme yöntemi kullanılarak bu durumların bir nebzede olsa önüne geçilebilmesi ve kültür katmanlarının kaldırılmadan önce üç boyutlu bir modelinin oluşumu gerçekleştirilerek o katman hakkında daha fazla veri elde edildikten sonra kaldırılmasını sağlanmış olacaktır. Aynı husus *in situ* durumda olan ve kazı alanında bulunan kültürel ve bilimsel nitelik taşıyan nesneler içinde geçerlidir. Nesneler konusunda özellikle üç boyutlu modelleme işlemleri hakkında örneklendirme yapılarak bu kapsamda ne gibi faydalar sağlanır bu çalışmamız ile gösterilecektir.

Yapılan bu çalışma ile hedeflenen asıl amaç, Arkeolojik kazı alanlarında gerçekleştirilen haritalandırma ve teknik çizim çalışmalarında bu yöntemin daha verimli ve geniş çevrelerce kullanımını sağlayarak, kazı alanlarında yaşanan olumsuzlukların önüne geçmek ve bilimsel anlamda daha fazla doğru bilginin, en kısa sürede elde edilmesini sağlamaktır. Böylece zamandan ve maliyetlerden daha fazla kazınım elde edilerek, bilimsel verilere kolaylıkla ulaşım imkânı sağlanacaktır.

Daha sonra dijital veri oluşumunda kullanılan teknolojik yöntemlerin birbirleri arasındaki tutarlılıkları ve doğrulukları karşılaştırılarak olumlu ve olumsuz yönleri hakkında bilgiler verilecektir. Fotogrametri aslında matematiksel hesaplara dayan bir bilim olarak karşımıza çıksa da yapacağımız çalışmada, gelişen teknolojik imkânlar ile bu hesaplamamaların ve algoritmaların artık otomatik olarak gerçekleştirildiği yazlım programları üzerinden veri oluşumu gerçekleştirilecektir. Yine bu çalışmamız kapsamında eksik veya parçalar halinde ele geçirilen eserlerin üç boyutlu modeli oluşturularak bilimsel olarak bütüncül görünümlerinin ne şekilde olabileceği hakkında modellemeler eşliğinde veriler ortaya konulacaktır.

Yapacağımız bu çalışma ile fotogrametrik yöntemlerin, Arkeoloji gibi bilimsel kazı yapan bilim çevrelerince de kullanımının yaygınlaşması için gelişen teknolojik imkânların giderek daha kolaylık sağladığı ortaya konularak örneklerler eşliğinde tanıtılacaktır. Ayrıca oluşturulan veriler, bilimsel veriye kolaylıkla ulaşım imkânı sağlanabilecek şekilde gerek bilim çevrelerince gerekse müzelerin sanal internet

sitelerinden yayınlanması için birer veri niteliği de taşımaktadır. Yapmış olduğumuz bu çalışma, Fotogrametri biliminin sunduğu imkanların Arkeoloji ve Sanat Tarihi gibi tarihi birçok bilim dalının öğrenim sistemine entegre bir uygulama olarak girmesi açısından da büyük önem arz etmektedir.

II. YÖNTEM VE METOT

Bu tez çalışmasında ilk olarak kaynak ve literatür taraması yapılarak konumuzun temelinde yer alan Fotogrametri hakkında araştırmalarda bulunulmuştur. Bu kapsam da Yerel ve Ulusal Kütüphanelerin veri tabanlarında, bilimsel makalelerin bulunduğu kaynak ve internet veri tabanında yapılan kapsamlı araştırmalar sonucunda Türkçe ve yabancı dilde birçok kaynağa ulaşılmış ve konu ile ilgili geniş bir kaynakça oluşturulmuştur. Araştırma kapsamında ulaşılan kaynaklar detaylı olarak tasnif edilerek, Fotogrametrinin tarihinden başlayarak fotogrametrik yöntemler hakkında detaylı bir şekilde veriye ulaşılmış, böylece ulaşılan veriler doğrultusunda tez konumuzda kullanılabilecek hususlar belirlenmiştir.

Konumuz kapsamında Pulur Höyük kazıları hakkında araştırmalar yapılmış ve çalışma alanını sınırları belirlenmiştir.

Daha sonra kazı alanında yapılacak iş programı belirlenmiş ve bu kapsamda alanın fotogrametrik yöntemlerle dijital verilerinin oluşturulması için hangi malzemelerin kullanılacağı, ne şekilde ölçümler ve çekimler yapılacağı hakkında bir rota ortaya konulmuş. Belirlenen iş programı dâhilinde alanda insansız hava aracı ile uçuşlar ve kazı alanında fotoğraflama tekniklerine göre ölçekli çekimler gerçekleştirilmiş ve bu çekimler sonucu işin ofis çalışması kapsamında kullanılacak veri dosyaları oluşturulmuştur. Yine Pulur Höyük kazı alanından müze envanterine geçirilen örnek eserlerin fotogrametrik yöntemlerle üç boyutlu modellenmesi için Erzurum Arkeoloji Müze Müdürlüğü izni dâhilinde belirlenen bir eserde ölçekli fotoğraflama çalışmaları gerçekleştirilerek gerekli veriler elde edilmiştir.

Arazi çalışmaları sonrasında ofis aşamasında kullanılacak yazılım programları belirlenmiş ve bu programlar eşliğinde alanın dijital verileri oluşturulmuştur. Oluşturulan verilerin bilimsel anlamda hangi alanlarda ne şekilde değerlendirileceği detaylı olarak aşama aşama ortaya konulmuştur.

Yapmış olduğumuz tez çalışması bölümler halinde gerçekleştirilmiştir. Giriş, Birinci Bölüm, İkinci Bölüm, Üçüncü Bölüm, Dördüncü Bölüm ve Sonuç bölümlerinden oluşmaktadır.

Giriş bölümünde, yapılan tez çalışmasının amacı, kapsamı, önemi, kullanılan yöntemler ve daha önce konu ile ilgili yapılan yayınlar ve çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

Birinci bölümde ise konumuzun temelini oluşturan fotogrametrinin tarihsel süreci ve bilimsel olarak teknikleri hakkında detaylı bir şekilde bilgiler verilmiş, bu bağlamda ölçüm teknikleri, kullanım alanları, Arkeolojide kullanımı, fotoğraf çekim yöntemleri ve fotogrametrik verilerin oluşunda kullanılan malzeme ve yazılım programları hakkında detaylı olarak bahsedilmiştir.

Tezin ikinci bölümünde ise örnek çalışma alanımız olan Erzurum İli, Aziziye İlçesi, Ömertepe Mahallesi sınırları içinde bulunan Pulur Höyük hakkında bilgi verilmiştir. Bu alanın yüzeysel olarak coğrafi ve tarihi özelliklerine değinilerek Pulur Höyükte yapılan bilimsel kazılar hakkında bilgiler verilmiştir.

Üçüncü Bölümde ise, tez konumuzun ana unsurlarından biri olan Pulur Höyük Kazı alanının fotogrametrik yöntemler ile dijital verilerinin oluşum aşamaları detaylı bir şekilde aktarılmıştır. Bu bölümde çalışma planı hazırlama, kazı alanı çekimlerin yapılması, alanın ortofoto haritaların oluşturulması ve bu haritalar üzerinden çalışma alanının vaziyet, plan ve kesit teknik çizimlerinin gerçekleştirilmiş, ayrıca bu bölümde yersel fotogrametri ile kazı açmalarının ve kazıda çıkarılan örnek birkaç eserin üç boyutlu modelinin oluşturulması gerçekleştirilmiştir. Yine bu bölümde kazıda parça halinde bulunan bir nesnenin bütünlenmesi adına üç boyutlu dijital model oluşumu da gerçekleştirilerek konunun önemi vurgulanmıştır.

Dördüncü bölüm ise yapmış olduğumuz çalışmaların bu alanda yapılan diğer çalışma yöntemleri ile karşılaştırılması ve değerlendirilmesinin yapıldığı bölümdür. Bu bölümde çalışmamızda kullanılan yöntemlerin doğruluğu daha önce yapılan örnek çalışmalar ile birlikte değerlendirilerek kullanılabilirlik ve doğruluk hususlarında bilgiler verilmiştir.

Sonuç bölümünde ise yapmış olduğumuz tez konusu kapsamında fotogrametrik yöntemin Arkeoloji için önemi vurgulanarak, benzer şekilde bilimsel kazı yapan bilim

dalları açısından kullanım olanakları, sağlayacağı olumlu ve olumsuz özellikleri ve Pulur Höyük kapsamında yapılan fotogrametrik uygulamalardan elde edilen verilerin mahiyeti ortaya konulmuştur.

III. KONU İLE İLGİLİ YAPILAN KAYNAK VE ARAŞTIRMALAR

Yapmış olduğumuz tez çalışmamızın konusu olan Fotogrametri Bilimi ile ilgili uluslararası ve ülkemizde birçok yayın bulunmaktadır. Özellikle fotogrametri Harita Mühendisliği ve Geomatik Mühendisliği bölümlerinin temel felsefelerinden biri halinde geldiği için bu bölümler tarafından çok fazla yayına yer verilmiştir. Bu kapsamda ilk olarak faydalanılan kaynaklar; "kitaplar, makaleler ve tez çalışmaları" olmak üzere başlıklara ayrılarak verilecektir.

Kitaplar:

Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi tarafından yayınlanan, "Tarihi Anıtlarda Fotogrametri Uygulamaları" adlı kitapta[1]; fotogrametrik uygulamaların tarihsel süreç içinde gelişimi, mimarilerde fotogrametri uygulamaları, mimarilerdeki deformasyonların fotogrametri ile tespiti, şehirlerde gerçekleştirilen restorasyon uygulamalarının analizleri, tarihi anıtlarda fotogrametrik uygulama deneyimleri, koruma anlamında yapılan fotogrametrik çalışmalar, anıtların fotogrametrik arşivlemeleri, farklı kültür varlıklarında fotogrametrik uygulamaların yeterliliği, güncel fotogrametrik uygulamaların anıtlar üzerinde test edilerek yapılan deney çalışmaları ve antik mimaride fotogrametrik yöntemler hakkında bilgiler verilmektedir.

Amerikan Fotogrametri Derneği'nin 37. Yıllık Toplantı Bildirileri[2] yayınında ise mimaride fotogrametri ve haritacılık alanlarında birçok bildiri ve makalelere yer verilmiştir. Bu yayında; orman örtü alanlarının tespitleri, ortofoto sistemi hakkında bilgiler, fotogrametrik veriler ile tarımsal kaynakların tespiti, Jeoloji alanında fotogrametrik araştırmalar, yeni ölçüm sistemlerinin tanıtımı, stereo fotogrametrik verilerin analizleri, uzaktan algılama yöntemleri ile kentsel gelişimlerin tespit ve analizleri, su altı ve kızılötesi fotogrametrik uygulamalar, uzay ve yüksek irtifa

1 Saint, Mande, *Étude Sur La Photogrammétrıe Applıquée Aux Monuments Hıstorıques*, [Tarihi Anıtlarda Fotogrametri Uygulamaları], İnternational of Monument and Sites, Paris 1969.

2 Papers From the 37th Annual Meeting, [37. Yıllık Toplantı Bildirileri], American Society of Photogrammetry, Virginia 1971.

fotogrametrisi ve fotogrametrinin kullanım alanları hakkında toplamda 118 bildiri ve makale yayınlanmıştır.

Toni Schenk'in Dijital Fotogrametri[3] adlı eserinde geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilen fotogrametrik uygulamaların yerine, giderek daha çok ilgi duyulan dijital fotogrametri hakkında bilgiler verilmektedir. Kitap üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde genel dijital fotogrametrik ortam ortaya konularak, dijital görüntülerde çözünürlük, geometrik doğruluk, dijital fotogrametrinin diğer disiplinlerle olan ilişkileri, dijital görüntülerin işlenmesi, insanlarda görme sistemi, ışığın etkileri ve radyometrik özellikleri hakkında bilgiler verilmektedir. Kitabın ikinci bölümünde ise dijital görüntüleme sistemleri hakkında bilgiler verilerek, analog ve dijital kameraların tanıtımı ve farklılığı ortaya konulmaktadır. Üçüncü bölümde ise otomatik olarak gerçekleştirilen çalışmalar anlatılmış, koordinat sitemlerinin piksellerle olan dönüşümü, otonom iç mekân yönelimleri ve oluşturulan parametrelerin ne şekilde elde edildiği ve hangi verilere dönüşümünün sağlandığı bir ders kitabı mahiyetinde anlatılmıştır.

Wilfried Linder tarafından yazılan Dijital Fotogrametri[4] adlı kitapta, fotogrametrinin temel teorilerinin aksine ve matematiksel hesaplamaların yerine otomatik ekipmanlar ve değişen dijitalleşme çalışmaları anlatılmaktadır. Kitapta, fotogrametri eğitimine sahip olmayanların dahi yapabileceği yeni yöntemler hakkında bilgiler verilmektedir. Kitapta özellikle dijital fotoğraf üretimi ile ortofoto ve ortomozaik görüntü oluşum aşamaları anlatılmaktadır. Hava ve yer fotogrametrisinin daha düşük ve pahalı olmayan kameralar ve bilgisayarlar programları ile gerçekleştirilmesi işi, teorik formüllere çok girilmeden basit bir anlatımla sunulmuştur.

Paul R. Wolf'un Fotogrametri Unsurları[5] isimli kitabında, fotogrametrinin tarihi süreci hakkına bilgi verildikten sonra, fotoğraf ve fotoğrafçılık prensipleri hakkında detaylar, fotogrametrik ölçüm biçimleri ve optimizasyon ayarları, lens ve objektif bilgisi, hava kamera özellikleri ve kameralarda kalibrasyon ayarları, koordinat sistemleri, fotoğrafların ölçüm ve iyileştirme çalışmaları, stereoskopik görüntüleme yöntemleri,

3 Toni Schenk, *Digital Photogrammetry, [Dijital Fotogrametri]*, The Ohio State University, TerraScience, 1, Ohio, 1999.

4 Wilfried Linder, *Digital Photogrammetry A Pratical Course, [Dijital Fotogrametri Uygulamalı Bir Kurs]*, Springer Science and Business Media, Düsseldorf. 2006.

5 Paul R. Wolf, *Elements of Photogrammetry (With Air Photo Interpretation and Remote Sensing)*, [*Fotogrametri Unsuru (Hava Fotoğrafı Yorumlama ve Uzaktan Algılama)]*, McGraw-Hill, Inc., NewYork 1974.

hava fotoğraflarının oluşum aşamaları, ortofoto üretimi, uzaktan algılama teknolojisi ve koordinat dönüşümleri hakkında birlilerin verildiği bu kitap, fotogrametri alanının daha çok cebir, geometri ve trigonometrik hesaplamalarının sunulduğu, sayısal ağırlıklı olarak işin temeline yönelik bilgiler verildiği bir kaynaktır.

Amerikan Fotogrametri Derneği tarafından yayınlanan ve özellikle fotogrametri alanında herkes tarafından referans bir kaynak niteliği taşıyan Fotogrametrinin El Kitabı[6], iki cilt olarak basılmıştır. İkinci cildinde fotogrametrik teknolojinin gelişim gösterdiği 21. yüzyılın ikinci yarısında özellikle haritalama ve görüntüleme sistemleri üzerinden fotogrametrik harita üretim aşamaları ve bu haritaların üretiminde kullanılan cihazların özellikleri anlatılmaktadır. Bu kapsamda, baskı makinaları, mekanik ve optik çizim makinaları ile bu makinaların çalışma prensipleri, dönüşüm ve oluşum yöntemleri, yersel fotogrametri ölçüm araçları ve yöntemleri, uzay fotogrametrisi ve bu alanda yapılan örnek fotogrametrik uygulamalar hakkında bilgiler verilerek fotogrametri alanında kullanılan teknik terimlerin tanımları verilmektedir.

Kaliforniya Üniversitesi hocalarından Francis H. Moffitt tarafından ders kitabı olarak yayınlanan Fotogrametri kitabı[7], 1950'li yıllardan sonra fotogrametri alanında yaşanan gelişmeler ile birlikte konunun anlatıldığı bir kaynaktır. Kitapta, fotoğraflar üzerinden açısal ve doğrusal ölçümlerin yapılması, kameralar ve teknolojik bileşenleri hakkında bilgiler, hava fotogrametrisinin önemi ve fotoğraf geometrisi hakkında bütün ölçüm ve değerlendirme aşamaları, uçuş planlamaları, yer kontrol noktaları ile ilgili detaylar, harita oluşturma prensipleri ve bu alanda gerçekleştirilen hava ve yer fotoğraflarının, düzeltilme, açısal değerleme, yön bilgilerinin tespiti ile doğruluk analizleri verilmiş, fotogrametri ile ilgili birkaç yeni aletin tanıtımı gerçekleştirilmiştir.

Francis H. Moffitt, Edward M. Mikhail ile birlikte Fotogrametri[8] adında bir kitap daha çıkarmıştır. Bu kitapta fotogrametrinin temel prensiplerinin anlatıldığı, fotoğraf çekme, ölçümleme ve haritalara dönüştürme aşamalarının detaylı olarak örneklerle

6 America Society of Photogrammetry, *Manual of Photogrammetry*, [Fotogrametrinin El Kitabı], (Ed. Morris M. Thampson), II, (Thirt Edition), Wisconsin 1966.

7 Francis H. Moffitt, *Photogrammetry*, [Fotogrametri], (Ed. Russel C. Brinker), Univercity of Calofornia, Calofornia 1967.

8 Francis H. Moffit, Edvard M. Mikhail, *Photogrammetry*, [Fotogrametri], (Third Edition), Harper & Row, Publisher Inc., NewYork 1980.

anlatıldığı çalışmalar, gelişen teknolojik güncel yöntemler doğrultusunda yeniden derinlemesine ele alınarak sunulmuştur.

Yukarıda belirtmiş olduğumuz kaynaklar fotogrametri alanında yayınlanan önemli yayınlar arasında olup sadece fotogrametrinin temel felsefesini ortaya koyan ve teknolojik gelişimin son yirmi yılından önceki uygulamalara ait bilgiler vermektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte fotogrametrinin önemi giderek artmakta ve kolaylaşan imkânlar ölçeğinde birçok bilim çevresi tarafından kullanılmaktadır.

Tomas Luhman, Stuart Robson, Stephen Kyle, Jan Boehm tarafından çıkarılan, Yakın Mesafe Fotogrametrisi ve 3 D Görüntüleme[9] kitap, gelişen teknoloji ile fotogrametri alanından ne kadar ileri düzeyde fayda sağlanıldığını ortaya koymaktadır. Toplam sekiz bölümden oluşan kitapta; yakın mesafe fotogrametrisi hakkında genel bilgiler sonrası matematiksel temeller ve koordinat sistemleri, fotogrametrik görüntü elde etme yöntemleri, dijital görüntü işleme yöntemleri ve görüntü kalitesinin artırılması, elde edilen dijital veriler üzerinden üç boyutlu nesne oluşumu ile optimizasyon ayarları anlatılarak, mimarlıkta, kültürel mirasın korunmasında ve diğer kullanım alanları hakkında detaylı bilgiler sunmaktadır.

Fotogrametrik teknik bilgilerin, üç boyutlu modelleme üzerinde uygulanması konusu ile ilgili olarak; Raphele Heno ve Loure Chandeliler tarafından yayınlanan Binaların 3D Modellenmesi[10] kitabında özellikle anıtlar, Arkeolojik alanlar ve sanat eserleri gibi önemli alanların mevcut mimari durumlarının analizleri için lazergrametrik ve fotogrametrik yöntemler kullanılarak üç boyutlu veri tabanlarının oluşumu ve üç boyutlu geometrinin ortaya çıkarılması, aşamalar halinde anlatılmaktadır. Bu kapsamda uygulamada kullanılan gerek teçhizat gerekse yazılım programları konusunda bütün aşamalar detaylı bir şekilde ortaya konulmaktadır.

Karmaşık mimarilerin 3D Sanal Modellerinin Oluşturulması ve Görselleştirilmesi çalıştayında sunulan bildirilerin toplandığı ve F. Remondino vd. tarafından editörlüğünün

9 Thomas Luhmann, Sturat Robson, Stephen Kyle, Jan Boehm, *Close-Range Photogrammetry and 3D Imaging*, [Yakın Mesafe Fotogrametrisi ve 3D Görüntüleme], (Two Edition), Berlin/Boston, 2014.

10 Raphaelo Heno, Loure Chandelier, *3D Modeling of Buildings,* [Binaların 3D Modellenmesi], (Editor Anne, Ruas), ISTE Ltd., Londra 2014.

yapıldığı "Gerçeğe Dayalı Üç Boyutlu Ölçme ve Değerlendirmede Son Gelişmeler"[11] isimli bildiriler kitabında; üç boyutlu ölçüm ve modelleme çalışmalarının gelişen teknoloji ile birlikte yapılan çalışmalar anlatılmakta, fotogrametri ve lazer tarama alanındaki son gelişmeler, donanım ve yazılım gelişmeleri, 3d artırılmış gerçeklik ile fotogrametrik yöntemlerin kullanılarak Sualtı Arkeolojisinde üç boyutlu model oluşum aşamaları detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

Kültürel Mirasın belgelendirilmesi konusunda bilgiler sunan bir diğer kitap ise Anna Bentkowska Kafel ile Lindsay McDonald tarafından hazırlanmıştır. Kitapta[12] farklı alanlardaki kültürel miras öğelerinin optik teknikler ve yeni teknolojik imkânlar kullanılarak kayıtlarının yapılması anlatılmaktadır. Bu kapsamda antik vazolar, sikkeler, duvar freskleri, kale yapıları, ikonlara ve antik döneme ait ahşap bir gemi kalıntısı örnekleri üzerinden optik dijital kayıt yöntemleri kullanılarak teknolojik gelişim ile birlikte nelerin yapılabileceği ortaya konulmuştur.

Justin J.L. Kimball tarafından yayınlanan; 3D Tasvir: Saha Arkeolojisi için Çizim Metodolojisinin Gelişimi[13] isimli kitap, geleneksel Arkelolojik veri oluşumuna katkı sunmak adına, gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde daha çok uygulanmaya başlanılan fotogrametrik yöntemlerle üç boyutlu modelleme sisteminin Arkeolojide nasıl kullanılabileceği anlatılmaktadır. Bu kapsam da kazı alanlarında ve arkeolojik eserler üzerinde kullanılan donanım ve yazılım programları uygulamalı bir şekilde gösterilmektedir. Bu yeni sistemin arkeolojik saha çalışmalarında kullanılması konusunda önerilerde bulunarak yeni yöntemler hakkında detaylı bilgiler verilmektedir.

Kate Kelly ve Rachel K. L. Wood, tarafından derleme şeklinde çıkarılan; Eski Eserlerin Dijital Görüntülenmesi: Yöntem ve Amaçlardaki Gelişmeler[14] isimli kitap ise, dijital görüntüleme teknolojisinin gelişimi ile birlikte kültür karlıklarının çeşitli şekillerde

---

11 Fabio Romandino, Andreas Georgopoulos, Diego Gonzales-Aguilera, Panagiatis Agrafiotis, *Latest Developments in Reality Based 3D Surveying and Modelling,* [Gerçeğe Dayalı Üç Boyutlu Ölçme ve Değerlendirmede Son Gelişmeler], MDPI, Basel 2018.

12 Anna Bentkowska Kafel, Lindsay McDonald, *Digital Techniques for Documanting and Preserving Cultural Heritage,* [Kültürel Mirasın Belgelendirilmesi ve Korunması İçin Dijital Teknikler], Arc Humanties Press, Bradford 2017.

13 Justin J.L. Kimball, *3D Delination: A Modernisation of Drawing Methodology for Field Archaeology,* [3D Tasvir: Saha Arkeolojisi için Çizim Metodolojisinin Gelişimi], Archaeopress Publishing Ltd., Oxford 2016.

14 Kate Kelly, Rachel K. L. Wood, *Digital Imaging of Artefacts: Developments_in_Methds and Aims,* [Eski Eserlerin Dijital Görüntülenmesi: Yöntem ve Amaçlardaki Gelişmeler], Archheopress Publishing Ltd. Oxford 2018.

dijital görüntüleme yöntemleri kullanılarak, Arkeoloji, Sanat Tarihi, Konservasyon ve benzeri bilim çevreleri tarafından daha çok tercih edilir hale geldiği ortaya konulmaktadır. Bu kapsamda yeni görüntüleme teknikleri ve özellikle üç boyutlu görüntüleme tekniği hakkında örnek uygulamalar eşliğinde bilgiler verilmektedir.

Arkeoloji de üç boyutlu modellemenin önemini vurgulamak adına, özellikle de Sualtı Arkeolojisi alanında ortaya konulan bu çalışma önemli bilgiler sunmaktadır. 2016 yılında Avustralya Flinder Üniversitesi tarafından düzenlenen, Sualtı Arkeolojisi İçin 3 Boyutlu Modelleme ve Yorumlama Çalıştayında sunulan bildirilerin derlenerek sunulduğu kitapta[15], fotogrametrik modelleme yönteminin su altında uygulanırken dikkat edilecek hususlar (fotoğraf çekimi, kamera kalibrasyonu, ölçeklendirme, verilerin oluşum aşamaları ve yorumlanması) örnek uygulamalar ile ortaya konulmaktadır.

2d ve 3d modelleme ve gelişen teknoloji ile birlikte dijital veri arşivlerinin giderek yaygın hale gelmiştir. Bu kapsamda Marinos Ioannides ve Patros Patias tarafından yayınlanan, Kültürel Mirasta 3 Boyutlu Araştırma Zorlukları[16] isimli kitapta, kültürel miras alanında 3 boyutlu modellemede kullanılan teknolojik yenilikler, veri toplama, modelleme ve arşivleme konusunda karşılaşılan zorluklar hakkında bilgi verilerek, kaliteli veri oluşumu konusunda açıklamalara yer verilmiştir.

Arkeoloji de Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanımı ve bu alanda 3 boyutlu çalışmaların oluşturulması konusunda dijital bir ders kitabı niteliği taşıyan Arkeoloji de 3 Boyutlu CBS[17] isimli kitap, Nicolò Dell'Unto ve Giacomo Landeschi tarafından çıkarılmıştır. Kitapta, Arkeoloji de kullanılan ve gelişen CBS uygulamaları, bu sistemlerle oluşturulan 3 boyutlu bilgi üretimi, yerüstü ve yeraltı analizleri ve gelişen teknolojik yenilikler örnekler eşliğinde anlatılmaktadır.

Yapmış olduğumuz çalışmamızın da en önemli konuların başında gelen bir diğer husus ise fotoğrafçılıktır. Bu kapsamda Trenton Hamilton editörlüğünde çıkarılan

15 John K. McCarthy, Jonathan Benjamin, Trevor Winton, Wendy von Duvenvoorde, *3D Recording and Interpretation for Maritime Archaeology,* [Sualtı Arkeolojisi İçin 3 Boyutlu Kayıt ve Yorumlama], 3D Modelling and Interpretation for Undervater Archaeology Workshop, Flinder Univercity, doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-03635-5.

16 Marinos Ioannides, Petros Patias, *3D Research Chalanges in Cultural Heritage III*, [Kültürel Mirasta 3 Boyutlu Araştırma Zorlukları], Springer International Pulishing, A.G. 2023. doi: https://doi.org /101 007/978-3-031-35593-6.

17 Nicolò Dell'Unto, Giacomo Landeschi, *Archaeological 3d Gis, [Arkeoloji de 3 Boyutlu CBS],* Taylor&Francis Group, 2022. doi: 10.4324/9781003034131.

Fotoğrafçılık[18] kitabında detaylı olarak analog ve dijital fotoğrafçılık alanında teknik cihaz bilgilerinden çekim özelliklerine kadar bütün bileşenler ortaya konulmaktadır.

İnsansız hava araçları, fotogrametri alanında özelliklede hava fotogrametrisinde teknoloji ile birlikte büyük bir alanda gelişim göstermiştir. Bu alanda Costas Armenakis ve Patros Patias tarafından çıkarılan Geomatik İçin İnsansız Araç Sistemleri, Robotik Haritalamaya Doğru[19] isimli kitapta, küçük boyutlu insansız hava araçları ve bu araçlarda kullanılan sistemler hakkında bilgi verilmekte ayrıca robotik haritalama yeteneklerinin gelişimini sağlayan yeni yazılım ürünleri ile bu sistemlerle veri oluşumu hakkında ki gelişmeler ortaya konulmaktadır.

Çalışma alanımız olan Erzurum Pulur Höyük hakkında önemli kaynaklardan biri, Hamit Zübeyir Koşay ve Macar Arkeolog Hermann Vary tarafından başlatılan 1960 yılı Pulur Höyük Kazıları Çalışma Raporu'dur[20]. Raporda höyüğün bulunduğu alan ve mahiyeti hakkında detaylı bilgiler verilerek yapılan ilk kazı alanları, kazılarda ortaya çıkarılan eserler ile Kalkolitik döneme ait yaşam izleri detaylı olarak ortaya konulmaktadır.

2021 yılından itibaren devam etmekte olan ve 61 yıl aradan sonra Doç. Dr. Rabia Akarsu'nun kazı başkanlığında yeniden başlatılan Pulur Höyük kazıları hakkında güncel elde edilen sonuçlar 2022 ve 2023 yıllarında Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından düzenlenen Uluslararası Kazı, Araştırma ve Arkeometri sempozyumlarında değerlendirilmiş ve yayımlanmıştır[21].

18 Trenton Hamilton, *Photography: equipment, techniques, [Fotoğrafçılık],* Britannica Educational Publishing, NewYork 2017.

19 Costas Armenakis, Patros Patias, *Unmanned Vehicle Systems for Geomatics: Towards Robotic Mapping*, [Geomatik İçin İnsansız Araç Sistemleri: Robotik Haritalamaya Doğru], Whitles Publishing, Scotland 2019.

20 Hamit Zübeyir Koşay, Hermann Vary, *Pulur Kazısı 1960 Mevsimi Çalışmaları Raporu*, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara 1964.

21 Rabia Akarsu, Hüsnü, Genç, "Erzurum-Pulur Höyük 2021 yılı Kazı Çalışmaları", *42. Kazı Sonuçları Toplantısı*, 4, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayını, 2023, 447-458; Rabia, Akarsu, Hüsnü, Genç, "Erzurum-Pulur Höyük 2022 Yılı Kazı Çalışmaları" *43. Kazı Sonuçları Toplantısı* 2, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayını, 2024, 429-446.

Makale:

Çalışma alanımız olan Pulur Höyük ile ilgili olarak Doç Dr. Rabia Akarsu tarafından yayımlanan; "Pulur Höyük (Erzurum) 2021 ve 2022 Kazılarında Tespit Edilen Karaz Kültürüne Ait Zoomorfik Taşınabilir Kutsal Ocaklar" isimli makalede[22], 2021-2022 yılları arasında yapılan kazı çalışmalarında ortaya çıkarılan kutsal ocak parçaları üzerinden bölgedeki Karaz Kültürü ile ilgili bilgiler verilerek, taşınabilir ocaklar hakkında değerlendirmelere yer verilmiştir.

İbrahim Aydın vd. tarafından yayımlanan; "Tarihi Kızılkoyun Nekropol Alanında M.54 No.lu Kaya Mezarının Fotogrametri ile 3B Modellenmesi" isimli makalede[23] fotogrametrik modelleme yöntemleri kullanılarak nekropol alanının CAD çizimleri ile model oluşumu ortaya konulmaktadır.

Nihat Ersoy ve İbrahim Çetin tarafından yayımlanan; "Tarihi Yapılarda Dron Kullanarak Fotogrametrik 3B Nokta Bulutu Üretimi ile Rölöve Yapımı" isimli makalede[24], drone ile çekilen fotoğraflar üzerinden bilgisayar yazılımları kullanarak tarihi bir binanın rölöve çizimi gerçekleştirilmiş, kullanılan yöntemin sağladığı avantajlar ortaya konulmuştur.

Şükran Tosun Çolak ve Avşar Timuçin Çolak tarafından yayımlanan; "Aksaray Müzesinde Bulunan Asklepios ve Kartal Heykelinin 3B Modellenmesi" isimli makalede[25] ise müzede bulunan iki eserin nokta bulutu ve 3 boyutlu model oluşumu aşamalar halinde fotogrametrik modelleme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Mustafa Emre Döş ve M. Yasin Yiğit tarafından yayımlanan, "Küçük Ölçekli Tarihi Eserlerin Fotogrametri Yöntemi ile 3B Modellenmesi ve WEB Tabanlı Görselleştirilmesi" isimli makalede[26]; Arkeolojik kazı alanlarında karşımıza çıkabilecek

22 Rabia Akarsu; "Pulur Höyük (Erzurum) 2021 ve 2022 Kazılarında Tespit Edilen Karaz Kültürüne Ait Zoomorfik Taşınabilir Kutsal Ocaklar", *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12, (4), 2023, 1511-1535.

23 İbrahim Aydın, Cömert Oso, Mehmet Yaşar, Nizar Polat; "Tarihi Kızılkoyun Nekropol Alanında M.54 No.lu Kaya Mezarının Fotogrametri ile 3B Modellenmesi", *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5, (1), 2023, 36-42.

24 Nihat Ersoy, İbrahim Çetin, "Tarihi Yapılarda Dron Kullanarak Fotogrametrik 3B Nokta Bulutu Üretimi ile Rölöve Yapımı", *Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Dergisi*, 4, (2), 2023, 29-39.

25 Şükran Tosun Çolak, Avşar Timuçin Çolak; "Aksaray Müzesinde Bulunan Asklepios ve Kartal Heykelinin 3B Modellenmesi", *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5, (1), 2023, 1-6.

26 Mustafa Emre Döş, M. Yasin Yiğit; "Küçük Ölçekli Tarihi Eserlerin Fotogrametri Yöntemi ile 3B Modellenmesi ve WEB Tabanlı Görselleştirilmesi", *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5, (1), 2023, 20-28.

küçük ölçekli eserlerin 3B modellerinin oluşturularak Web tabanlı sanal ortamlarda kullanımına olanak tanınması ortaya konulmuştur.

Tez:

Elif S. Kork tarafından yapılan, "Arkeolojik Araştırmalarda Kültürel Mirasın Belgelenmesi ve İzlenmesi Sürecinde Fotogrametri'nin Uygulama Alanları" isimli yüksek lisans tez çalışmasında[27]; Fotogrametri hakkında detaylı bilgi verilerek, Arkeoloji de fotogrametri biliminden ne şekilde fayda sağlanabileceği, arkeolojik eserler (seramikler, heykeller, mimari ve topoğrafik) unsurlar üzerinden örnekler eşliğinde fotogrametrik yöntemlerle belgeleme süreci ortaya konulmaktadır.

Betül Gürel tarafından yapılan, "Phaselis Kuzeybatı Nekropolis: Tipoloji Belgeleme ve Arşivleme" isimli yüksek lisans tez çalışmasında[28]; nekropol alanı hakkında detaylı bilgiler verilerek, Arkeoloji de üç boyutlu görüntüleme ve belgeleme teknolojileri ve arşivleme hususlarında açıklamalarda bulunulmuştur.

Emre Şenkal tarafından yapılan, "İnsansız Hava Aracı ile Elde Edilen Görüntülerden Üretilen Ortofoto ve Sayısal Yüzey Modellerinin Doğruluğunun Araştırılması" konulu yüksek lisans tez çalışmasında[29]; gelişen teknoloji ile birlikte insansız hava araçları kullanılarak elde edilen sayısal yüzey modelleri ile geleneksel yöntemler kullanılarak elde edilen verilerin karşılaştırması yapılarak doğruluk oranları hakkında karşılaştırma ve değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Hilal Kıvanç tarafından yapılan, "Kültürel Miras Belgeleme Çalışmalarında Fotogrametrik Yöntem ile Yersel Lazer Tarama Yönteminin Karşılaştırılması" konulu yüksek lisans tez çalışmasında[30]; Fotogrametrik yöntemler ve lazer tarama yöntemleri hakkında detaylı bilgiler verilerek iki yöntem ile üretilen verilerin karşılaştırması

27 Elif S. Kork, *Arkeolojik Araştırmalarda Kültürel Mirasın Belgelenmesi ve İzlenmesi Sürecinde Fotogrametri'nin Uygulama Alanları*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Muğla, 2006.

28 Betül Gürel, *Phaselis Kuzeybatı Nekropolis: Tipoloji Belgeleme ve Arşivleme*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi Akdeniz Uygarlıkları Araştırma Enstitüsü Antalya 2016.

29 Emre Şenkal, *İnsansız Hava Aracı ile Elde Edilen Görüntülerden Üretilen Ortofoto ve Sayısal Yüzey Modellerinin Doğruluğunun Araştırılması,* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Eskişehir 2018.

30 Hilal Kıvanç, *Kültürel Miras Belgeleme Çalışmalarında Fotogrametrik Yöntem ile Yersel Lazer Tarama Yönteminin Karşılaştırılması*, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya 2019.

yapılarak her iki yöntem için kullanım alanları, verimliliği ortaya konulmuş, ayrıca veri oluşumunda kullanılan donanım ve yazılımlar hakkında bilgiler verilmektedir.

Fenise Uslu Koçyiğit tarafından yapılan, "Arkeolojik Alanlarda İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İçin Veri Tabanı Oluşturma: Anemurium Antik Kent Örneği" konulu yüksek lisans tez çalışmasında[31]; İHA'larla uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak arkeolojik alanların sayısal yükseklik verileri, ortofoto üretimi ve 3B modellerinin oluşumu örneklerler eşliğinde anlatılarak Anemurium Antik Kenti özelinde detaylı olarak veri oluşum aşamaları ortaya konulmuştur.

31 Fenise Uslu Koçyiğit, *Arkeolojik Alanlarda İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İçin Veri Tabanı Oluşturma: Anemurium Antik Kent Örneği*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Konya 2020.

BİRİNCİ BÖLÜM

FOTOGRAMETRİ

1.1. FOTOGRAMETRİ

Fotogrametri terimi, köken olarak Yunanca' ya dayanmaktadır. Yunanca üç kelimenin birleşmesinden "φωτογραμμετρία- fotogrammetría" türetilmiştir; foto ışık anlamına gelir, gramma, çizilmiş bir şey anlamına, metron ise ölçüm anlamına gelmektedir[32]. Basit olarak nesnelerden yayılan ışığın, analog veya dijital fotoğraflar üzerinde ölçülmesi işlemi anlamına gelmektedir[33]. Fotogrametri, daha geniş kapsamda ise; fotografik görüntülerin ve kayıtlı radyant elektromanyetik enerji modellerinin kaydedilmesi, ölçülmesi ve yorumlanması süreçlerinden oluşan fiziksel nesneler ve çevre hakkında güvenilir bilgi elde etme sanatı, bilimi ve teknolojisi olarak tanımlanmaktadır[34]. Adından da anlaşılacağı gibi bu bilim, fotoğrafların analiz edilmesi ile başlamıştır. Fotoğraflar bu bilim dalının temel bilgi kaynağını oluşturmaktadır.

Fotogrametri de niceliksel ve niteliksel unsurlar olarak iki kategori bulunmaktadır. Bu kategorilerden ilki, niceliksel anlamda ölçümlerin yapıldığı, konum ve koordinat bilgisine, yükseklik, uzaklık gibi mesafe ölçülümü yapılabilen alanlarının tespiti ile nesne hacimlerinin hesaplanabilmesine olanak sağlayan topoğrafik haritaların çizilebildiği klasik metrik fotogrametri kategorisidir. Diğer kategori ise fotoğraflar üzerinden değerlendirme imkânı sunan verilere ulaşılmasıdır. Örnek olarak su kirliliğini tespiti, toprakların sınıflandırılması, jeolojik oluşumların nitelendirilmesi, tarım ürünlerinin anlık tespiti veya askeri istihbarat amacıyla kullanılan daha çok değerlendirme ve yoruma dayalı unsurlardan oluşan yorumlayıcı fotogrametridir[35]. Metrik fotogrametri özellikle,

---

[32] Francis H. Moffit, Edvard M. Mikhail, *Photogrammetry, [Fotogrametri]*, (Third Edition), Harper & Row, Publisher Inc., NewYork 1980, 1; Toni Schenk, *Digital Photogrammetry*, [Dijital Fotogrametri], The Ohio State University, TerraScience, 1, Ohio, 1999, 1; J. Chris McGlone, Edward M. Mikhail, James Bethel, *Manual Of Photogrammetry, [Fotogrametrinin El Kitabı]*, (Fifth Edition), American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Maryland 2004, 1.

[33] Paul R. Wolf, *Elements of Photogrammetry (Wıth Air Photo Interpretatıon and Remote Sensing), [Fotogrametri Unsuru (Hava Fotoğrafı Yorumlama ve Uzaktan Algılama)]*, McGraw-Hill, Inc., NewYork 1974, 1.

[34] Poul R. Wolf, 2.

[35] Francis H., Moffit, Edward M. Mikhail, 1980, 1; Poul R. Wolf, 2.

öncelikle fotoğraflardan planimetrik[36] ve topoğrafik haritaların hazırlanmasında uygulanır. Bu alanda fotoğraflar çoğunlukla havadan çekilmiştir. Fakat karasal fotoğraflarında kullanımı söz konusudur. Yorumlayıcı fotogrametri ise fotoğrafik yorumlama ve uzaktan algılamanın dallarını içermektedir. Fotoğrafik yorumlama, nesneleri tanımlamak ve önemlerini yargılamak amacıyla fotoğrafik görüntülerin sistematik çalışmasını içermektedir. Uzaktan algılama ise yorumlayıcı fotogrametrinin günümüzde oldukça sık kullanılan bir dalıdır ve tıpkı fotoğrafik yorumlama gibi, nesnelerin fiziksel temas olmadan tanımlanmasını sağlamaktadır. Bu teknikte fotoğrafik yorumlamanın aksine, özel fonksiyonlu kameralar, kızılötesi sensörler, termal tarayıcılar ve radar cihazları, koordinat belirlemek için uydu ve GPS sistemleri gibi çok çeşitli uzaktan algılama araçlarından toplanan verileri kullanılmaktadır. Böylece nesneler hakkında niteliksel olduğu kadar niceliksel doğru bilgilerde ortaya konulmaktadır[37].

Fotogrametri bilimi, topoğrafik haritalama, mimari, maden, endüstri, tıp, inşaat, arkeoloji ve jeoloji gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Bu bilim dalı özellikle gelişen teknoloji ile birlikte geleneksel yöntemlerden dijitalleşmeye geçilmesiyle oldukça gelişim göstermiş, süreç, doğruluk ve maliyet konusunda büyük bir ilerleme ortaya koymuştur. Fotogrametri ile elde edilen ölçümler ve bu ölçümlere ait verilerin çizilmesi ve oluşturulması bilgisayar ortamında kolaylıkla gerçekleştirilebilir hale gelmiştir. Fotogrametri de kullanılan geleneksel uygulamalar yerine artık gelişen teknoloji ile birlikte, optik ve mekanik teknikler ile matematiksel algoritmalar bilgisayar destekli programlar tarafından hassas ölçeklerde daha çabuk süreçlerde elde edilmektedir[38]. Böylece sayısal belgeleme ve arşivleme imkânları da sağlanmıştır. Ayrıca fotogrametri ile özellikle mevcutta bulunan cisimlerin üç boyutlu modellemelerinin sanal ortamda oluşturulması, birçok bilim dalı tarafından kullanım olanağını da artırmıştır.

Fotogrametri terimi, 19. yüzyılın sonlarında kullanılmaya başlanmış ve 1934'te Amerikan Fotogrametri Derneği'nin kurulmasıyla Amerika Birleşik Devletleri'nde genel kullanıma girmiştir [39].

---

[36] Planimetrik: Yatay düzlem içindeki konumları, yalnızca x, y değerleri ile iki boyutta tanımlı olan. T.C. Millî Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü Resmî Web Sitesi Harita Terimler Sözlüğü, https://www.harita.gov.tr/terimler-sozlugu/post.

[37] Poul R. Wolf, 2.

[38] Schenk Toni F., 2.

[39] Edward M. Mikhail, James Bethel, 2.

1.1.1. Fotogrametrinin Tarihi

Günümüz fotogrametri bilimine yol açan gelişmeler, aslında fotoğrafın icadından da öncesine dayanmaktadır. M.Ö. 350 gibi erken bir tarihte Aristoteles görüntülerin optik olarak yansıtılması sürecinden bahsetmiştir [40]. 18. yüzyılın başlarında ise İngiliz bir matematikçi olan Dr. Brook Taylor, doğrusal perspektif üzerine incelemeler yapmış ve perspektif ilkelerini kullanarak mimari yapı unsurlarının çizimlerini gerçekleştirmiş[41] ve haritaların hazırlanmasında kullanılabileceğini belirtmiştir[42].

Fotogrametrinin başlangıç sürecine en büyük etki ise fotoğrafın bulunmasıyla gerçekleşmiştir. 1839'da Fransız Louis Jacques Mandé tarafından fotoğraflama sürecini bulunduğu kabul edilmektedir. Bu aslında günümüzde kullanılan fotoğrafik süreçtir[43].

Daha sonra 1850'lerin ortalarında Amerikalı Hamilton L. Smith tarafından başlatılan fotoğrafik görüntüleme süreci stereoskopik fotoğraflama[44] ile devam etmiş ve stereoskopik fotoğrafçılık oldukça popüler hale gelmiştir. İskoçyalı fizikçi James Clerk Maxwell tarafından 1859'da renkli fotoğrafçılığın temeli atılmıştır. 1871 yılında amatör İngiliz fotoğrafçı R L Maddox'un, ile başlayan süreçte kameralar taşınabilir nitelik kazanmış, 1880'lerde ise Amerikalı George Eastman esnek rulo filmi ilk Kodak fotoğraf makinesini piyasaya sürmüş ve kitlesel pazar fotoğrafçılığı dönemi başlamıştır. 1907'de iki Fransız, Auguste ve Louis Lumière Kardeşler, renkli fotoğraf çalışmaları ile devam eden süreç özellikle 1930'dan sonra, büyük bir gelişim göstermiş ve renkli negatif filmlerin gelişmesini sağlamıştır[45]. 2000'li yıllara doğru fotoğraf teknolojisi bilgisayar

---

[40] Aristo, duyuların güvenilir olduğunu fakat kolayca aldandıklarını belirtmektedir. Aristo, şelale yanılsamasına göre; "Bir şelaleye gözünüzü oynatmadan bakarsanız, bir süre sonra çevrenizdeki nesnelerin yukarı doğru kayar gibi göründüğüne tanık olursunuz." ifadeleri ile gözdeki optik yanılsamayı ileri sürmüştür. İlhami, Buğdaycı; "Optik Yanılsama" *Bilim ve Teknik Dergisi*, TUBİTAK, 488, Ankara 2008, 110.

[41] John Joshua, *The Practıce Of Perspective: Being The Second Book of Dr. Brooke Taylor's Method Of Perspective Made Easy [Perspektif Uygulaması: Dr. Brooke Taylor'un İkinci Kitabı Perspektif Yöntemi Artık Daha Kolay]*, Second Book, Londra 1765, 63-65.

[42] Paul R. Wolf, 3.

[43] D. R. Crone, *Elementary Photogrammetry, [Temel Fotogrametri]*, Frederick Ungar Publishing Co., 1968, NewYork 161; Trenton Hamilton, *Photography: Equipment, Techniques, [Fotoğrafçılık: Donanım, Teknikler]*, Britannica Educational Publishing, NewYork 2017, 10; Paul R. Wolf, 1974, 3.

[44] Stereoskopi: Düz bir yüzeyde derinlik kazandırma ve 3 boyutlu etki oluşturma anlamına gelmektedir. Evren, Sertalp; "Stereoscopic Fotoğrafın Üretim Süreci ve Günümüzdeki Uygulamasına Bir Örnek: "Ayağıma Gelen Tarih" Projesi", *Hacettepe Üniversitesi İletişim Fakültesi Kültürel Çalışmalar Moment Dergisi*, 3, (1), Ankara 2016, 248-264. Doi:10.17572/mj2016.1.248264.

[45] Trenton Hamilton, 15-19.

teknolojisi ile birlikte gelişerek dijital fotoğrafçılığın hızlı yükselişe dönem başlamış ve bu alanda büyük bir ilerleme ortaya konulmuştur.

Fotoğrafın gelişimi ile birlikte fotogrametrik uygulamalarda çeşitli bilim alanları tarafından kullanım olanağı bulmuştur. 1839 tarihinde Fransız Bilimler Akademisi'nde Jeodezist François Arago topoğrafik araştırmalarda fotoğrafların kullanarak yüzey görüntülerini fotoğraflamıştır[46].

Topografik haritalama için fotogrametri kullanımına ilişkin ilk gerçek denemeler, 1849'da Fransız Ordusu Mühendisler Birliği'nden Aimé Laussedat (1819-1907) yönetimi altında gerçekleştirmiştir. 1859-1861 gibi erken bir tarihte, metrofotografi adını verdiği ve halihazırda yapılar ile dağlık manzaraların elle çizilmiş perspektif görünümleriyle uyguladığı tekniğe dayanarak, topografik araştırmalar için fotoğrafik görüntüleri kullanan ilk kişidir[47]. Bu konudaki öncü çalışmaları ve üstün başarılarından dolayı *"Fotogrametrinin Babası"* unvanını kazanmıştır[48].

1858 yılında Alman Mimar Albrecht Meydenbauer, Frankfurt'un 50 km kuzeyinde yer alan Wetzlar Katedrali'nin planlarını çizmek için fotoğrafları kullanmış[49] ve fotogrametri terimini ilk kez 1867'de Berlin Mimarlar Birliği konferansında kullanmış ve İnşaat Dergisi'nde yayınlamıştır[50].

İlk dönemlerde genellikle topoğrafik haritalama üzerine fotogrametri kullanılmıştır, 1886'da Kanada Genel Haritacısı Kaptan Deville tarafından Kuzey Amerika'da batı Kanada'nın dağlarının haritasını çıkarmak için kullanışmış, 1894 yılında Kanada ile Alaska Bölgesi arasındaki sınır boyunca haritalaması fotogrametri ile gerçekleştirilmiştir[51].

---

46 Dieter Fritsch, "The Photogrammetric Week Series – A Centennial Success Story" [Fotogrametrik Hafta Serisi – Asırlık Bir Başarı Hikayesi], *Photogrammetric Week '05*, Herbert Wichmann Verlag, 2005, 4; Trenton Hamilton, 20.

47 Bertil Hallert, *Photogrammetry: Basic Principles and General Survey, [Fotogrametri: Temel Prensipler ve Genel Bakış]*, McGraw-Hill Book Company, Inc. 1960, 1; Saint Mande, *Étude Sur La Photogrammétrıe Applıquée Aux Monuments Hıstorıques, [Tarihi Anıtlarda Fotogrametri Uygulamaları]*, İnternational of Monument and Sites, Paris, 1969, 2. (Fransızca).

48 Laurent Polidori, "On Laussedat's Contribution to the Emergence of Photogrammetry" [Laussedat'ın Fotogrametrinin Ortaya Çıkmasına Katkısı Üzerine], The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLIII (B2), 2020, 893. Doi:10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-893-202; Paul, R. Wolf, 2.

49 Thomas Luhmann, Sturat Robson, Stephen Kyle, Jan Boehm, *Close-Range Photogrammetry and 3D Imaging, [Yakın Mesafe Fotogrametrisi ve 3D Görüntüleme]*, (Two Edition), Berlin/Boston, 2014, 17.

50 D. R. Crone, 161; Saint Mande, 3-4; Thomas Luhmann, vd., 17-18.

51 Bertil Hallert, 224; Paul R. Wolf, 3.

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte fotogrametrik uygulamalarında kullanım ortamları ve gelişimi paralel olarak devam etmiştir. 1909'da Almanya'dan Dr. Carl Pulfrich'un stereo çift fotoğrafla yapmış olduğu çalışmaları, günümüzde kullanılan birçok haritalama tekniğinin geliştirilmesinin temelini oluşturmuştur[52].

Fotogrametrik çalışmalar havadan görüntüleme problemlerinden dolayı ilk dönemlerde daha çok yersel fotoğrafçılık alanında gelişme göstermiştir. Havadan fotoğraf çekme çalışmaları ise ilk olarak Fransız Albay Aimé Laussedat, tarafından uçurtma ve balonla yapılmaya denenmiş fakat bir türlü istediği verimde görüntüler elde edememiştir. İlk hava fotoğrafı (Nadar) lakabını kullanan Gaspard Félix Tournachon tarafından Paris'te 1858 yılında balon kullanılarak çekilmiştir[53]. Modern anlamda uçağın icadına kadar geçen süre zarfında genellikle hava fotoğrafları balonlar ve uçurtmalar ile gerçekleştirilmiş ve bu doğrultuda bir gelişim göstermiştir. 1902 yılında Wright Kardeşler tarafından uçağın icadı[54], modern hava fotogrametrisinin ortaya çıkışına büyük bir katkıda bulunmuştur. Uçak ilk kez 1913 yılında haritalama amacıyla fotoğraf elde etmek için kullanılmış[55] ve bu tarihten itibaren daha çok askeri anlamda stratejik bölgelerin keşfi, istihbarat çalışmaları yürütmek ve topoğrafik haritalar üretmek için Birinci Dünya Savaşı (1914-1918), İkinci Dünya Savaşı (1939-1945) ve Soğuk Savaş döneminde (1947-1991) hava fotoğraflarının kullanımı teknoloji ile paralel bir şekilde artarak devam etmiş ve fotogrametri alanında gelişim göstermiştir[56].

19. yüzyılın ikinci yarısında, başta Almanya ve birçok Avrupa ülkesi olmak üzere Amerika ve Kanada da özellikle topoğrafik haritaların çizilmesi için stereo görüntüleme araçlarının geliştirilmesine büyük önem verilmiş ve fotogrametrik otom çizim cihazları üretilmiştir[57]. Bu dönemden sonra fotogrametri daha çok sayısal hesaplama yöntemlerinden çok farklı olarak analog hesaplama çağına girmiştir. Bu daha hızlı sonuçlar elde edilmesini sağladığı için 20. yüzyılın büyük bir bölümünde çok başarılı

---

52 Dieter Fritsch; "The Photogrammetric Week Series A Centennial Success Story" [Fotogrametrik Hafta Serisi Asırlık Bir Başarı Hikayesi:] *Photogrammetric Week 05*, Wichmann Verlag, Heidelberg, 2005, 1-12; Paul R. Wolf, 3.

53 James S. Aber, Irene Marzolff, Johannes B. Ries, Susan E. W. Aber, *Small Format Aerial Photography And Uas Imagery: Principles, Techniques, and Geoscience Applications [Hava fotoğrafçılığı ve İHA Görüntüleme İlkeleri Küçük Format]*, (Second Edition), ELSEWİER, Amsterdam, 2019, 3.

54 John D., Anderson, *Introduction Toflight [Uçuşa Giriş]*, McGraw-Hill Series in Aeronautical and Aerospace Engineering (3d edition), NewYork 1989, 29.

55 Paul R. Wolf, 3.

56 D. R. Crone, 166; Bertil Hallert, 103; James S., vd., 6.

57 Thomas Luhmann, vd., 19.

sonuçlar elde edilmiş, fotogrametri etkileyici bir gelişmeye olanak tanımıştır. Bu dönemde başlangıçta, önemli bir mekanik çaba gerektirmeden düz bir görüntü yüzeyi sağlamak amacıyla metrik kameralar kullanılmıştır. 1950'li yıllardan sonra ise bilgisayarların kullanımı ile birlikte fotogrametri, analitik veya sayısal bir yaklaşıma kaydırmıştır. Birçok haritalama firması bu iki yöntemi geliştirmek için çalışmalar yürütmüş ve bu dönemde üçgen modelleme ile birlikte ticari olarak büyük bir sektöre dönüşmüştür. 1980'lerden sonra ise gelişmiş bilgisayar teknolojisi, özellikle görüntü özelliklerinin otomatik olarak tanınması ve ölçülmesi için dijital fotoğrafların kullanılmasına başlanılmış ve böylece dijital fotogrametri dönemi başlamıştır. 1990'lı yıllardan sonra yüksek çözünürlüklü dijital görüntü sağlayabilen kameraların gelişmesi ile birlikte fotogrametri alanında önemli ölçüde gelişim sağlanmıştır[58]. Fotogrametri özellikle son 20 yıl içinde gelişen teknoloji ile birlikte o kadar verimli ve kullanışlı bir hale getirmiştir ki geleneksel topoğrafik haritalama fotogrametrinin ana kullanımını oluştursa da birçok alanda kullanım olanağı bulmuştur[59].

Ülkemizde fotogrametri çalışmalarına ise ilk olarak Harita Genel Müdürlüğü tarafından 1925 yılında Alman Zeiss Firması'ndan bir takım kamera sistemlerine ait makinaların alımı gerçekleşmiş, böylece 1926 yılında fotogrametrik haritalama çalışmalarına başlanılmıştır. Özellikle bu dönemde komşu ülkelerle olan sınırlarımızın belirlenmesi konusunda çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalara müteakip 1927 yılında Avrupa'da ki bu alanda yapılan gelişmeleri incelemek üzere Almanya ve Fransa ya askeri öğrenciler gönderilmiş ve yeni teçhizatların alınması sağlanmıştır. Daha çok askeri alanda başlayan bu çalışmalar, kara ve deniz kuvvetlerinde yersel fotogrametrik haritalama projeleri ile devam etmiştir. Gelişen teknolojik imkânlar ve yeni yöntemlerin kullanımı ile daha çok askeri ve büyük ölçekli şehir haritalama çalışmalarında fotogrametrik yöntemlerin kullanımı devam etmiştir. 1935'li yıllarda ise jeodezik çalışmalarda, 1942 ve 1988 yılları arasında ise astronomik çalışmalarda fotogrametrik uygulamalar kullanılmaya başlanılmıştır. 1970'li yıllardan sonra ise bilgisayarlı sistemlerin kullanımı

[58] Thomas Luhmann, vd., 22-25.
[59] Paul R. Wolf, 1974, 4.

ile gerek yersel gerekse hava fotogrametrisi alanında fotogrametrik haritalama yöntemleri bütün şehirlerimizin harita paftalarının, çeşitli ölçeklerde üretilmesinde kullanılmıştır[60].

Gelişen insansız hava araçları ile birlikte gerek ülkemizde gerekse dünyada birçok alanda farklı kullanım olanakları oluşturan bu teknolojik yenilik, fotogrametri alanında büyük kolaylıklar ve imkânlar sunmuştur.

Bilim, teknoloji ile birleşince gelişim süreci de ihtiyaçlara göre şekil almaktadır. İha teknolojisi, kamera teknolojisi ve uydu sistemlerine bağlı olarak gelişen gps sistemlerinin de bu sistemlere dahil olmasıyla birlikte uzaktan algılama yöntemleri ile fotogrametrik çalışmalarda büyük oranda gelişim sağlanmıştır. Bu gelişim, bilgisayar yazılımları ile birlikte maliyeti düşük, daha doğrulanabilir ve daha kısa sürelerde kolay elde edilebilir veri oluşumuna olanak tanımıştır. İHA teknolojisi aslında bu alandaki diğer gelişmelerde olduğu gibi ilk dönemlerinde askeri amaçla üretilmiştir. Kaynaklarda bilinen ilk insansız hava aracı 1849 yılında Avusturya Venedik arasındaki savaşta kullanılmıştır. Bu savaşta zamanlama fitili bulunan bombalar yerleştirilen balonlar kullanılmış fakat bunlarda bir kontrol sistemi bulunmadığı için rüzgârın yönlendirmesine göre hareket etmişlerdir[61]. Daha sonra 1916'da ABD Donanması'nda görevli Elmer Ambrose Sperry tarafından pilotsuz bir bombardıman uçağı çalışmaları başlatılmış, 1920 yılında ise Lawrence Sperry[62] tarafından radyo dalgaları ile kontrol edilen ilk uçuş gerçekleştirilmiştir[63]. İkinci Dünya Savaşı'nda (1939-1945) Almanlar tarafından İngiltere'ye yapmış olduğu hava saldırılarında pilotsuz uçaklar kullanmıştır[64]. 1990'larda NASA'nın uzun menzilli Çevresel Araştırma Uçağı ve Sensör Teknolojisi (ERAST) programı ile gerçek anlamda İHA kullanımı başlatılmıştır. Bu tarihten itibaren özellikle savunma sanayinde kullanımı artarak gelişim göstermiştir[65]. 2000'li yıllardan itibaren ise amatör kullanım amaçlı kullanım için kamera ve GPS sistemli insansız hava araçlarının

---

60 Mustafa Ata, *Türkiye'de Ulusal Haritacılığın Kurumsallaşma Süreci*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Türk İnkılap Tarihi Enstitüsü, Ankara 2007, 29-90.

61 Muzaffer Kahveci, Nazlı Can, "İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, Tanımı, Dünyada ve Türkiye'deki Yasal Durumu*", Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4), 512.

62 Elmer Ambrose Spreyy'in oğlu.

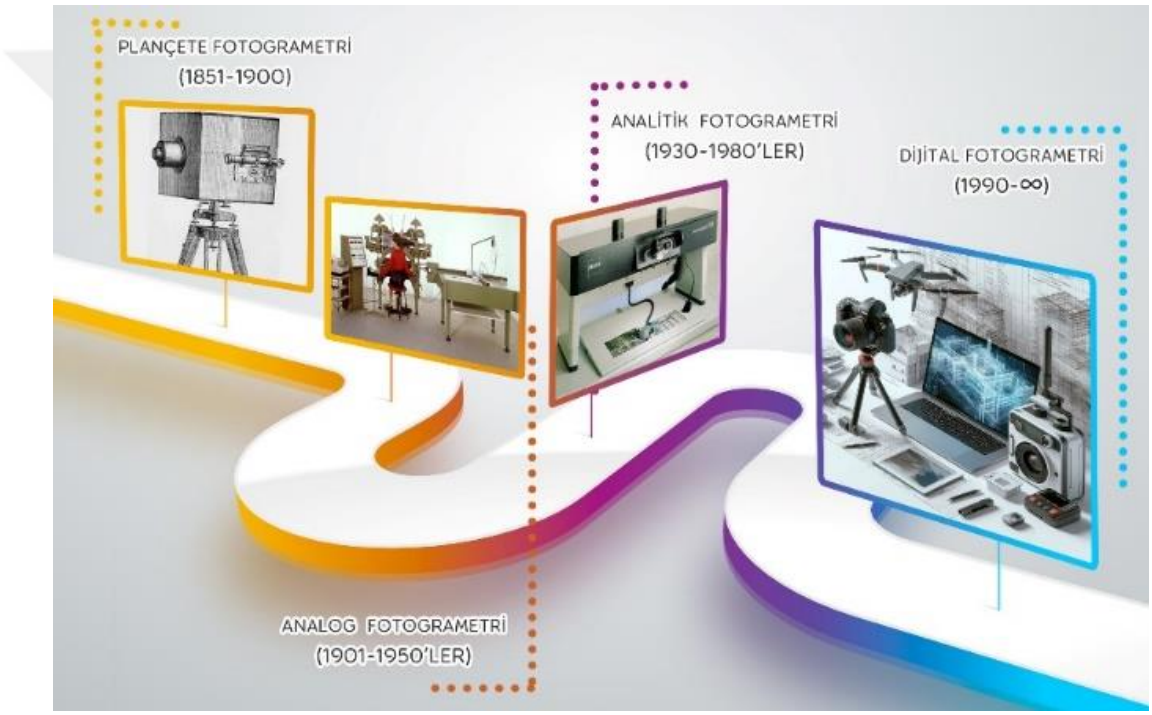
63 Selma Göktürk Çetinkaya, Murat Koç, "Türkiye'nin İnsansız Hava Araçları Serüveni", *Anadolu Strateji Dergisi*, 5(1), 2023, 3.

64 D. R. Crone, 170; Selma Göktürk Çetinkaya, Murat Koç, 2023, 4.

65 Costas Armenakis, Patros Patias, *Unmanned Vehicle Systems for Geomatics: Towards Robotic Mapping, [Geomatik İçin İnsansız Araç Sistemleri: Robotik Haritalamaya Doğru]*, Whitles Publishing, Scotland, 2019, 3.

üretimi ile birlikte sivil havacılıkta önem kazanmış ve fotogrametrik haritalamadan modellemelere kadar birçok alanda kullanım olanağı bulmuştur[66].

Tarihi gelişim süreci dikkate alındığında fotogrametrinin uygulama alanları ilk dönemlerinde çok sınırlı olmuş, daha çok karasal araştırmalarda kullanılmıştır. Fakat yıllar geçtikçe, bilgi işlem ve görüntüleme teknolojilerindeki gelişmeler nedeniyle fotogrametride büyük bir değişiklik meydana gelmiştir. Geleneksel fotogrametrik prosedürler sırası ile plançete fotogrametrisine, analog fotogrametriye, analitik fotogrametriye ve günümüzde kullanımı gelişerek devam eden dijital fotogrametriye dönüştürmüştür[67] (Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. Fotogrametrik Tarihi Süreç

Fotogrametri, fotoğrafın çekme noktasının konumuna göre; hava fotogrametrisi ve yersel fotogrametri olarak ikiye ayrılmaktadır.

---

66 Costas Armenakis, Patros Patias, 2019, 4-5; Selma Göktürk Çetinkaya, Murat Koç, 2023, 4.

67 Joseph L. Awange, John B. Kyalo Kiema, *Environmental Geoinformatics Monitoring and Management, [Çevresel Jeoenformatik İzleme ve Yönetimi]*, Springer, Heidelberg, 2013, 158. Doi.10.1007/978-3-642-34085-7.

1.2. FOTOGRAMETRİ TEKNİĞİ

Fotogrametri uygulamaları genellikle koordinatların belirlenmesi, mesafelerin, yüksekliklerin, alanların ve hacimlerin ölçülmesi, topografik haritaların hazırlanması ve yüzeylerin yeniden yapılandırmaları için 3 boyutlu nokta bulutlarının oluşturulması, dijital yükseklik modelleri (DEM'ler) ve ortofoto[68] haritaların oluşturulmasında kullanılmaktadır[69].

Fotogrametrinin amacı, görüntüler üzerinden anlamsal bilgiler ve geometrik çıkarımlarda bulunmaktadır[70]. Aslında fotogrametri, fotoğrafları kullanan 3 boyutlu bir koordinat ölçüm tekniğidir. Fotogrametri tarafından kullanılan temel prensip üçgenlemedir. En az iki farklı konumdan fotoğraf çekerek, her kameradan nesne üzerindeki noktalara "görüş hatları" oluşturmaktır. Bu görüş hatları (optik yapıları nedeniyle ışın olarak da adlandırmaktadır) matematiksel olarak kesiştirilerek ilgili noktaların 3 boyutlu koordinatları elde edilir. Üçgenleme aynı zamanda iki gözünüzün mesafeyi ölçmek için birlikte çalışma şekli, yani derinlik algısı olarak adlandırılmaktadır. Bu prensip iki temel ilkeden oluşmaktadır. Bunlardan ilki fotoğrafçılık, fotogrametride yer alan fotografik ilkeleri açıklarken, metroloji[71] ise iki boyutlu fotoğraflardan 3 boyutlu koordinatlar üretme tekniklerini açıklamaktadır[72].

Fotogrametride her görüntü, geometrik görüntü noktalarından oluşur ve metrik değerlendirmeleri fiziksel olaylardan bağımsız olarak matematiksel temeller üzerine oturmaktadır. Bunlar fotoğraf makinaları, görüntüler ve arazi koordinatları arasındaki ilişkiler, perspektif eşlemesini sağlayan denklemler, ölçekler ve açılar, dönüşüm

---

68 Ortofoto: Taranmış, geometrik ve perspektif bozulmaları giderilmiş ve bir harita projeksiyonu ya da düz bir dikdörtgen form üzerine oturtulmuş, foto plan olarak da adlandırılan düzeltilmiş hava fotoğrafı. Millî Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü Web Sitesi Terimler Sözlüğü, (2024), https://www.harita.gov.tr/terimler-sozlugu.

69 James S., vd., 2019, 19.

70 Konrad Schindler, Wolfgang Förstner, "Photogrammetry", (Ed.) Katsushi Ikeuchi, *Computer Vision A Reference Guide, [Bilgisayarla Görme Referans Kılavuzu]*, (Second edition), Springer Nature, Switzerland AG. 2021, 968. doi.org/10.1007/978-3-030-63416-2.

71 Metroloji: Kısaca ölçüm bilimi ve uygulaması anlamına gelmektedir. Herhangi bir unsurun ölçüm büyüklükleri birim standartlarının tanımlanması, oluşturulması, muhafazası ve geliştirilmesi çalışmalarını kapsayan bir faaliyet alanıdır. Metre, kilogram, amper, saniye, kandela, mol, kelvin gibi temel ve bunlardan türetilmiş birimlerin standartlarının nesnel etkiler üzerinden tanımlanarak birincil düzeyde oluşturulması için yoğun araştırma geliştirme faaliyetleri içeren çalışmalardır. TÜBİTAK, *Metroloji*, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü, Kocaeli, 2013, 16-23.

72 Geodetic System, *Basics of Photogrammetry, [Fotogrametrinin Temelleri]*, Geodetic Services, Inc., Melbourne 2023, 4.

parametreleri, optik değerlendirmeler, ışık, renk ve kalibrasyon işlemleri gibi birçok sayısal verinin kombinasyonundan oluşmaktadır[73]. Son yıllarda fotogrametri prensiplerinin bilgisayar teknolojileri ile birlikte gelişim göstermesi, özellikle insansız hava araçlarının da sisteme dahil olması, dijital görüntülerden 3 boyutlu yüzey modeli oluşturma çalışmalarında önemli derecede ilerlemelere yol açmış ve bu gelişim fotogrametride bir devrim yaratmıştır. Bu gelişmeler sonucu elde edilen ortofoto ve dem haritaları da fotogrametrinin doğruluğu kanıtlanmış standart ürünleri olarak karşımıza çıkmaktadır[74]. Fotogrametrik iş akışının tüm adımlarının artan otomasyonu ve kullanımı kolay yazılım paketlerine entegrasyonu, fotogrametrik çalışmalar yapmayı, bu alanda uzman olmayanlar için de erişilebilir hale getirmiştir[75].

Fotogrametri tekniğinin temel amacı aslında, bir nesnenin dijital biçimde üç boyutlu olarak ölçekli bir şekilde yeniden yapılandırılmasıdır. Bu oluşum sırasında stereofotogrametri[76], triyangülasyon[77], yükseklik ölçümü, görüntü analizleri ve değerleme işlemleri gibi ölçü teknikleri, nesnelerin modellenmesi ve harita üretimi sürecinde kullanılmaktadır[78].

İki genel fotogrametri türü mevcuttur. Bunlar hava fotogrametrisi ve yersel fotogrametridir. Bu durum aslında kameranın bulunduğu konum ile alakalıdır. Yersel fotogrametri, aynı zamanda yakın mesafe fotogrametrisi olarak da adlandırılmaktadır[79]. Hava fotogrametrisi, bir arazinin fotoğraflarının, bir uçak veya İHA'ya monte edilmiş bir kamera tarafından düzenli bir sırayla çekildiği fotogrametri alanını ifade etmektedir. Yersel fotogrametri ise fotoğrafların yer üzerinde veya yere yakın sabit bir konumdan,

---

73 Kurt Schwidefsky, Friedrich Ackermann, *Photogrammetrie: Grundlagen, Verfahren, Anwendungen, [Fotogrametri: Temel Bilgiler, Yöntemler, Uygulamalar]*, B. G. Teubner Stuttgart, (7 Aufl), Stuttgart 1976, 21-63. Doi. 10.1007/978-3-322-94008-7.

74 Christian Heipke, *Photogrammetrie und Fernerkundung, [Fotogrametri ve Uzaktan Algılama],* Springer Spektrum, Berlin 2017, 11-14. Doi.10.1007/978-3-662-47094-7.

75 James S. Aber, Irene Marzolff, Johannes B. Ries, Susan E.W. Aber, *Small-Format Aerial Photography And Uas Imagery: Principles, Techniques, and Geoscience Applications, [Küçük Format Hava Fotoğrafçılığı ve İHA Görüntüleri: İlkeler, Teknikler ve Yerbilim Uygulamaları]*, (second edition), Elsevier, Cambridge 2019, 19, doi.org/10.1016/B978-0-12-812942-5.00002-1,

76 Stereofotogrametri: Farklı konumlardan alınan iki veya daha fazla görüntüden yapılan ölçümler dikkate alınarak bir nesne üzerindeki noktaların 3 boyutlu koordinatlarının tespiti için kullanılan tekniktir. Kurt Schwidefsky, Friedrich Ackermann, 68-76; J. Chris McGlone, vd., 954.

77 Triyangülasyon: Üçgenlerin hem açılarını hem de kenarlarını ölçmek suretiyle oluşturulan nirengi ağı ve bu şekilde yapılan ölçümlerle uygulanan bir nokta tespiti yöntemi. Millî Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü Web Sitesi Terimler Sözlüğü, (2024), https://www.harita.gov.tr/terimler-sozlugu.

78 America Society of Photogrammetry, *Manual of Photogrammetry, [Fotogrametrinin El Kitabı]*, (Ed. Morris M. Thampson), II, (Thirt Edition), Wisconsin 1966, 763; Thomas Luhman, vd., 2.

79 Poul R. Wolf, 3; James S. Aber, vd. 19.

kamera ekseni yatay veya dikey bir şekilde fotoğraflarının çekildiği fotogrametri dalı ifade eder. Bu alanda bulunan yakın mesafe fotogrametrisi ise kameranın fotoğrafı çekilen nesneye nispeten daha yakın olduğu, mimari, tıp, deneysel mühendislik alanları, laboratuvar araştırmaları ve bir nesnenin doğrudan ölçülmesinin imkânsız olduğu alanlarda kullanılmaktadır. Uzay fotogrametrisi terimi ise, dünyadaki sabit bir kameradan, uzayda veya herhangi bir gezegene yerleştirilen bir uydu aracı üzerindeki görüntüleme cihazlarından dünya dışı elde edilen fotoğrafların değerlendirilmesi ve ölçümlerini kapsamaktadır[80].

Elbette ki Fotogrametri çok geniş bir kapsama sahip derin bir mühendislik bilgisi temeline oturmaktadır. Yapmış olduğumuz çalışmada özellikle dijital fotogrametrik yöntemler kullanılarak hava ve yersel fotogrametri alanında işlemler gerçekleştirildiği için, bu bölümler üzerinde daha fazla durulacaktır.

1.2.1. Dijital Fotogrametri

Hem fotogrametrik işlemlerin hem de fotoğrafların dijital olduğu ve gelişmiş bilgisayarla destekli yönteme dijital fotogrametri denilmektedir[81]. Yani manuel ve otomatik teknikler kullanarak dijital görüntülerden fotogrametrik ürünler üreten bilgisayarlı donanım ve yazılım yapılandırması olarak tanımlanmaktadır. İlk dönemlerde fotoğraf tarayıcıları sonrasında ise video kamera gelişmeleri bu alanda yapılan çalışmalar için yeterli çözünürlük sağlamadığından dolayı bu durum, kamera sistemlerinin gelişmesine sebep olmuş ve yüksek çönürlüğe sahip dijital kameralar üretilmeye başlanmıştır. Bununla birlikte bilgisayar ve ölçüm sistemleri de paralel olarak gelişim göstermiştir[82].

Bilgisayar destekli fotogrametri, bilgisayar teknolojisinden ve grafiksel veri işlemeden yararlanılarak dijital fotogrametride oldukça hızlı bir gelişmeye neden

---

80 Francis H. Moffitt, *Photogrammetry, [Fotogrametri]*, (Ed. Russel C. Brinker), Univercity of Calofornia, Calofornia 1967, 2; Christian Heipke, 14; Konrad Schindler, Wolfgang Förstner, 969.

81 Toni Schenk, *Digital Photogrammetry*, *[Dijital Fotogrametri]*, The Ohio State University, TerraScience, 1, Ohio 1999, 2; Hasan Kemal Sürmen, "Fotogrametri ile Üç Boyutlu Tarama-3B Fotogrametri", *Mühendislik Alanında Uluslararası Araştırmalar I*, (Ed.) Coşkun Özalp, Ertaç Hürdoğan, Serüven Yayınevi, İzmir 2022, 177.

82 Thomas Lunhmann, vd., 24; *Principles Of Photogrammetry And Remote Sensing, [Fotogrametri İlkeleri ve Uzaktan Algılama]*, Department of Geography and Natural Resource Management School of Earth and Environmental Science Uttarakhand University, Uttarakhand, India 2023, 5-6.

olmuştur[83]. Kullanımı kolay, düşük maliyetli yazılım paketleri ile birlikte nesnelerin yeniden yapılandırılması ve bilgisayarlı görme algoritmaları ile dijital görüntülerden sanal 3 boyutlu modellerin oluşturulmasını sağlayan sistemler, 2010 yılından beri fotogrametri alanında uzmanlaşmaya gerek kalmadan artarak kullanılmaya devam etmektedir[84]. Özellikle yakın mesafe fotogrametrisinde kullanılan; üç boyutlu CAD sistemleri, veri tabanları, bilgi sistemleri, üretimde kalite analizi ve kontrol sistemleri, otonom robotlar ve navigasyon sistemleri, üç boyutlu görselleştirme sistemleri, internet uygulamaları ve sanal gerçeklik gibi alanlarda hibrit sistemler giderek daha fazla gelişim göstermiş, bu sistemlerin hızlı ve yüksek doğruluk sağlaması, bilgisayarlı görme yöntemlerinin daha fazla tercih edilmesine sebep olmuştur[85].

Dijital fotogrametri, nesne koordinatlarının tespiti için görüntü eşleştirme, yeniden örnekleme, düzeltme, döndürme, yakınlaştırma gibi dijital görüntülerin, düzeltilebilmesini ve yeniden örneklenebilmesini sağlaması gibi gelişmeler, CBS sistemindeki gelişilmeler ile birleşince ortaya muazzam bir veri çeşitliliği çıkmasını sağlamıştır[86].

Birçok fotogrametrik çalışma dijital ortamda yüksek düzeyde otomatik olarak gerçekleştirilebilmekte, kolayca depolanıp yönetilebilmekte ve farklı alanlarda koordineli olarak kullanım olanağı sağlamaktadır.

Analog, analitik veya dijital tüm fotogrametrik süreçlerin temelinde fotoğraf geometrisi yatmaktadır. Görüntüye ait gerçek ayrıntılı geometrisi ise kullanılan dijital kayıt yöntemlerinin fiziksel özelliklerine bağlıdır[87].

Dijital görüntü iki boyutlu bir fonksiyon olarak tanımlanmaktadır, [f (x, y)], burada x ve y uzamsal koordinatlardır ve herhangi bir koordinat çiftinde (x, y) f'nin genliği, o noktadaki görüntünün yoğunluğu veya gri seviyesi olarak adlandırılmaktadır. İşte bu x ve

---

83 Wilfried Linder, *Digital Photogrammetry A Practical Course, [Dijital Fotogrametri Uygulamalı Bir Kurs]*, Springer, Berlin 2006, 7-8.

84 J. Chris McGlone, vd., 949; Thomas Lunhmann, vd., 26.

85 Konrad Schindler, Wolfgang Förstner, 969; Thomas Lunhmann, vd., 26.

86 J. Chris McGlone, vd., 949; Mostafa Madani, "Importance of Digital Photogrammetry For a Complete GIS", [Eksiksiz Bir CBS İçin Dijital Fotogrametrinin Önemi], *5th Global Spatial Data Infrastructure Conference*, Cartagena, Columbia 2001, 1-10.

87 Michel Kasser, Yves Egels, *Digital Photogrammetry, [Dijital Fotogrametri]*, Taylor&Francis Group, Londra 2004, 2.

y eksenine sahip, sonlu sayıda pikselden oluşan görüntülere dijital görüntü denilmektedir[88].

Üç boyutlu nesnelerin iki boyutlu bir fotoğraflara dönüştürülmesi aşamasında bir takım bilgi kayıpları oluşmaktadır. Nesnelere ait nokta konumları üç koordinatla tanımlanabilirken, fotoğraflarda bu iki nokta ile koordinat mevcuttur[89].

Bir nesneye ait fotoğraf oluşturulurken bazı dış etkenlerden dolayı o nesnenin gerçek şeklinde ve görünümünde birtakım değişiklikler meydana gelmektedir. Bu değişikliğin sebepleri; kamera ve nesnenin göreceli konumlanmasından, perspektif etkilerinden ve optik mercek kusurlarından kaynaklanan geometrik değişiklikler şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Bu etki özellikle atmosfer kaynaklı elektromanyetik dalgalardan dolayı radyometrik (renk) değişiklikleri, görüntü kaydı esnasındaki radyasyonun sensörlere etkileri ve merceklerden kaynaklanan optik bozlama kaynaklı etkiler, dünyanın eksen eğikliğinden kaynaklanan sorunlar ve kamera teknolojisi gibi ileri kayıt yöntemlerini etki gibi unsurlardan oluşmaktadır. Bu durumların giderilmesi için daha öncesinde bir takım matematiksel işlemler[90] doğrultusunda gerçekleştirilen çalışmalar, dijital fotogrametrinin gelişmesi ile birlikte bilgisayarlı otomatik dijital iş istasyonları[91] tarafından çeşitli algoritmalar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Böylece her görüntünün ayrı ayrı koordinat, radyometrik (yoğunluk, gri değer, renk değeri) ve geometrik veri (görüntüdeki konum) gibi değerler elde edilmesi sağlanmaktadır. Bu çalışmalardan sonra artık nesnelere ait modelleme işlemlerine geçilmektedir[92] (Şekil 1.2).[93]

---

88 Toni Schenk, 5; Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing, [Dijital Görüntü İşleme]*, (Thirt Edition), Pearson Education, Inc., New Jersey, 2008, 1; Mehmet Nadir Kavruk, *Dijital Topoloji Üzerine*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Aydın 2019, 4.

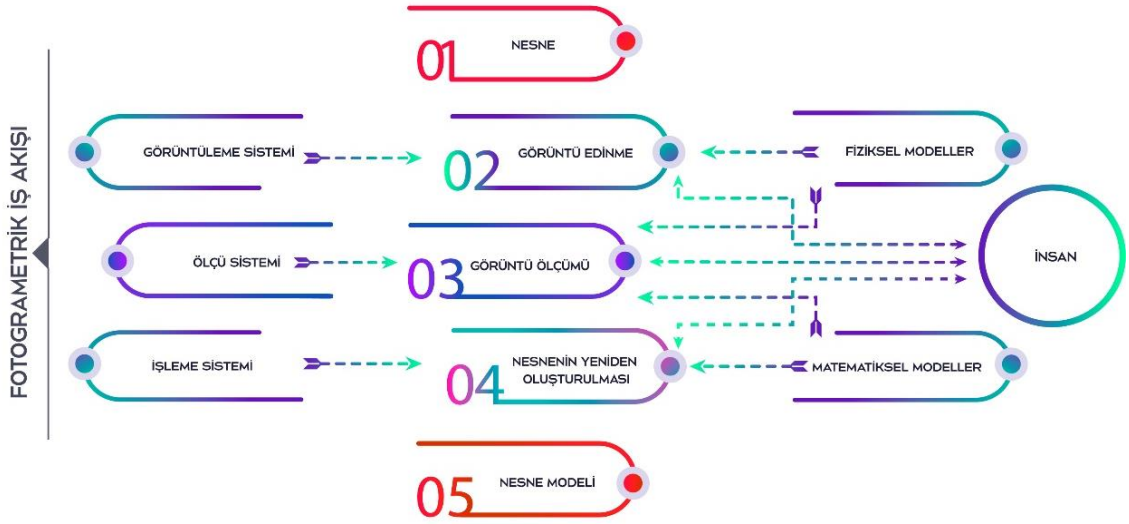
89 Thomas Lunhmann, vd., 2.

90 Kurt Schwidefsky, Friedrich Ackermann, 21-63; Thomas Luhmann, vd. 28-68.

91 Joseph L. Awange, John B. Kyalo Kiema, 175-186.

92 Thomas Luhmann, vd., 2; Christian Heipke, 14.

93 Ek.1'de tablonun detayına yer verilmiştir.



Şekil 1.2. Fotogrametrik İş Akış Şeması (Thomas Luhmann'dan İşlenerek)

1.2.2. Yersel Fotogrametri

Fotogrametri bilimi, yersel fotoğrafçılıkla başlamış, geleneksel yöntemlerle haritalandırılmasının zor olduğu engebeli arazilerin haritalandırılmasında uygun bir yöntem olarak görüldüğünden dolayı ilk uygulamalarını topoğrafik haritalama alanında gerçekleştirmiştir[94]. Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra hava fotoğrafçılığının gelişmesiyle birlikte yersel fotogrametri, bir topografik haritalama yöntemi olarak önemini büyük ölçüde yitirmiştir[95].

Yersel fotogrametri, kelime olarak, yeryüzünde ya da yere yakın bir konumdan bir nesnenin durumuna bağlı olarak, yatay veya dikey eksende olacak şekilde kamera ile fotoğraflarının çekildiği fotogrametri dalını ifade etmektedir[96].

Yersel fotogrametri, aynı zamanda yakın mesafe fotogrametrisi olarakta bilinmektedir. Günümüzde birçok uygulama alanında tercih edilen etkili bir bilimsel çalışma yöntemidir. Yakın mesafe fotogrametrisi, günümüzde kesin olmamakla birlikte; kamera ile nesne arasına ki 1 cm-300 m arasında değişen mesafelerde yapılan çalışmalar için kullanılmakta, 0,1 mm'nin altında ve daha küçük mikroskobik görüntüleme cihazları

---

94 Paul R. Wolf, 390.
95 Kurt Schwidefsky, 109
96 Francis H. Moffit, 1967, 2; Francis H. Moffit, Edward M. Mikhail, 2, Paul R. Wolf, 390; Hasan Kemal Sürmen, 177.

ile gerçekleştirilen çalışmalar için ise mikrofotogrametri[97] alanı olarak kabul edilmektedir[98].

Hava fotoğrafçılığının aksine, yersel fotoğrafçılıkta kameralara genellikle erişilebilir olduğundan, pozlama istasyonu konumlarını elde etmek için doğrudan ölçümler yapılabilir. Kamera açısal yönelimi de genellikle ölçülebilir veya sabit değerlere ayarlanabilir, böylece yersel bir fotoğrafın dış yöneliminin tüm unsurları yaygın olarak bilindiği için sonradan hesaplanma yapmaya gerek duyulmaz. Bu sebepten dolayı nesnenin bulunduğu konumun için ayrıca kontrol noktalarının yerleştirilmesi gerekliliği de bir bakıma zorunluluk olarak ortadan kalmış durumdadır[99].

Yersel fotogrametri, kameranın yerle fiziksel temas halinde olduğu fotografik ölçümlerin tüm alanını kapsamaktadır. Yersel fotogrametride genellikle x (yatay), y (dikey) ve kameranın bulunduğu zemine ait z(derinlik) eksen bileşenlerinden oluşmaktadır. Yersel fotogrametrinin en büyük avantajlarından biri, kameranın konumunun önceden ayarlanabilir olmasıdır[100].

Yersel fotogrametride ilk dönemlerinde iki temel kamera tipi kullanmıştır. Birincisi, metrik kameralar, ikincisi ise metrik olmayan standart kameralardır. Metrik kameralar, fotogrametrik ölçümler için özel tasarıma ve kalibrasyon yeteneklerine sahip aletlerdir. Bu kameralar genellikle sabit odaklı bir niteliğe sahiptir. Metrik olmayan kameralar ise amatör ve profesyonel fotoğrafçılar için üretilmiş, çeşitli kalitelerde, standart kullanımlık manikalardır[101]. Yersel fotoğraflar sabit veya hareketli nesnelerin fotoğraflardan oluştuğu için mevcut çalışma prensipleri de bu duruma göre şekillenmektedir[102].

Yersel Fotogrametride geleneksel oto-mekanik cihazların aksine günümüzde, dijital bilgi işleme sistemleri hızlı teknik değişime tabi olan donanım ve yazılım bileşenlerinden oluştuğu için gelişen teknolojik imkanlarla birlikte kamera sistemlerinde değişim ve birtakım gelişimler göstermiştir. Bunlar; dijital, termal ve kızılötesi kameralar ve yüksek hızlı kamera sistemleri, stereo ve çoklu kamera sistemleri, mikro ve makro

---

97 Francis H. Moffit, Edward M. Mikhail, 539
98 Thomas Lunhman, vd., 5-6; Paul R. Wolf, 390.
99 Paul R. Wolf, 390
100 Morris M. Thompson, 919-920.
101 Francis H. Moffit, Edward M. Mikhail, 539
102 Paul R. Wolf, 390.

tarama özellikli kameralar, lazer tabanlı sistemler ile bilgisayarlı birçok robotik görüntüleme ve uzaktan algılama sistemleri olarak karşımıza çıkmaktadır[103].

Bütün fotogrametrik çalışmalarda olduğu gibi yersel fotogrametri de de sadece diğer ölçüm teknikleriyle değil, aynı zamanda matematik, fizik, bilgi bilimleri veya biyoloji gibi temel bilimlerle de yakın bağlantıları vardır. Yakın mesafe fotogrametrisinin özellikle bilgisayar grafikleri ve bilgisayarlı görme, dijital görüntü işleme, bilgisayar destekli tasarım (CAD), coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ve haritacılık gibi grafik ve fotoğraf bilimiyle de önemli bağlantıları bulunmaktadır. Geleneksel olarak, yakın mesafe fotogrametrisinde, özellikle mühendislik ölçüm alanlarında, ölçüm teknikleriyle daha güçlü ilişkileri vardır. Fotogrametrinin endüstriyel metroloji ve kalite kontrol uygulanmasının artmasıyla birlikte başka yönlerde de bağlantıları giderek artmaktadır[104].

Yersel fotogrametri güvenilir bir araç olarak büyük bir potansiyele sahiptir. Gelişen teknoloji ile birlikte birçok bilimsel alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bu duruma elbette ki doğruluk oranları, süreç ve maliyet kazanımını da eklenince vazgeçilmez bir bilim dalı haline gelmiştir. Yersel fotogrametri, temel uygulama alanı olan topoğrafik haritalama alanı dışında çok sayıda farklı uygulama alanında kullanımıyla ön plana çıkmaya devam etmiştir. Topografik olmayan alanlara örnek olarak tarım, koruma, ekoloji, ormancılık, arkeoloji, antropoloji, mimarlık, jeoloji, coğrafya, mühendislik, kriminoloji, oşinografi, tıp, dişçilik ve daha birçok alanda görülmektedir[105]. Özellikle tıp alanında, x-ışını fotogrametrisi, vücut parçalarının boyut ve şekillerini ölçmek, tümör büyümesini kaydetmek, fetüslerin gelişimini incelemek, vücut içindeki yabancı cisimleri bulmak için avantajlı bir şekilde kullanılmakta, trafik kazalarının araştırılması ve grafiksel olarak yeniden oluşturulmasında[106] balistik araştırmalar, yol kazalarının planlarının grafiksel olarak yeniden oluşturulmasında, tarihi yapıların ve kültür envanterlerinin kayıtlarında, görsel sürücü yardımı ve robotik navigasyonlarda, hareket yakalama, sanal ve artırılmış gerçeklik, nesne izleme gibi bir çok alanda kullanımı devam etmekte ve her

---

[103] Thomas Lunhmann, vd. 203-239
[104] Thomas Lunhmann, vd., 4;
[105] Paul R. Wolf, 391.
[106] Max Zeller, *Text Book Of Photogrammetry, [Fotogrametri Metin Kitabı]*, (İng. Çev. E. A. Miskin, R. Powell), Londra 1952, 86-87.

geçen gün gelişen teknoloji ile birlikte yeni alanlarda da kullanım potansiyeli ortaya koymaktadır[107].

Yapmış olduğumuz tez çalışmamız kapsamında da özellikle yersel fotogrametri alanından birçok noktada işlemler gerçekleştirilmiştir.

1.2.3. Hava Fotogrametrisi

Modern havacılığın gelişimi, hava fotogrametrisinin bugünkü konuma ulaşmasının en önemli sebeplerinden biri olarak görülmektedir. Özellikle askerî açıdan büyük bir önem taşıyan haritalama çalışmaları I. ve II. Dünya Savaşları sırasında büyük bir ilerleme kaydetmiş, bu çalışmaların sivil alanlarda da kullanıma başlanmasıyla hava fotogrametrisi alanında gelişmeler tam anlamıyla bir standarda oturtulmuştur[108].

Hava fotogrametrisi basit olarak, bir alandaki arazinin fotoğraflarının, o alan üzerinde uçan bir uçağa monte edilen hassas bir kamera tarafından veya İHA tarafından fotoğraflarının çekildiği fotogrametri dalını ifade etmektedir. Hava fotogrametrisi ilk olarak topoğrafik haritalar, planimetrik haritalar, ortofotolar ve ortomozaik haritalarının hazırlanması için kullanılmıştır[109].

Hava fotogrametrisi, yerdeki aynı noktaların farklı perspektiflerden çekilen stereo hava fotoğrafları üzerinden ölçümleme yaptıktan sonra, 2 boyutlu koordinatları kullanarak 3 boyutlu koordinatların doğru şekilde haritalanmasını sağlamaktır[110].

Tüm fotogrametrik ölçümlerin ardındaki temel prensip, görüntü elde edildiği anda nesneden sensöre giden ışınların ve ışın yollarının geometrik-matematiksel olarak yeniden yapılandırılmasıdır. Bu nedenle en temel unsur, tek bir fotoğrafın geometrik özelliklerinin bilinmesidir[111]. Hava fotogrametrisinde de en önemli unsurlardan biri tabi ki hava fotoğrafçılığının geometrisidir. Bu bakımdan hava fotoğrafçılığı da kendi içinde (dikey, eğik ve stereoskopik fotoğraflama) birtakım niteliklere ayrılmaktadır.

---

[107] Konrad Schindler, Wolfgang Förstner, 969.

[108] Bertil Hallert, *Photogrammetry: Basic Principles And General Survey, [Fotogrametri: Temel Prensipler ve Genel Bakış]*, Mcgraw-Hıll Book Company, Inc., London 1960, 103.

[109] Francis H. Moffitt ,1; Francis H. Moffit, Edward M. Mikhail, 2.

[110] Ezekiel Enterprises, *Aerial Photogrammetry, [Hava Fotogrametrisi]*, Ezekiel Enterprises LLC, Florida, 2023, 1, www.ez-pdh.com; Hasan Kemal Sürmen, 178.

[111] James S. Aber, vd.19.

Dikey Hava Fotoğrafçılığı: Kameranın optik eksenine dikey olarak pozlanan fotoğraflardır. Bu fotoğraflar genellikle haritalama çalışmaları için kullanılan fotoğraf türleridir. Kameranın dikey eksenini korumak için birtakım önlemler alınsa da bu açı genellikle $1^o - 3^o$ derece arasında farklılık gösterebilmektedir. Bu küçük açılarda eğim içeren fotoğraflara (dike yakın) veya (eğik) fotoğraflar denir[112]. Geliştirilen çeşitli fotogrametrik denklemler ve algoritmalar sayesinde bu fotoğraflarda en düşük seviyede düzeltilmeleri gerçekleştirilerek çalışmalara dahil edilmektedir. Bu durum doğruluk açısından herhangi bir problem oluşturmamaktadır[113].

Stereoskopik (Stereo) Fotoğrafçılık: Stereoskopik görüş, iki görüş hattını kesiştirerek bir nesneye olan mesafeyi belirler. Üst üste binen hava fotoğrafları bir stereoskop yardımıyla stereoskopik olarak görüntülenebilir. Stereoskop, sol gözü sol fotoğrafa, sağ göz de sağ fotoğrafı görmeye zorlar. Böylece aynı noktanın farklı açılardan bakışını iki göze aynı anda yansıtan bu sistem ile üç boyutlu olarak derinliğinde hissedildiği bir görünüm kazanılmaktadır[114]. Bu çalışma işlemine stereo işleme adı verilir ve bu yöntem bir stereo görüntü çiftinin işlenmesine yönelik tüm görsel veya hesaplamalı yöntemleri kapsamaktadır. Bu yöntem geleneksel hava fotogrametrisinde en geniş uygulamaya alanına sahiptir[115].

Hava fotogrametrisinde bu stereo modellerin oluşturulması için genellikle fotoğrafçılık ilkelerine ve bir takım bilimsel tecrübelerle elde edilen yöntemlere dikkat edilmesi gerekmektedir. Unutulmamalıdır ki, uçuş yüksekliği ve pozlama parametreleri bilinen fotoğraflar üzerinden her türlü nesnenin yüksekliği ve boyutları ölçülebilir[116].

Hava fotogrametrisi, yerdeki nesnelerin boyutlarını ve şekillerini derinlemesine ölçmek için stereo fotoğrafçılıktan yararlanır. Bu fotoğrafların çekimi esnasında kullanılan ardışık fotoğraflar çekme işlemi esnasında özellikle kullanılan uçuş hızının, kameranın işlevine göre ayarlanması ve yavaş bir uçuşun sağlanması gerekmektedir[117]. Bu fotoğraflama esnasında özellikle uçuş rotasında elde edilen fotoğrafların bindirme

---

112 Paul R. Wolf, 4; Francis H. Moffitt, 2, Moffit, Edward M. Mikhail, 150-166; Ezekiel Enterprises, 2.
113 Ezekiel Enterprises, 2
114 Ezekiel Enterprises, 6
115 Thomas Lunhmann, vd., 314.
116 Trenton Hamilton, *Photography: Equipment, Techniques, [Fotoğrafçılık*], Britannica Educational Publishing, NewYork 2017, 119
117 Bertil Hallert, 206.

oranları, %60 ile %80 arası olması, doğruluk oranına katkı sağlamaktadır[118]. Ayrıca hava fotogrametrisinde dünyanın yüzey ve eksen eğriliği ile atmosferik kırılma her durumda optik bozulmalara sebep olmaktadır. Bu durum geleneksel fotogrametrik yöntemlerde çeşitli matematiksel denklemler üzerinden düzeltilirken, dijital sistemlerde ise otomatik algoritmalarla çözümlenmektedir[119].

Geleneksel Hava Fotogrametrisinde hava fotoğraflarının çekim işlemleri daha çok geniş alanların haritalanması amacıyla kullanılmıştır. Daha küçük alanlarda uçak kaldırma imkânı ve kullanılan cihazların pahalı olması sebebiyle ekonomik olarak görülmemektedir[120]. Fakat İHA teknolojisi ve dijital sistemlerdeki gelişim bu durumu ortadan kaldırmıştır.

Günümüzde hava fotogrametrisinde yaygın olarak gelişmiş kamera sistemleri ile donatılmış İnsansız Hava araçları İHA'lar kullanılmaktadır. İHA'lar, tehlikeli anların, ulaşımı zor yerlerin, daha küçük bölgelerin ve çeşitli niteliklerde yapıların güvenli bir şekilde havadan fotoğraflanmasını kolaylaştırmıştır. Fotogrametri yöntemlerinin temel avantajı ucuz olmalarıdır. Bunu yanı sıra, bilgisayarlı görme algoritmaları ve bilgi işlem gücünün gelişimi, nesnelere ait daha doğru üç boyutlu modellerin oluşturulmasını sağlamıştır[121].

Günümüzde gelişen sistemlerle birlikte artık fotogrametri de dikey, yatay(eğik), haraketli ve çoklu (stereo) görüntülerden oluşan fotoğraf dizinleri birlikte kullanılmaktadır. Özellikle bilgisayarlı görme teknolojisi, klasik hava fotogrametrisine göre ölçek ve konum doğruluklarıyla daha az ilgilenmektedir. Bu sistemler, bir nesne etrafında hareketli bir şekilde rastgele konumlardan yüksek örtüşmeye sahip bir dizi çok ölçekli görüntülerle bile modelleme imkânı sağlamaktadır. Geleneksel fotogrametride olduğu gibi kamera geometrisi ya da konumunun önceden bilinmesinin çokta etkisi bulunmamaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte artık hava fotogrametrisinde gerçekçi

---

118 Raphaële Héno, Laure Chandelier, 3D Modeling of Buildings, [Binaların 3D Modellenmesi], ISTE Ltd. Londra 2014, 38; Ezekiel Enterprises, 6.

119 Michel Kasser, Yves Egels, 7-24; Raphaële Héno, Laure Chandelier, 31.

120 Max Zeller, 104.

121 Stamatis Chatzistamatis, George E. Tsekouras, Christos Nikolaos Anagnostopoulos, "The Quality in 3D Acquisition of Cultural Heritage Assets: Challenges and Risks" [Kültürel Miras Varlıklarının 3 Boyutlu Ediniminde Kalite: Zorluklar ve Riskler], (Ed.) Marinos, P. *Patias, 3D Research Challenges in Cultural Heritage III*, Springer, Switzerland 2023, 67. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35593-6_4.

yüzey modellemede önemli ilerlemeler kaydedilmiş, nesnelerin yüksek ayrıntıya sahip modellerinin oluşumunda artık vazgeçilmez bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır[122].

Geleneksel hava fotogrametrisinin yanı sıra günümüzde daha çok yaygınlaşan İHA teknolojisi ile birlikte birçok alanda hava fotogrametrisi uygulama imkânı bulmuş ve giderek daha da fazla tercih edilir bir noktaya gelmiştir. Hava fotogrametrisi aşağıda verdiğimiz birçok alanda kullanılmaktadır:

Harita Mühendisliği (harita ve modelleme uygulamaları, sayısal arazi modeli üretimi, mekânsal referanslama, sayısal yükseklik modeli üretimi, sayısal yüzey modeli üretimi, ortofoto üretimi, yüksek yoğunluklu nokta bulutu üretimi, tematik haritaların üretimi 3 boyutlu harita üretimi), Mimari ve Mühendislik Hizmetleri (şehir ve bölge planlama çalışmaları, inşaat mühendisliği teknik alt yapı çalışmaları ve mimari tasarım çalışmaları)[123], Jeomorfoloji (alan, hacim ve eğim hesaplamaları, yükseklik ve yüzey şekilleri haritaları, jeoarkeolojik uygulamalar), Madencilik (hacim kapalı alan haritalama, maden sahasının hassas haritalanması, fizibilite çalışmaları, kütle hesaplama çalışmaları, Tarım (biyokütle çıkarımı, bitki yapısı ve kütle ölçümleri ve haritaları, bitki sınıflandırma ve gelişim izleme çalışmaları, ormancılık uygulamaları) Çevre ve Doğa, (mekânsal referanslama, alan izleme ve haritalama, atmosferik gözlemler, meteorolojik ölçümler), Emniyet ve Güvenlik (hız kontrol ve trafik denetim çalışmaları), Doğal Afet (heyelan riski hesaplama, yangın haritaları, heyelan ve sel yayılım ve hasar tespiti, deprem sonrası hasar tespiti çalışmaları)[124], Adli (trafik kazası ve kriminal olayların analizi ve çevre kirliliği ile ilgili adli vakaların tespitleri), Askeri (stratejik alanların tespitleri, genel haritalama hizmetleri, istihbarat faaliyetleri, askeri silah teknolojisi), Arkeoloji (kültürel miras koruma çalışmaları, arkeolojik alanların haritalanması, arkeolojik alanların, mimari ve tarihi özellikli eserlerin üç boyutlu modellenmesi,

---

122 James S. Aber, vd., 156-157.

123 Friedrich Ackermann, 362.

124 Günter Strunz, Sandro Martinis, Elisabeth Schöpfer, "Beiträge der Fernerkundung zur Unterstützung des Katastrophenmanagements und der Humanitären Hilfe", [Afet Yönetimi ve İnsani Yardıma Uzaktan Algılamanın Katkıları], *Photogrammetrie und Fernerkundung*, (Ed. Christian Heipke), Springer Spektrum, 2017, 813-830.

arkeolojik ve mimari eserlerin röleve çalışmaları, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamaları) gibi bir çok alanda artarak gelişen bir kullanım olanağı sunmaktadır.[125]

1.3. ARKEOLOJİDE FOTOGRAMETRİ KULLANIMI

Fotogrametri, Arkeolojiye büyük ölçüde katkı sağlayan, gelişen teknoloji ile birlikte, bilgisayarlı görme sistemleri ve İHA'lar ile birlikte aktif bir şekilde kullanılan bir bilim dalıdır. Arkeoloji' de fotogrametrik uygulamaların gelişimi, yakın mesafe fotogrametrisinde görülen gelişmelerle birlikte 1960'lardan bu yana paralel bir gelişim göstermiştir[126].

Bilimin her alanında olduğu gibi teknolojinin gelişimi ile birlikte bilgisayar ve fotogrametrinin Arkeolojide kullanılmaya başlanılmasıyla birlikte muazzam bir veri akışı sağlayan sistematik bir yeniliğe doğru yönelim başlamış, böylece Arkeolojik alanların tespiti, topoğrafik haritalarının oluşturulması, kazı alanlarının ile tarihi eserlerin modellenmesi ve bilimsel kayıtlarının daha doğru bir şekilde elde edilmesi sağlanmıştır[127].

Fotogrametri, 2008 yılına kadar haritacılık alanında CAD sistemleriyle çizim yapmak için temel bir araç olarak kullanılmıştır. 2010 yılında topoğrafik harita bilgileri, CBS'ye entegre edilmiş ve sanal olarak rekonstrüksiyonlar gerçekleştirilmiş ve bu sistem kültürel mirasın kaydı içinde kullanılmaya başlanmıştır. Sonrasında 2012 yılında

---

[125] Morris M. Thompson, 962; Paul R. Wolf, 12; Francis H. Moffit, Edward M. Mikhail, 1; Thomas Luhmann, vd., 579; Osman Villi, Murat Yakar, "İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Sensör Tipleri" *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 4(2), 2022, 77-78. doi.10.51534/tiha.1189263; Pawel Burdziakowski, "Uav in Todays Photogrammetry Applıcatıon Areas and Challenges", [Günümüz Fotogrametrisinde İha Uygulama Alanları ve Zorluklar], *18th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference*, SGEM, 2018, 34; Wayne M. Grip, Randall W. Grip, Robert D. Morrison, "Application of Aerial Photography and Photogrammetry in Environmental Forensic Investigations", [Hava Fotoğrafçılığı ve Fotogrametri Uygulamaları Çevresel Adli İncelemeler], *Journal of Environmental Forensics*, 1, 2000, 121-129. Doi:10.1006/enfo.2000.0014; Joseph L. Awange, John B. Kyalo Kiema, 112; Alpay Özdural, "Bir Mimari Fotogrametri Uygulaması-Karacabey Türbesi", *Vakıflar Dergisi*, 9, 2006, 227.

[126] R. W. A. Dallas, "Architectural and Archaeological Photogrammetry" [Mimari ve Arkeolojik Fotogrametri], (Ed.) K.B. Atkinson, *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*, Whittles Publishing, 1996, 440.

[127] Justin J. L. Kimball, *3D Delineation: A Modernisation of Drawing Methodology For Field Archaeology [3B Tasvir: Saha Arkeolojisi İçin Çizim Metodolojisinin Modernizasyonu]*, Archaeopress Publishing, Oxford 2016, 4-8. (www.archaeopress.com e-kitap),

nesnelerin üç boyutlu modellerinin oluşumu için SfM[128] yöntemi kullanılmaya başlanılmış, 2014 yılı ile birlikte bütün bu sistemler İHA sistemleri ile bir araya getirilmiş ve böylece büyük alanlarında üç boyutlu modellenmesi sağlanmıştır. Arkeoloji' de fotogrametri çalışmalarına genellikle, yersel (yakın mesafe) fotogrametrisi ve İHA kullanımı ile yaygınlaşan hava fotogrametrisi birlikte kullanılmaya başlanmış, kültürel miras kaydı, arkeolojik kazılar, sanal olarak yeniden yapılandırma ve üç boyutlu olarak eserlerin benzer modellerinin oluşumu için gelişen bu teknolojik yenilik yaygın bir şekilde kullanım imkânı bulmuştur[129].

Arkeolojik araştırmaların en önemli hususlarından biri de tarihi eserlerin bilimsel analizlerinin yapılmasıdır. Özellikle eser ölçekli fotogrametrik uygulamalar büyük ölçeklerden santimetrenin altındaki küçük ölçekli nesnelere (taş ve metal eserler, seramikler ve insan ve hayvan kemikleri vb.) kadar tüm arkeolojik kalıntılar için fotogrametrik çalışmalar uygulanmaktadır[130].

Dijital fotogrametrik yöntemler arkeolojinin birçok alnında kullanıldığı gibi mağara ve kaya gibi dalgalı ve pürüzlü yüzeylere yapılan petroglifler (kaya resimleri) içinde iki boyutlu ve üç boyutlu model oluşturma ve haritalarının çıkarılmasına da olanak tanımaktadır. Bu bağlamda kaya resimlerinin ortofoto görüntüleri üzerinden daha doğru bir şekilde teknik kayıtlarının yapılması sağlanmaktadır[131].

Fotogrametrinin en yaygın kullanıldığı alanlardan bir diğeri de tarihi yerlerin ve tarihi yapıların cephelerinin temsili modellerinin oluşumunda kullanılmaktadır. Bu

---

[128] SfM: Fotogrametrik yazılımlarının birçoğu hareket tabanlı yapısal algılama sisteminden (Structure from Motion/SfM) yararlanmaktadır. SfM, bir nesnenin üç boyutlu halinin, birkaç farklı açıdan çekilen 2 boyutlu görüntüler üzerinden tahmin etme işlemidir. SfM; üç boyutlu tarama, artırılmış gerçeklik, görsel eşzamanlı yerelleştirme ve haritalama gibi birçok uygulamada kullanılır. M. Emre Döş, A. Yasin Yiğit, 23.

[129] Carmen Marín Buzón, Antonio Pérez Romero, José Luis López Castro, Imed Ben Jerbania, Francisco Manzano Agugliaro, "Photogrammetry as a New Scientific Tool in Archaeology: Worldwide Research Trends" [Arkeolojide Yeni Bir Bilimsel Araç Olarak Fotogrametri: Dünya Çapındaki Araştırma Trendleri], *Sustainability*, 13, 2021, 23. Doi.org/10.3390/su13095319; J. Chris McGlone, vd., 1046-1047.

[130] Matthew Magnani, Matthew Douglass, Whittaker Schroder, Jonathan Reeves, David R. Braun, "The Digital Revolution to Come: Photogrammetry in Archaeological Practice" [Dijital Devrim Geliyor: Arkeolojik Uygulamalarda Fotogrametri], *American Antiquity*, 85(4), Cambridge University Press, 2020, 737.

[131] C. Castagnetti, P. Rossi, A. Capra, "3D Reconstruction of Rock Paintings: A Cost-Effective Approach Based On Modern Photogrammetry For Rapidly Mapping Archaeological Findings" [Kaya Resimlerinin 3 Boyutlu Yeniden İnşası: Arkeolojik Bulguların Hızlı Haritalandırılması İçin Modern Fotogrametriye Dayalı Uygun Maliyetli Bir Yaklaşım], *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 364, 2018, 2.

çalışmalara daha çok, özellikle mimari formun tanımlanması için hazırlanan teknik çizimlerin hazırlanması, restorasyon ve konservasyon çalışması yapan birimler ve bu konularda akademik araştırma yapan bilim insanları tarafından ihtiyaç duyulmaktadır[132]. Gelişen teknoloji ile birlikte aslında var olan fotogrametrik uygulamaların görüntü fotogrametrisinden farklı olarak üç boyutlu verilerin oluşumuna kolaylık sağladığı için, bütün bilim dalları tarafından kabul görmüş ve her geçen gün giderek artan bir nitelik kazanmıştır[133].

Arkeoloji de fotogrametri, aslında kendi başına genel anlamda bir amaç değil, bir araç olarak kabul görmüştür[134]. Kültürel varlıkların gelecek nesillere korunarak aktarılması adına dijital ortamda kayıtlarının yapılması, fotogrametrik modelleme yöntemleri ve bu yöntemi kullanan bilim çevrelerince mümkün olmuştur. Bu yöntemin en fazla kullandığı teknolojik imkânlardan biri ise İHA sistemleridir. Arkeolojik alanlarda drone kullanılarak araştırmalar yapma çalışmaları ilk olarak 2005 yılında başlanılmıştır[135]. Fotogrametri ve İHA teknolojisinin sayesinde her türlü kültür varlığının hasar durumu ve eksiklikleri üç boyutlu bir şekilde tespit edilerek modellenmekte ve bu modeller üzerinden restorasyon çalışmalarında altılık olarak kullanılması için sanal ortamlarda bütünleme çalışmaları yapılmaktadır. Ayrıca Arkeoloji' de İHA sistemleri ve fotogrametri biliminin bir diğer katkısı ise temassız ve yapısal hasarlara sebep olmadan güvenli bir şekilde ölçümleme yapma imkânı sunmasıdır[136].

İHA'larla bütünleşmiş kamera ve sensör teknolojileri sayesinde oluşturulan verilerin doğruluk payı çok yüksektir. Bu sebepten dolayı, fotogrametrik yöntemler klasik yöntemlerden daha verimli, daha avantajlı ve daha hızlı imkânlar sunduğu için daha çok tercih edilmektedir. Gelişen teknolojik yeniliklerle özellikle GPS ve kamera sistemleri bulunan İHA'lara, akıllı cep telefonu ve tabletler ile otonom uçuş imkânı sunan yazılım programlarının entegre olması, özellikle havadan SfM modelleme yöntemi kullanım

---

132 R. W. A. Dallas, 441

133 John McCarthy, vd., 4.

134 Mariusz Wiśniewski, Katarzyna Zeman Wiśniewska, "Photogrammetric Documentation of Archaeological Artefacts: The Current State of the Art and FutureProspects" [Arkeolojik Eserlerin Fotogrametrik Belgelenmesi: Sanatın Mevcut Durumu ve Gelecek Beklentileri], Raport *14*, Narodowy Instytut Dziedzictwa, 2019, 169.

135 John McCarthy, vd., 3

136 Osman Villi, Murat Yakar, 84-85.

imkânını daha kolay bir hale getirmiş ve arkeolojik çalışmalarda daha çok tercih edilen bir yöntem olmuştur[137].

İHA'lar, Arkeolojik araştırmalarda farklı nitelikte birçok veri elde etmek için kullanılmaktadır. Bu veriler genellikle Arkeolojik sit alanları (höyük, nekropol, yerleşim alanı, antik kent) arkeolojik kazı alanları ve tarihi yapıların belgelenmesi konusunda elde edilen (ortofotolar, DEM'ler, üç boyutlu modeller ve haritalar, termal görüntüler) gibi dijital nitelikte verilerden oluşmaktadır. Ayrıca İHA verileri 1:500 ölçekten fazla haritalama ve bu haritalar üzerinden elde edilen 2 boyutlu teknik (plan, kesit, vaziyet) CAD çizimleri içinde kullanılmaktadır[138].

Kültür Varlıklarının dijital verilerinin turizm açısından tanıtım niteliği taşıması, fotogrametrik üç boyutlu modelleme, CBS ve lazer teknolojisini bu alanda vaz geçilmez bir hale getirmiştir. Bu teknolojiler sayesinde; veri tabanı oluşumu, tarihi eserlerde risk yönetimi ve takibi, planlama ve görselleştirilme çalışmaları kolaylıkla ve yüksek doğrulukla elde edilmektedir[139].

Kültürel miras belgelendirirken birtakım gereklilikler söz konusudur. Mimari ve Arkeoloji alanında yapılan fotogrametrik uygulamalarda birçok açıdan farklı niteliksel özelliklere göre çalışma planı belirlenmektedir. Örneğin anıtlardaki mimari unsurların (yapısal, statik, teknik) ortaya çıkarılması. Koruma amaçlı restorasyon çalışmaları için anıtların malzeme türü, hasar durumları ve niteliklerinin tespiti, yapının mevcut bütünlüğünü ortaya koyacak vaziyet, plan, kesit çizimleri ve üç boyutlu modelinin oluşumu konularına göre yapılacak işlemler önceden ortaya konulmalıdır[140]. Arkeolojik alanlardaki kültür varlıkları ise kendi içinde özgün bir nitelik taşıdığı için yapılacak dijitalleştirme çalışmaları da her alan ve her nesne için farklı bir şekilde planlanması germektedir. Aynı şekilde haraketli ve sabit nesnelere yönelik çalışmalarda kendi içinde farklılık taşımaktadır. Bu nedenle bütün çalışmalara cevap verebilecek tek bir kayıt

---

137 Matthew Magnani, vd., 12

138 Saadet Armağan, Güleç Korumaz, Ferruh Yıldız, "Positional Accuracy Assessment of Digital Orthophoto Based on UAV Images: An Experience on an Archaeological Area" [İHA Görüntülerine Dayalı Sayısal Ortofotonun Konumsal Doğruluk Değerlendirmesi: Arkeolojik Bir Alan Üzerinde Bir Deneyim], *Heritage*, 4, 2021, 1305. Doi.org/10.3390/heritage4030071.

139 Carmen Marín Buzón, vd., 4.

140 Petros Patias, "Cultural Heritage Documentation" [Kültürel Miras Belgelendirmesi], (Ed.) John Fryer, Harvey Mitchell, Jim Chandler, *Applications of 3D Measurement from Images*, Whittles Publishing, 2007, 229.

yöntemi olamayacağı için, kullanılacak yöntemlerin ve araçların, çalışma yapılacak alanlara veya nesnelere ait niteliklere göre belirlenmesi gerekmektedir[141].

Fotogrametri, düşük maliyeti ve kullanım kolaylığı nedeniyle arkeolojide dijital kayıt yöntemi olarak oldukça yararlı bir araç olarak tercih edilmiştir. Fotogrametrik modelleme yöntemi lazer tarama sistemli modellere göre daha maliyeti düşüktür. Özellikle hava fotogrametrisi, analiz yapma olasılığını artırmakta ve tehlikeli, ulaşım imkânı olumsuz olan alanların araştırılması ve ölçekli modellerinin oluşturulması ihtiyacına da cevap vererek daha kullanım olanağı sunmaktadır[142]. Bu açıdan, pahalı üç boyutlu tarama yöntemlerine göre daha maliyetli ve rekabetçi bir niteliktedir[143]. Yapılan çalışmalarda maliyeti yüksek kameraların haricinde metrik veya metrik olmayan amatör kameralarla bile kazı alanlarında yapılan fotogrametrik çalışmaların tam doğru bir belgeleme sağladığı, ayrıca nesnelerin doğru bir şekilde yeniden modellenmesinin sağlandığı tespit edilmiştir. Bu durum, arkeolojinin bütün alanlarında giderek daha fazla tercih edilmesini ve gelişerek kullanımını sağlamıştır [144].

1.3.1. Arkeolojik Kazılar ve Dokümantasyon

Arkeoloji de sürece yönelik yapılan çeşitli kazı çalışmaları bulunmaktadır. Bunlar: Kurtarma kazıları, mezar ve mezarlık kazıları, yerleşim yerleri içinde özel durum gerektiren kazılar, nemli alanlardaki kazılar, altyapısı ve ulaşım imkânı çok zor olan alanlardaki kazılar, sualtı kazıları, avcı ve toplayıcı kültüre ait alanların kazılması gibi birçok kazı alanında özellikle hızlı sonuç alma durumu söz konusu olduğunda fotogrametrik yöntemler, hem mevcut çalışmanın devamlılığı hem de daha kısa sürede, doğru bir şekilde belgeleme ve kayıt çalışmalarına olanak tanımaktadır. Üstelik bu

---

[141] Daniel Blersch, Christoph Held, Markus Mettenleiter, Christoph Fröhlich "Towards Sustainable Digitization: Technology Solutions for Complex and Challenging Survey Projects" [Sürdürülebilir Dijitalleşmeye Doğru: Karmaşık ve Zorlu Araştırma Projeleri için Teknoloji Çözümleri] (Ed.) Ioannides, M., Patias, *P3D Research Challenges in Cultural Heritage III. Lecture Notes in Computer Science*, Springer Cham., 2023, 34. Doi.10.1007/978-3-031-35593-6_4.

[142] Matthew Magnani, vd., 13

[143] Kate Kelly, Rachel K. L. Wood, *Digital Imaging of Artefacts: Developments in Methds and Aims, [Eski Eserlerin Dijital Görüntülenmesi: Yöntem ve Amaçlardaki Gelişmeler],* Archheopress Publishing Ltd., Oxford 2018, 21.

[144] Petros Patias, 243-247; Yunus Kaya, Abdurrahman Yasin Yiğit, "Dijital El Kameraları Kullanılarak Kültürel Mirasın Belgelenmesi*", Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2(2), 2020, 37.

çalışmalar daha sonradan en az veri kaybı ile yeniden değerlendirilme imkânına da sunmaktadır[145].

Arkeolojik kazının asıl amacı eski kalıntıları ve eserleri mümkün olan en az tahribatla ortaya çıkarılmasını sağlamak, yazılı ve teknik çizimler şeklinde kayıtlarını yapmaktır. Bu kayıtlar, yüzey özelliklerini ortaya koyan ölçekli çizimler (plan, kesit, cephe profili, nesne çizimleri) şeklide gerçekleştirilmektedir[146]. Dolayısıyla Arkeolojik kazı alanlarında plan ve kesitleri çizilmesi süreklilik arz etmektedir. Bu çalışmalar geleneksel yöntemlerde çalışma alanı çeşitli büyüklüklerde ızgara planlı bir sisteme göre el ile çizilmeye devam edilmiştir. Fakat kazı alanlarında ortaya çıkarılan yapı kalıntıları ve buluntuların detaylı teknik çizimleri ve kayıtlarının yapılması klasik yöntemlerle oldukça fazla iş gücüne ve zaman ihtiyaç duyulmaktadır[147]. Kazı sürecinden en fazla ihtiyaç duyulan alanlardan biri bu teknik çizim çalışmalarının daha hızlı ve yüksek doğrulukta kaydının gerçekleştirilmesidir. Bu çalışmalar için fotogrametrik yöntemler oldukça elverişli bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır[148]. Bu fotogrametrik yöntemlerin kullanımı ilk dönemlerde yaygın olarak uygulanmasa da günümüzde hemen birçok kazıda yaygın bir şekilde tercih edilen bir yöntem olarak yerini almıştır[149].

Arkeolojik kazılarda katmanlar halinde yürütülen bir çalışma sistemi bulunmaktadır. Bir kültür katmanı kazıldıktan ve diğer bir katmana geçiş yapılırken o alanın mevcut hali ile yorumlama imkânı kaybolacağı kaçınılmaz bir durum olduğu için, ortaya çıkan yorumun değiştirilemez bir nitelik taşıması gerekmektedir. Çünkü katmanlar kaldırıldıktan sonra ölçülemeyeceği ve yeniden analiz edilemeyeceği için, tabakanın mevcut durumunun korunması[150] ve en az veri kaybı ile kaydının gerçekleştirilebileceği bir yöntem olarak fotogrametrik modelleme yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır[151]. Kazıların yıkıcı ve geri döndürülemez bir süreç olması sebebiyle fotogrametrik yöntemlerin kullanımı, geçmiş kültürlere ait niteliklerin gelecek nesillere olabildiğince

---

145 Petros Patias 239-240.
146 Justin J. L. Kimball, 3.
147 Murat Yılmaz, vd., 23.
148 Elif S. Kork, *Arkeolojik Araştırmalarda Kültürel Mirasın Belgelenmesi ve İzlenmesi Sürecinde Fotogrametrinin Uygulama Alanları*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Muğla 2006, 107-108.
149 R. W. A. Dallas, 444.
150 Matthew D. Howland, Falko Kuester, Thomas E. Levy, "Photogrammetry in The Field: Documentıng, Recording, and Presenting Archaeology" [Sahada Fotogrametri: Arkeolojinin Belgelenmesi, Kaydedilmesi ve Sunulması], *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 14(4), 2014, 102.
151 Justin J. L. Kimball, 12

doğru bir şekilde aktarılmasını sağlamak adına yüksek çözünürlüklü kayıt teknikleri ile elde edilen veriler, gelecekte yapılacak olan çalışılmalarda daha doğru varsayımlarda bulunulmasına olanak tanımaktadır[152]. Ayrıca bir diğer faydası ise, kazıların bu yıkıcı bir etkisinden dolayı, kazı alanlarındaki mevcut niteliklere (katmanlar da elde edilen nesneler, kalıntıların birbiri ile olan ilişkileri, tortulaşmış dokular) ait verilerin korunması, hızlı bir şekilde kayıt edilmesi ve fark edilmeden kaydı yapılamayan ve yanlış yapılan ayrıntılarında daha sonradan fotogrametrik yöntemlerle birlikte daha detaylı bir şekilden yeninden analiz edilme imkânı sağlamasıdır[153]. Bir diğer husus ise Arkeolojik kazılarda eğrisel hatların ve detayların çok fazla olduğu alanlarda, özellikle *in situ* durumda elde edilen eserlerin ölçekli teknik çizim ve üç boyutlu modellerin oluşturulmasında daha emniyetli, hızlı, kolay bir şekilde kayıtlarının oluşturulmasında fotogrametri, klasik ölçüm tekniklerine oranla daha üstün niteliklere sahiptir[154]. Fotogrametrinin, obsidyen eserler gibi küçük nesnelerin üç boyutlu modellerini oluşturmak, fosil gibi diğer küçük buluntuları ve müzelerdeki nesneleri dijital olarak belgelemek, Osteologlar (kemik bilimciler), Zooarkeoloji alanı ve sualtı arkeolojisindeki batıklar, hassas ve kırılgan nesneler ile çanak çömleklerin belgelenmesi, çivi yazısı tabletleri belgelenmesi ve yeniden oluşturması, gibi konularda da kullanımı söz konusudur[155].

Arkeoloji de kazının sürekliliği ve planlama çalışmaları çok önemlidir. Özellikle kazı alanının bütünü ve kazı açmasına ait koordinatlı bir şekilde nokta bulutlarının oluşturulması, ağ modelleri ve ortofoto haritalarının oluşturulması, üç boyutlu dokulu modellerin gerçekleştirilmesi artık günümüzde kazılar açısından vaz geçilmez bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmalar mevcut durumun kaydını oluşturduğu gibi sonradan ofis ortamında da çalışma imkânı sunmaktadır. Ayrıca kazı alanlarında bir sonraki sürecin planlanabilmesi için çeşitli periyotlar halinde ortofoto görüntülerine ihtiyaç duyulmaktadır.[156]

---

[152] J. De Reu, W. De Clercq, J. Sergant, J. Deconynck, P. Laloo, "Orthophoto Mapping and Digital Surface Modeling for Archaeological Excavations an İmage-Based 3D Modeling Approach" [Arkeolojik Kazılar İçin Ortofoto Haritalama ve Dijital Yüzey Modelleme, Görüntü Tabanlı 3D Modelleme Yaklaşımı], *2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*, Marseille, France, 2013, 205. Doi: 10.1109/DigitalHeritage.2013.6743734.

[153] Matthew Magnani, vd., 8

[154] Elif S. Kork, 85.

[155] Mariusz Wiśniewski, vd., 171.

[156] M. Vlachos, vd., 1196; H. Murat Yılmaz, Hakan Karabörk, Murat Yakar, "Yersel Fotogrametrinin Kullanım Alanları", *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4 (1), 2000, 21.

Günümüzde Arkeoloji' de giderek daha fazla tercih edilen bir konu ise eserlerin üç boyutlu modellerin oluşturulmasıdır. Fotogrametrik üç boyutlu modelleme yönteminin kullanımı, geleneksel yöntemlere kıyasla veri kalitesinde büyük oranda artış sağlamıştır. Bu yöntem, arkeolojik nesnelerin mevcut yapısal özelliklerinin üç boyutlu olarak kayıtlarının yapılması ile nesnelerin daha anlaşılır olmasına ve kazıda bulunamayan başka arkeologlar tarafından da kazı çalışmalarının aşamalar halinde sanal olarak ziyaret edilmesine olanak tanımıştır. Sağladığı imkânlardan dolayı bu sistem günümüzde daha fazla tercih edilmekte ve geleneksel kayıt sistemlerini giderek değişme zorlamaktadır[157].

1.3.2. Arkeoloji de Fotogrametrik Koruma

Günümüzde tarihi eserlerin üç boyutlu olarak modellenmesi, kültürel mirasın korunması adına çok önem arz etmektedir. Bu koruma özellikle, turizm, doğal afetler, savaş vb. dış etkenlerden kaynaklanan etkiler sonucu kültür varlıklarının yok olma durumuna karşın alınabilecek bir önlemdir. Bu eserlerin dijital kayıtlarının gerçekleştirilmesi ve sanal ortamda erişim imkânı tanınmasın, farklı disiplinlere ait bilim insanları tarafından araştırma özelliğini de olumlu yönde etkilemektedir. Bu durum ayrıca araştırmacılara, eserlerin özgün dokusuna zarar vermeden veri tabanları üzerinden aynı eseri eş zamanlı olarak analiz etme özelliği de sunmaktadır. Fotogrametrik kayıtlar, tarihi yapılarda veya küçük arkeolojik eserlerin özgün niteliklerinin (koordinat, renk, boyut, fiziki özellikler, malzeme çeşitliliği) zaman içinde meydana gelebilecek olumsuzluklara karşı bir kayıt sistemi özelliği taşımakta ve eserlerin özgün hallerine göre restorasyon çalışmalarında ve modellerinin oluşumunda altlık olarak kullanılmaktadır. Ayrıntılı dokulara sahip olmak için yüksek çözünürlük önemlidir. Fotogrametrik ve mesafe ölçme tabanlı ölçme sistemleri gerçek obje geometrisinin belirlenmesinin yanı sıra objenin coğrafi referansı ile modellenmesi imkânı da sağlamaktadır[158].

Tarihi yapılarda ve eserlerde karşımıza çıkan karmaşık formlar ve çok detaylı bezemelerin ölçekli çizimleri, klasik yöntemlerde oldukça çok zaman almakta ve doğruluk konusunda sorunlar çıkarmaktadır. Fotogrametri ile bu detaylar yüksek

---

[157] Justin J. L. Kimball, 15.

[158] Zekeriya Kaçarlar, "Küçük Objelerin Üç Boyutlu (3B) Modellenmesinde Kullanılan Teknikler", *Türkiye Lidar Dergisi*, 5(1), 2023, 9. Doi.org/10.51946/melid.129788; Mustafa Emre Döş, Abdurrahman Yasin Yiğit, "Küçük Ölçekli Tarihi Eserlerin Fotogrametri Yöntemi ile 3B Modellenmesi ve WEB Tabanlı Görselleştirilmesi", *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5(1), 2023, 21.

doğrulukta, daha kısa sürede elde edilmekte ve daha ayrıntılı şekilde çizimler yapma imkân tanımaktadır. Ayrıca eserlerdeki niteliklerin dış etkenlerden kaynaklı bozulma olasılıklarına karşı dijital belgelemeler ile mevcut nitelikleri saklanmaktadır. Bu sebepten dolayı fotogrametrik yöntemler, rölöve projeleri ve restorasyon çalışmalarında giderek yaygın hale gelmiştir[159].

1.3.3. Sualtı Arkeolojisinde Fotogrametri

Genel anlamda sualtı arkeolojisi, insanın geçmişine ait maddi kültür niteliği taşıyan ve sular altında kalan varlıkların ortaya çıkarılması ile ilgilenmektedir[160]. Yersel fotogrametri alanında başlayan uygulamalar, arkeolojik alanların genelinde kullanılmasıyla birlikte su altında da kullanılmaya başlanmıştır[161].

Sualtı Arkeolojisinde fotogrametrik çalışmalara ilk olarak 1960'lı yıllarda başlanılmıştır. Bu dönemde, ilk olarak Washington Donanma Oşinografi Ofisi, Joseph Pollio yönetiminde ilk defa bir denizaltı üzerinde su altı fotogrametrisi deneyi gerçekleştirmiştir. Ülkemizde ise 1964 yılında National Geographic Society'nin desteğiyle Türkiye'de Asherah denizaltısı tarafından, 35 metre derinlikte Yassı Ada yakınlarında 2 adet Bizans dönemine ait batık gemi üzerinde ilk defa stereoskopik fotoğrafların çekimleri yapılmıştır[162].

Gelişen teknolojik imkânlarla birlikte fotogrametrik modelleme yöntemi, su altındaki arkeolojik buluntuların detaylarına kadar tam ve doğru bir şekilde kayıtlarının gerçekleştirilmesine ayrıca yeniden modellerinin oluşturmalarına yardımcı olmaktadır. Bu durum sualtı arkeolojisinde kazı sürecinde büyük bir kazanım sağlamış, su altındaki günlük değişebilecek niteliklerin anında kaydedilmesini de hızlandırmıştır. Böylece bu sistem, arkeologlara hızlı bir şekilde kazı planlaması ve çalışmaların yönlendirilmesi konusunda bir avantaj kazandırmıştır[163].

---

159 H. Murat Yılmaz, vd.,19.

160 John McCarthy, Jonathan Benjamin, Trevor Winton, Wendy van Duivenvoorde, "The Rise of 3D in Maritime Archaeology" [Denizcilik Arkeolojisinde 3B'nin Yükselişi], *3D Recording and Interpretation for Maritime Archaeology*, Springer, 2019, 2. Doi. 10.1007/978-3-030-03635-5.

161 John McCarthy, The Rise of 3D in Maritime Archaeology, 2.

162 Pierre Drap, "Underwater Photogrammetry for Archaeology" [Arkeoloji için Sualtı Fotogrametrisi], (Ed.) Daniel Carneiro da Silva, *Special Applications of Photogrammetry*, InTech, Croatia, 2012, 112; John McCarthy, The Rise of 3D in Maritime Archaeology, 11.

163 M. Vlachos, vd., 1195.

Sualtı fotogrametrisi yöntem olarak yersel ve hava fotogrametrisi ile aynı özellikler göstermektedir. Su altında dikkat edilmesi gereken bazı önemli hususlar bulunmaktadır. Özellikle su altında görüntüye etki eden ve bulanıklığa neden olan durumlardan dolayı daha çok yankın mesafeden fotoğraf çekmeyi zorunlu hale getirmektedir. Bu durum süreç olarak uzun sürse de doğruluk açısından olumlu bir sonuç elde edilmesine olanak tanır. Ayrıca kamera koruyucuları ve bunların niteliklerine göre koruma muhafazaları bazı durumlarda sorun oluşturabilmektedir. Fotogrametri yine de sualtı için birçok teknikten daha kullanışlı ve elverişlidir. Uygulamanın kolaylığı, çeşitli sonuçlar elde etme yeterliliği (üç boyutlu modelleme, haritalama, ortofoto oluşumu) Arkeologlar tarafından giderek daha fazla kullanılmasını sağlamaktadır[164].

Sualtı Arkeolojisinde kullanılan fotogrametrik çalışmalar yersel fotogrametri yöntemlerini kullanmaktadır. Fakat sudaki ışık kırılmaları, dalgalanmalar, kamera su geçirmezlik muhafazasının varlığı gibi etkenler, su altında görüntü kalitesini düşüren zorluklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Su altında fotoğraf çekmek için dalgıç veya özel su altı araçları olan (ROV) kullanılarak gerçekleştirilmektedir[165]. İHA sistemlerinin hava fotogrametrisi için verimliliği nasılsa, sualtı içinde uzaktan kumandalı su altı aracı olan, ROV aynı niteliğe sahiptir. Bu sistemin pratikliği, dalgıç kullanmadan ve çok uzun süre eğitim gerektirmeden basit bir şekilde ön eğitim ile kullanılabilir olmasıdır. Özel bir teknik personele gerek kalmadan, daha kısa sürelerde çalışmalara cevap verebilecek nitelikte daha maliyetli bir sistemdir[166].

Su altında fotogrametrik çalışmalar yürütmek birtakım zorlukları da beraberinde getirmektedir. Bunlardan en fazla etki eden unsurların başında deniz suyu seviyesindeki değişiklikler ve sualtındaki araştırma alanının görünümünün geçen zaman ve su akıntıları ile değişebileceği[167] ve su altında farklı davranışlar sergileyen ışık gelmektedir. Suyun optik özellikleri ve aydınlatma koşulları, su altı görüntülerini ciddi şekilde etkilemektedir. Suyun derinliği arttıkça, ışık emilimi de artmakta ve bu durum nesnelerin renklerindeki özellikle kırmızı renk dalgasını olumsuz yönde etkileyerek daha fazla yeşil ve mavi

---

164 Pierre Drap, 114.

165 Julien Guery, Mona Hess, Aurore Mathys, "Photogrametry" [Fotogrametri], (Ed.) Anna Bentkowska, Lindsay Macdonald, *Digital Techniques For Documenting and Preserving Cultural Heritage,* Arc Humanities Press, 2017, 243. Bradford.

166 Pierre Drap, 114.

167 John McCarthy, vd., 5

rengin hakim olduğu bir görüntü oluşmasına sebep olmaktadır. Ayrıca suya vuran ışığın enerjisinin su tarafından emilimi sonucu optik olarak ışınlarda dağılma meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra su altı akıntıları, dalgalanmalar, çeşitli parçacıkların varlığının kirli ve bulanık bir görünüme sebep olacağı dikkat edilmesi gereken hususlardandır[168].

Su altında kalan antik döneme ait kalıntıların ve batık gemilerin yer aldığı enkaz alanlarının detaylı bir şekilde üç boyutlu olarak haritalarının oluşturulması gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Bu alanların su altında bulunması, arkeologlar ve genel ziyaretçiler açısından kolay ulaşılabilir olmaması nedeniyle, bu alanların sanal olarak gerçeğine en yakın doğrulukta diğer araştırmacı ve ziyaretçilerin erişimine uygun bir hale getirilmesi büyük bir önem arz etmektedir. Bu durum ise, Fotogrametrik modelleme yöntemi ile çözüme ulaşmıştır[169]. Bilgisayar destekli fotogrametrik modelleme yöntemi, arkeolojik araştırmacılara hızlı bir şekilde geçmişi yeniden inşa etme ve üç boyutlu görüntüler üzerinden arkeolojik verileri analiz edebilme bir imkânı sunmuştur[170].

1.3.4. Sanal Müze ve Dijital Restorasyon

Müzelerde yer alan eserlerin korunması ve daha geniş kitlelere sanal ortamlarda erişimi imkânı tanınması dijital fotogrametrik belgeleme yöntemleri ile mümkün hale gelmiştir[171].

Ayrıca bu yöntemin en güzel yanlarından biri ise eserlerin dijital modellerinin saklanması ve dijital faklı ortamlarda kullanma ve sanal olarak paylaşıma açık bir nitelik taşımasıdır[172].

---

168 M.Vlachos, L. Berger, R. Mathelier, P. Agrafiotis, D. Skarlatos, "Software Comparison for Underwater Archaeological Photogrammetric Applications" [Sualtı Arkeolojik Fotogrametrik Uygulamaları için Yazılım Karşılaştırması], *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII (2), 2019, 1195. Doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-271-2019; Metehan Samet Gül, *Sualtı Kültür Mirası'nın Belgelenmesinde Güncel Fotogrametri Yöntemleri*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi Akdeniz Uygarlıkları Araştırma Enstitüsü Antalya 2021, 21-23.

169 Pierre Drap, 113.

170 Matthew Suarez, Frederic Parke, Filipe Castro, "A Procedural Approach to Computer Aided Modelling in Nautical Archaeology" [Denizcilik Arkeolojisinde Bilgisayar Destekli Modellemeye Prosedürel Bir Yaklaşım], John McCarthy, Jonathan Benjamin, Trevor Winton, Wendy van Duivenvoorde (Ed.), *3D Recording and Interpretation for Maritime Archaeology*, Springer, 2019, 125. Doi. 10.1007/978-3-030-03635-5.

171 Julien Guery, vd., 235.

172 Matthew Magnani, vd., 8.

Dijital yakın mesafe fotogrametrisi, her boyutta ve her nitelikte kültürel miras öğelerinin kaydı ve belgelenmesi için temassız ve güvenilir bir yöntemdir. Bu yöntem ile bir eserin mevcut durumu (hasar, renk, form) üç boyutlu modellenerek elde edilmektedir[173]. Üç boyutlu fotogrametrik modelleme yöntemi, bütünlüğü bozulmuş arkeolojik erserler ve tarihi yapı kalıntıları hakkında sanal bir ortamda rekonstrüksiyon imkânı sunarak; örneğin bir tapınağın günümüze ulaşmayan bölümlerinin nasıl olabileceği, bir kemer formunun ne şekilde devam edebileceği, bir seramik eser parçasından bütününün nasıl bir formda olabileceği konularında ön fikir edinmemizi ve bu eserler hakkında birtakım hipotezler üretmemize olanak tanımaktadır[174]. Ayrıca bu yöntem ile tahribata uğramış yazıtların çözümlenmesi ve antik dönemdeki çömlek çeşitlerinin yaklaşık olarak bir benzerlerinin yeniden oluşturulmasını da mümkün kılmaktadır[175].

Günümüzde müzeler, ziyaretçilerle daha etkileşimli yöntemler araştırmaktadır. Bu yöntemlerin başında ise üç boyutlu sanal gerçeklik uygulamaları gelmektedir[176]. Üç boyutlu etüt ve modelleme alanında gelişen teknolojik yenilikler, risk altında olan birçok önemli kültürel mirasımızın dijital ortamda doğru bir şekilde korunmasını ve kayıt altına alınmasını sağlamıştır[177]. Bu kayıtlar ayrıca koruma amacıyla yapılacak olan işlemlerin tespiti içinde kullanılmaktadır. Üç boyutlu modeller aynı zamanda eserlerin ölçekli olarak replikalarının oluşturulmasına olanak sağladıkları gibi, gelişen teknoloji ile birlikte artık holografik[178] projeksiyonlarda altlık olarakta kullanılmaktadır[179]. Bu çalışmalar,

---

173 Julien Guery, vd., 229

174 Matthew Magnani, vd., 9.

175 Matthew Magnani, vd., 5.

176 Elisabetta Donadio, vd., 95.

177 Elisabetta Donadio, Luigi Sambuelli, Antonia Spanò, Daniela Picchi, "Three-Dimensional (3D) Modelling and Optimization for Multipurpose Analysis and Representation of Ancient Statues" [Antik Heykellerin Çok Amaçlı Analizi ve Üç Boyutlu (3B) Gösterimi için Modelleme ve Optimizasyon], (Ed.) Fabio Remondino, Andreas Georgopoulos, Diego González Aguilera, Panagiotis *Agrafiotis Latest Developments in Reality-Based 3D Surveying and Modelling,* MDPI AG, Basel 2018, 95, Doi:10.3390/books978-3-03842-685-1/6

178 Holografi: Kelime olarak Holografi sözcüğü Yunanca ὅλος (hólos; "bütün") ve γραφή (grafḗ; "yazı" veya "çizim") sözcüklerinden gelmektedir. Hologram lazer ışınları kullanarak üç boyutlu görüntü oluşturma işlemidir. B. Vikas Deep, Tanmoy Sarkar, "Holographic Projection and Its Applications in Future" [Holografik Projeksiyon ve Gelecekteki Uygulamaları], *International Journal of Science Technology & Management*, 4(1), 2015, 526.

179 Elisabetta Donadio, vd., 97.

müzelerde sanal uygulamalara daha çok yer verilmesine ve sanal müzelerin[180] açılmasına büyük bir katkı sunmuştur. Böylece web tabanlı uygulamalar ve internet siteleri üzerinden dünyanın her yerinden eserlerin dijital modellerini detaylı olarak görebilme ve inceleyebilme imkânı sağlanmıştır [181].

1.4. FOTOGRAMETRİK ORTOFOTO VE 3B MODEL ÜRETİM SÜRECİ

Bu bölüm de fotogrametrik iş akış sürecin temelinde yer alan birtakım ilkeler hakkında bilgiler verilmektedir. Aslında geleneksel fotogrametrik çalışmalar da uygulanan iş akış kombinasyonunu kullanan daha yeni, yüksek düzeyde otomatikleştirilmiş sistemler ile bu çalışmaların ne şekilde yapıldığı, hangi uygulamalar eşliğinde nasıl doğru veri elde edileceği hakkında yöntemler uygulamalı bir şekilde gösterilecektir.

Ölçeği ve mahiyeti ne olursa olsun çoğu çalışmada temel adımlar hemen hemen aynıdır. Proje planlaması sonrası görüntü yakalama (nesnenin bindirmeli bir şekilde fotoğraflarının çekilmesi), görüntü eşleştirme (mevcut görüntülerdeki eşleştirme işlemlerinin yapılması), yoğun nokta bulutu oluşturma, diğer verilerin elde edilmesi (dem, ortofoto, üç boyutlu model). Son olarak verilerin doğruluğunun analizi süreci ile çalışma tamamlanmaktadır[182]. (Şekil 1.3.)[183]

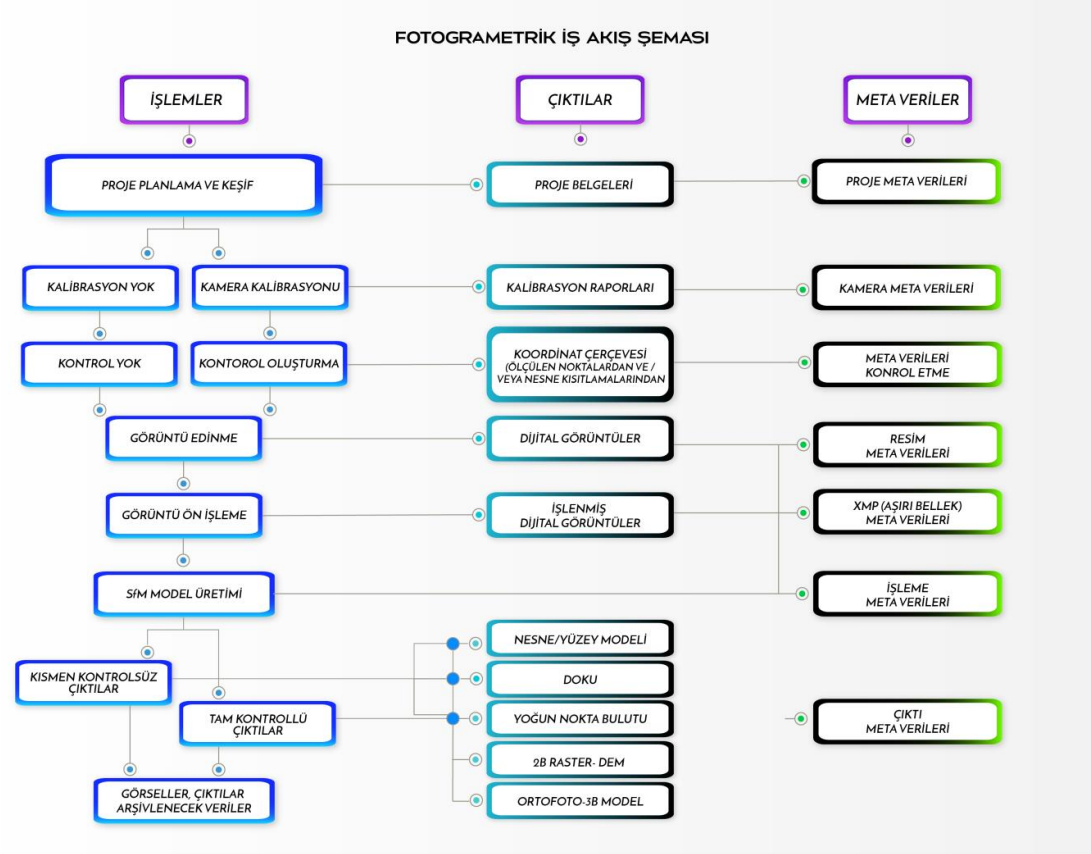
---

[180] Sanal Müze: Müze alanı için kültür varlıkları ve bilgi teknolojisinin birleştirilmesi ve dijital olarak sergilenmesi uygulanmasına genellikle Sanal Müze adı verilir. Sanal müze, müze deneyimini kişiselleştirme, etkileşim ve içerik zenginliği yoluyla tamamlamak, geliştirmek veya artırmak amacıyla müzenin özelliklerinden yararlanan dijital bir varlıktır. Thomas P. Kersten, Felix Tschirschwitz, Simon Deggim, Maren Lindstaedt, "Step into Virtual Reality-Visiting Past Monuments in Video Sequences and as Immersive Experiences" [Sanal Gerçekliğe Adım Atın-Geçmiş Anıtları Video Dizilerinde ve Sürükleyici Deneyimler Olarak Ziyaret Etmek] (Ed.) Fabio Remondino, Andreas Georgopoulos, Diego González Aguilera, *Panagiotis AgrafiotisLatest Developments in Reality-Based 3D Surveying and Modelling,* MDPI AG, Basel 2018, 193-194, Doi:10,3390/books978-3-03842-685-1/10.

[181] Petros Patias, 233.

[182] Jon Bedford, *Photogrammetric Applications for Cultural Heritage: Guidance for Good Practice [Kültürel Mirasa Yönelik Fotogrametrik Uygulamalar: İyi Uygulama Rehberi]*, Historic England, 2017, 4.

[183] Ek. 2'de tablonun detayına yer verilmiştir.



Şekil 1.3. Fotogrametrik İş Akış Şeması (Jon Bedford'dan işlenerek)

1.4.1. Görüntü Edinimi

Görüntü edinimi, fotogrametrik çalışmaların yapılacağı alanın veya nesnenin durumuna göre (arkeolojik kazı alanı, yapı kalıntısı, arkeolojik eserler vb. unsurlar) veya çeşitli niteliklere göre (stüdyo, hava, sualtı) fotoğraflama çalışmalarından oluşmaktadır. Aşağıda bu fotoğraf çekimi aşamalarında dikkat edilecek konular tek tek ayrıntılı olarak ortaya konulacaktır.

Öncelikle bir nesnenin fotoğraf çekimi yapılmadan o nesnenin yakalama geometrisi hesaplanmalıdır. Bu hesaplama ile nesnenin en iyi şekilde görüntülenebileceği (fotoğraf açıları, kadraj belirleme, teknik cihaz ayarları ve fotoğrafçılık ilkeleri) göz önüne alınarak belirlenmelidir. Böylece çekimlerin daha doğru gerçekleşmesi sağlanmış olacaktır[184].

[184] Fabio Remondino, vd., 14.

1.4.2. Fotoğraf Çekim Aşamaları

Fotoğraf çekimleri yapılırken dikkate alınması gereken önemli hususlar aşağıda verilmiştir. Fotoğraf çekimi yapılacağı zaman özellikle çekim yapılan nesnenin bütün yönlerden detaylı bir şekilde algılandığı bir saat dilimi veya ışık ortamının sağlanması gerekmektedir. Bu arazi şartlarında mümkün olduğu kadar gölge ışığın en az olduğu havanın bulutlu olduğu zamanlarda ve maksimum çözünürlükte gerçekleştirilmesi daha verimli sonuç doğurmaktadır. Bu şartlar mevcut zamanda sağlanmadıysa fotoğrafçılık ilkeleri doğrultusunda ortamdaki şartların iyileştirilmesi ve yapılan çekimin belirlenen şartlarda bütününün gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Yani bir nesnenin daha karanlık görünen bir yönünün farklı bir aydınlatma kullanarak çekim yapılması, oluşturulan modelde sorunlara sebep olma olasılığını yükseltmektedir.

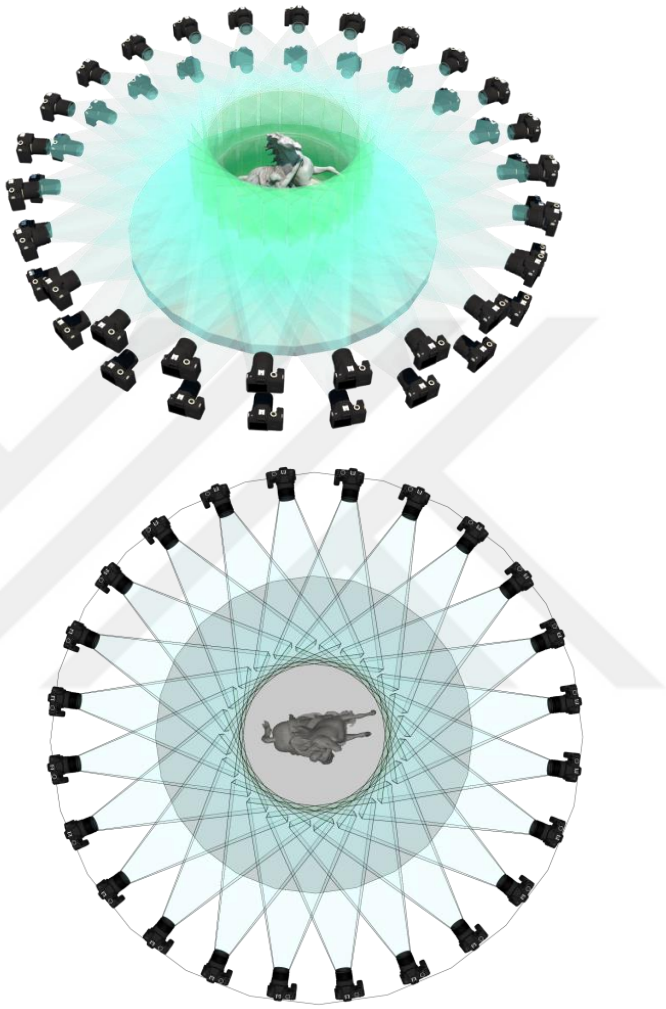
Öncelikle fotoğraf çekimi yapılan nesne eğer küçük bir obje ise etrafında dairesel bir plan dâhilinde belirli uzaklık ve açılardan hayali radyal bir çekim yolu izlenmelidir. Bu yol oluşturulurken nesnenin detaylarının ortaya konulması bakımından en az iki farklı yatay açıdan tam tur çekimler yapılmalıdır. Fotoğraf çekimi yapılırken özellikle lensin nesneye doğru mümkün mertebe 90^{o}'lik düz bir açı ile bakması ve en az % 60-80 arası bindirmeli şekilde çekimlerin yapılması gerekmektedir. Daha detaylı bir nesne çekimi yapılıyorsa bindirme oranlarının % 80-90 aralığında olması detaylı bir sonuç elde edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca modellemesi yapılacak nesnenin bütün yüzeylerinin çekimlerinin yapıldığı konusunda ve arka fonda haraketli unsurların bulunmadığı konusunda emin olunması gerekmektedir[185]. Bu şekilde çekilen fotoğraf sayısının yeterli olarak bütün açılardan gerçekleştirilmesi, oluşturulacak modelin doğruluğu açısından önemlidir.

Yapılacak çekimlerde fotoğraf makinalarının genel olarak, en iyi pozlama ile diyafram açıklığı, deklanşör hızı ve sensör hassasiyetinin dengeli bir şekilde olması ve daha net keskin fotoğraflar elde etmek için ayarlarını, fotoğraf makinasının imkânları nispetinde ayarlamak gerekmektedir. Bu kapsamda ayar, yüksek deklanşör hızına (bulanıklık olasılığını azaltmak için), mümkün olan en düşük ISO ayarına (görüntü

[185] Hasan Kemal Sürmen, 184-185; Elif S. Kork, 70.

gürültüsünü azaltmak için), keskinliği ve uygun alan derinliğini korumak için de en uygun diyafram açıklığına (genellikle f/8-f/11aralığı) getirilmelidir[186].

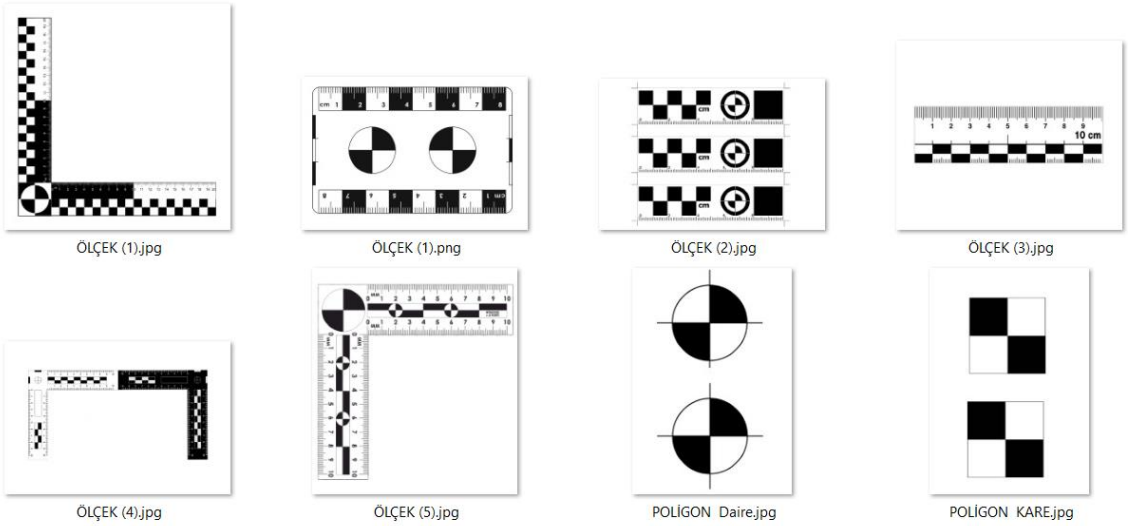
Bu konuda yeterli tecrübe kazanılmamışsa otomatik mod ile çekim yapma tercih edilebilir. (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Küçük Nesnelerde Fotoğraflama Yöntemi Çizim

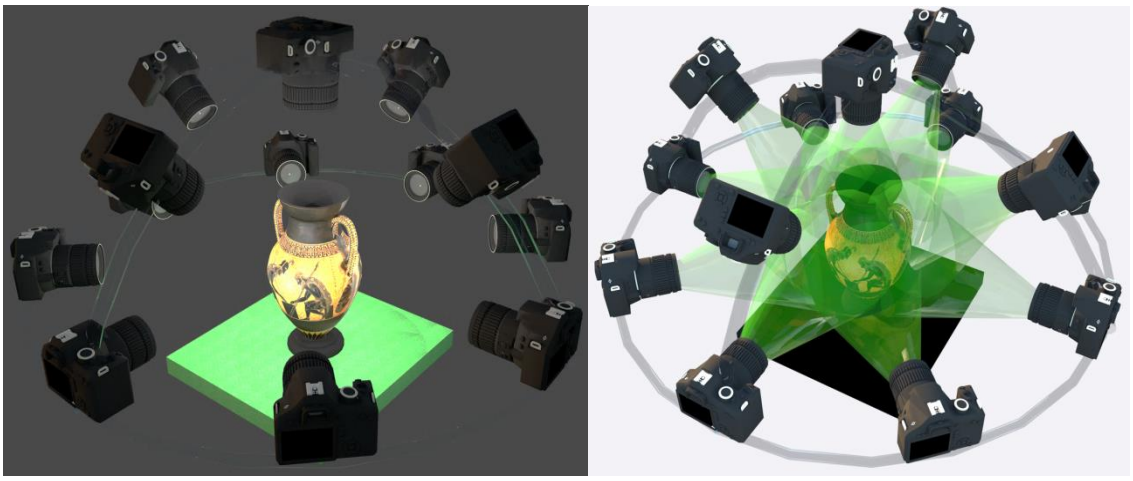
Nesnelerde çekimlerinin daha doğru ölçekte gerçekleştirilmesi için özellikle *in situ* durumda bulunan materyallerin çekimleri yapılırken ölçek ve yön oku kullanılmalıdır. Yeni bir kadraja geçildiği sahnede kesinlikle nesnenin yerinde veya yönünde değişiklik yapılmamalıdır (Şekil 1.5).

[186] Jon Bedford, 19.



Şekil 1.5. Ölçek Örnekleri ve Poligon Noktaları

Eğer çekimler bir stüdyo ortamında yapılacaksa, fotoğrafı çekilecek nesnenin her yönden eşit ışık alabilecek bir durumda olması, üzerinde bulunduğu alanda farklı kombinde bir rengin olduğu alt zemin ya da gölge oluşumuna engel olması adına zeminde mat yarı saydam pleksiglas bir levha bulunması gerekmektedir. Bu durum nesneye gelebilecek ışık kaynaklarından kaynaklanan gölgelerin zeminde emilimi sonucu gölgesiz daha doğru bir görüntü oluşmasını sağlamaktadır (Şekil 1.6. – Fotoğraf 1.1.)



Şekil 1.6. Nesnenin Stüdyo Ortamında Fotoğraf Çekilmesi



Fotoğraf 1.1. Zeminde Yarı Saydam Pleksiglas Malzeme Kullanımı (Hélène David-Cuny'den)

Küçük nesnelerde fotoğraf çekimi yapılırken stüdyo ortamı olan alanlarda dönel platform ve özel aydınlatma ortamı kullanılması daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır fakat kazılarda *in situ* durumda malzemelerin modellenmesi için tripod ve dönel sistem kullanım olanakları sınırlıdır. Bu durumda tamamen tecrübe ile sistematik bir şekilde el ile fotoğraf çekimleri yapılmalı ve duruma göre modelleme yapılması gerekmektedir[187].

Perspektif kanunları nedeniyle, fotoğraf makinesi nesneye yaklaştıkça fotoğrafın optik bozulması artar. Geniş açılı lenslerden (35 mm'den az) kaçınılmalı ve nesne kameradan daha uzağa yerleştirildiğinde daha uzun odak mesafesi kullanılmalıdır. En uygun odak uzaklığı nesnelerin boyutlarına göre değişir. Uzaktan fotoğraf çekmek, üst ve alt yatay çizgilerde kavisli olabilecek bozulmaların düzleşmesine yardımcı olarak bozulmayı azaltır[188] (Fotoğraf 1.2.).



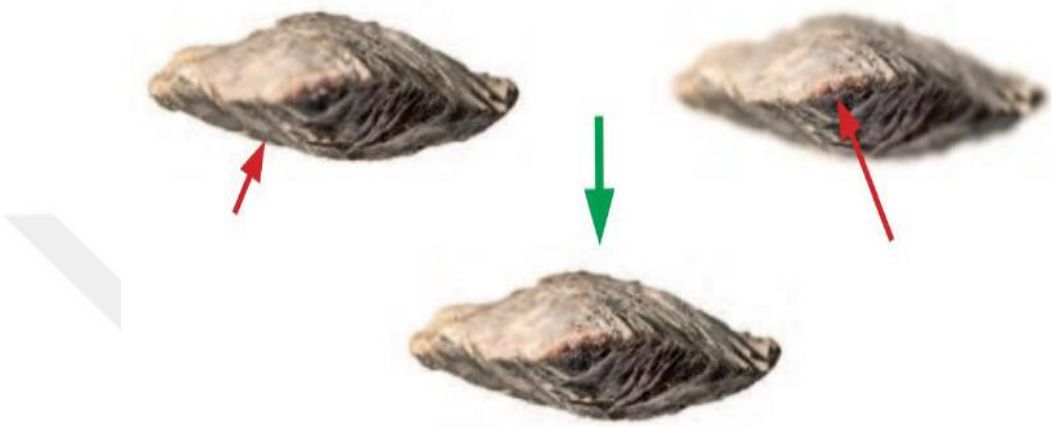
Fotoğraf 1.2. Nesne ve Kamera Arasındaki Mesafeye Göre Oluşan Perspektif Bozulması (Hélène David-Cuny'den)

---

187 Zekeriya Kaçarlar, 11

188 Hélène, David-Cuny, *Photography of Archaeologıcal Artefacts, The Basic Know-How For The Non-Photographer, [Arkeolojik Eserlerin Fotoğrafı, Fotoğrafçı Olmayanlar için Temel Bilgi Birikimi]*, 2021,3. doi:10.13140 / RG.2.2.21019.80168

Daha küçük ölçekli yapılan çekimlerde odak noktası dikkat edilmesi gerek diğer bir husustur. Eğe yakın mesafeden bir çekim yapılıyor ise objede optik netleme objektife en yakın olan alanda oluşacağından diğer bölümlerde bulanık bir görüntüye sebebiyet verecek ve bu durum nesnenin modelinin oluşumuna engel teşkil edecektir. Bu durumda çekimlerin otomatik netleme yerine el ile netleme ayarı yapılıp, eşit bir odak noktası belirlenerek gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Fotoğraf 1.3.).



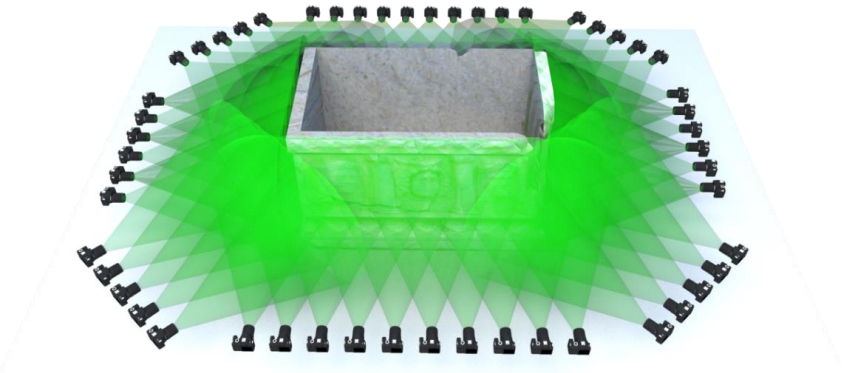
Fotoğraf 1.3. Odak Noktasının Manuel Olarak Ayarlanması (Hélène David-Cuny'den)

Arkeolojide küçük nesnelerin yanı sıra kazı açmalarında karşımıza çıkan mezar yapıları, mezar stelleri, lahitler gibi daha büyük ölçekteki unsurlarda ise fotoğraf çekimi mantığı genel anlamda yukarıda anlatılan bilgilerin yanı sıra özellikle nesnenin büyüklüğüne ve şekline göre fotoğraflama yönteminin belirlenmesi gerekmektedir.

Eğer nesne kare veya dikdörtgen bir formda ise fotoğraflama yöntemi yine aynı şekilde nesnenin etrafında kadraja alınabilecek bir mesafeden gerekli çekim ayarları, ölçekler ve poligon noktalarının yerleştirilmesi yapıldıktan sonra belirlenen bir köşeden başlanarak fotoğrafların çekimine başlanılmalıdır. Fotoğraf makinasının objektifi nesneye dik bir açı ile bakması gerekmekte ve % 60-80 arası bindirmeli[189] şekilde çekimlerin yapılması gerekmektedir (Şekil 1.4).

Fotoğraflar dik kadraj ya da yatay kadrajda mı çekileceği nesnenin durumuna göre çekimin başlangıcında belirlenmelidir. Çekim sırasında yatay ya da dikey başlayan çekim değiştirilmeden sonuna kadar aynı şekilde devam etmelidir. Asla sabit bir noktadan panoramik bir fotoğraf çekimi yapılmamalıdır.

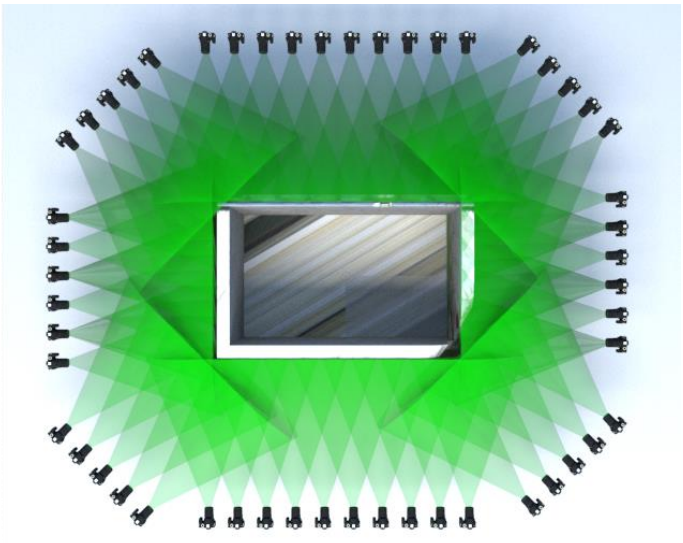
[189] Jon Bedford, 54.



Şekil 1.7. Büyük Nesnelerin Fotoğraf Çekimi

Fotoğraf kadraj aralıkları mümkün mertebe birbirine çok açık olmamalı ve köşe dönüşlerinde yapılan çekimin, köşeyi tam karşıdan görebilecek dik bir açıdan gerçekleştirilmesi, oluşturulacak modelimizin doğruluğunu olumlu yönde etki sağlayacaktır. Önemli olan husus dik açıdan bindirmeli olarak dikkatli bir şekilde fotoğraf sayısını az olmamasına dikkat ederek bir standartta gerçekleştirilmesidir. Bu durum zamanla tecrübe edilen bir durum olduğu için çekimlerin kalitesi ve çekim sayısının yeterliliği zamanla oluşacaktır (Şekil 1.8.)

Fotoğraf sayısının fazlalığı yetersiz olmasından daha iyi olacağından, kör nokta kalmayacak şekilde fotoğraf çekimi yapılması daha verimli olacaktır. Agisoft Methashape programı orijinal görüntülerle çalıştığından dolayı çekilen fotoğraflarda kesinlikle bir kırpma, yeniden boyutlandırma veya ışık-renk ayarında bir düzeltme yapılmamalıdır. Çünkü bu durum renk eşleştirme çalışmasını olumsuz etkileyebilir.



Şekil 1.8. Büyük Nesnelerde Fotoğraf Çekim Planı

Arkeoloji de an fazla kullanılan fotoğraf çekim yöntemlerinden bir diğeri ise İHA kullanılarak yapılan çekimlerdir.

Günümüzde İHA'lara entegre olan GPS sistemleri aracılığı ile aynı anda 10'dan fazla uydu ile bağlantı kurulmaktadır. İHA'larda ki bu GPS sistemi ile çekilen fotoğrafların koordinat bilgileri, dijital fotoğraflara işlenmektedir. Bu fotoğraflardaki koordinat verileri yazılım programları tarafından daha doğru görüntü eşleştirme ve üç boyutlu modellemelerde referans olarak kullanıldığı için çok fazla tercih edilir bir araç olmuştur[190].

İHA kullanırken dikkat edilmesi gerek bazı önemli hususlar bulunmaktadır. Bunların başında yasal prosedürler gelmektedir. Uçuş yapmadan önce mutlaka gerekli mercilerden yasal izinlerin alındıktan sonra hava şartlarına göre uçuş planı yapılmalıdır[191].

Uçuş planlaması, çalışma alanının doğal yapısı, çevresindeki araziye ve proje için gerekli olan fotoğraf türlerine göre şekillenmektedir. Öncelikle haritalama ve ortofoto çalışmaları için mi yoksa üç boyutlu modelleme için mi bir çalışma yapılacağı belirlenmelidir. Haritalama ve ortofoto için dikey fotoğraflama yeterli iken fotogrametrik modelleme için eğik stereo fotoğraflama da yapılması gerekmektedir. Eğik fotoğraflama için, güneşin konumu ve kameranın açısı, gölge faktöründen dolayı arzu edilen aydınlatmanın sağlanması için çok önemlidir.

Genellikle temel fotoğrafçılık ilkelerinde olduğu gibi güneşin gölge seviyesinin en az olduğu, havanın özellikle bulutlu olduğu dolayısıyla gölgenin daha az olabileceği zamanlar tercih edilmelidir[192].

---

[190] Michael Doneus, Martin Wieser, Geert Verhoeven, Wilfried Karel, Martı Fera, Norbert Pfeifer, Automated Archiving of Archaeological Aerial Images [Arkeolojik Belgelerin Otomatik Arşivlenmesi Hava Görüntüleri], *Remote Sensing*, Molecular Diversity Preservation International MDPI, 8 (209), 2016, 22. doi:10.3390/rs8030209; James S. Aber, vd.,123.

[191] 22 Şubat 2016 tarihinde Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan *"İnsansız Hava Aracı Sistemleri Yönetmeliği"* bu konudaki yasal sorumlulukları, alınması gereken önlemler, tanımlamalar, izinler ve İHA pilot/operatör lisansı ve sertifikaları hakkında hususlar içermektedir. Taylan Öcalan, Rasim Deniz, Mustafa Üstüner; "İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektörü ve İHA Fotogrametrisinin Ölçme Bağlamında Konumlandırılması", *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 3-6 Mayıs 2017 Bildirileri,* Ankara 2017, 7.

[192] James S. Aber, vd.,15; Jon Bedford, 55.

Bir diğer önemli husus ise çekim yapılan alanlarda bulunan su birikintileri ışık yansıması yapacağından dolayı çalışma yapılacak alanlarda varsa böyle bir durum çözüm bulunmalı veya buna göre bir değerlendirme yapılmalıdır[193].

Fotogrametrik model ya da haritanın doğruluğunun sağlanması için çalışma alanında koordinat bilgisi alınan birkaç noktaya YKN'ler ve ölçekler kullanılmalıdır. Bu kontrol noktaları yalnızca verileri mekânsal olarak konumlandırmak için değil, aynı zamanda verileri ölçeklendirmek ve yönlendirmek, otomatik görüntü hizalamanın optimizasyonu ve modeldeki doğrusal olmayan hataların azaltılması ve yeniden yapılandırması için de kullanılmaktadır[194].

Günümüzde fotogrametrik görüntü elde etmek için, esas olarak yükseklik, görüntü örtüşmesi, görüntü edinme noktaları, sensör tutumu ve uçuş hızı gibi amaçlanan uçuş parametrelerini içeren uçuş rotalarını doğru bir şekilde önceden tanımlama olasılığı nedeniyle genellikle otonom uçuş modları uygulanmaktadır. Otonom uçuş özellikleri, İHA sistemlerinde entegre olduğu gibi, tablet ve cep telefonu uygulamaları üzerinden de yapabilme özellikleri bulunmaktadır. Otonom uçuş modu, yerleşik navigasyon ünitesi, önceden tanımlanmış bir uçuş yolunu takip ederken konumu ve tutumu otonom olarak kontrol eder ve dengeler. Ayrıca sistem parametreleri gözlemlenebilir. Bu uçuş modu, geleneksel fotogrametrik uçuşlar için en kullanışlı yöntemdir çünkü görüntü alma noktalarına verimli ve doğru bir şekilde navigasyonun olanağı ile birlikte daha kontrollü bir uçuş ve fotoğraflama işlemi sağlamaktadır[195].

Otonom uçuş uygulamaları genellikle haritalama ve modelleme için ayrı mod seçenekleri sunmaktadır. İhtiyaca göre seçilen mod üzerinden devam edilerek uçuş parametreleri ayarlama ekranına geçilmektedir. Bu ekranda Google Maps veri tabanı üzerinden uçuş yapılacak çalışma alanının açılması, uçuş sınırları, uçuş yüksekliği ve görüntü bindirme oranlarının belirlenmesi yapılarak İHA'nın özelliklerine göre uçuş süresi ve rotası ayarlanmaktadır.

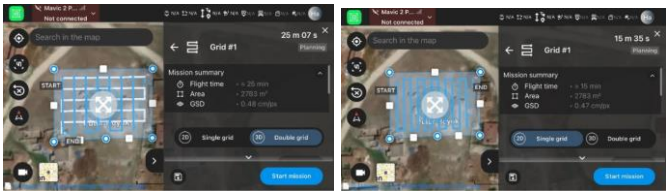
---

193 Jon Bedford, 73.

194 James S. Aber, vd., 42.

195 Henri Eisenbeiss Martin Sauerbier, Data Acquisition and Mapping, [Veri Toplama ve Haritalama], *Unmanned Vehicle Systems for Geomatics Towards Robotic Mapping*, Scotlnd, 2019, 182; James S. Aber vd., 124.

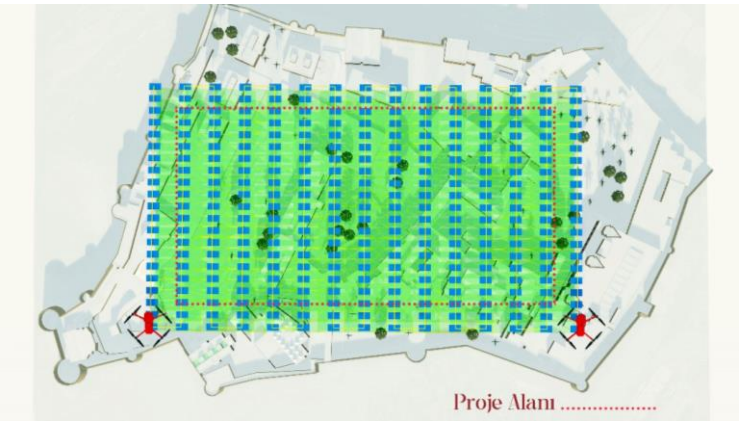
Uçuş yüksekliğinin artması görüntü piksel ölçüsü ve uçuş süresine de olumlu ve olumsuz sonuçları vardır. Yükseklik arttıkça uçuş süresi azalmakta, piksel boyutu ise büyümektedir. Yükseklik azaldıkça piksel oranları küçülmekte ve uçuş süresi artmaktadır Uçuş yüksekliği projede ki detaylar üzerinden değerlendirilerek belirlenmelidir. (Fotoğraf 1.4.).



Fotoğraf 1.4. İHA Otonom Uçuş Uygulama Arayüzü (Pix4d)

Uçuş parametreleri ayarlandıktan sonra uçuş rotası üzerinde herhangi bir ağaç, elektrik teli vb. etkenlerinin bulunup bulunmadığı gözle kontrol edildikten sonra uçuş güvenliği sağlanarak başlatılmalıdır. Hava şartları yağışlı ve fırtınalı ise uçuş yapılması güvenli ve verimli değildir. Eğer rüzgârlı bir havada uçuş yapılmak zorunda kalınırsa, uçuşu rüzgâr yönüne dik bir düzlemde ayarlanmalıdır. Bu durum İHA'ya gerek pil ömrü gerekse sabit hız konusunda avantaj kazandırmaktadır[196].

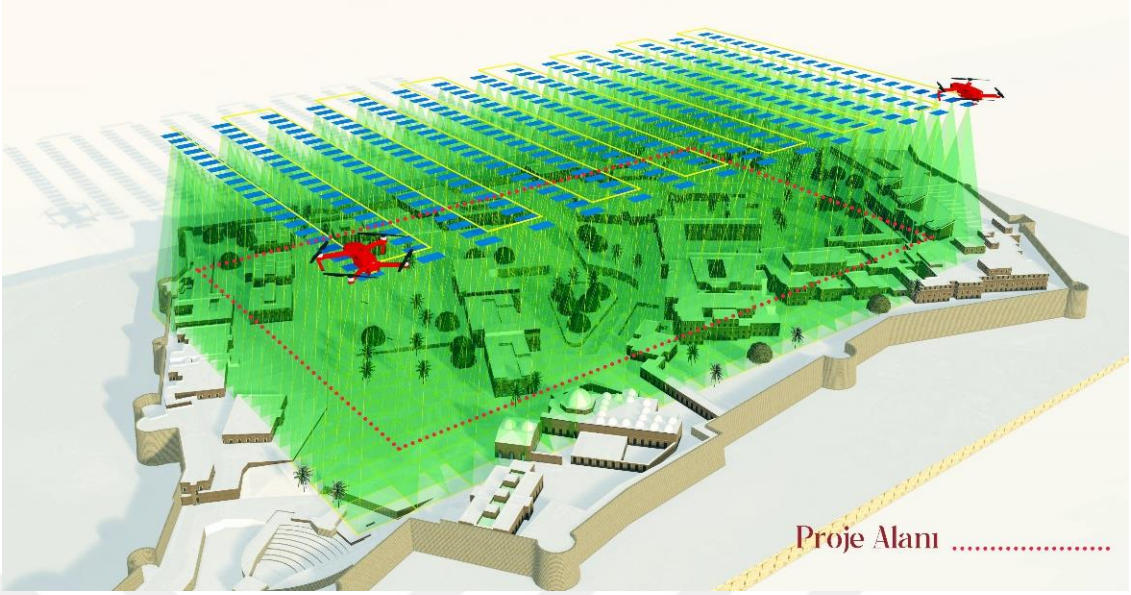
Proje alanının tamamının uçuş rotasına alınması ve yatayda ve dikeyde görüntü bindirme oranlarının mümkün olduğu kadar fazla (%90- %80) olmasına dikkat edilmesi oluşturulacak projenin doğruluğu ve hassasiyeti için çok önemlidir[197] (Fotoğraf 1.5-1.6.).



Fotoğraf 1.5. İHA ile Otonom Uçuş Görüntü Alma Planı

[196] Costas Armenakis, Julien Li-Chee-Ming, Ravi Ancil Persad, "Fundamentals For Uvs Data Collection and Processing" [UVS Veri Toplama ve İşlemenin Temelleri], *Unmanned Vehicle Systems for Geomatics Towards Robotic Mapping*, Scotland, 2019, 34.

[197] James S. Aber, vd., 25; Jon Bedford, 54.



Fotoğraf 1.6. İHA ile Otonom Uçuş Görüntü Alma Planı Cepheden

Otonom sistem üzerinden uçuş güzergâhı takip edilerek görüntü alma işlemi ihtiyaç doğrultusunda gerçekleştirilir. Sistem gerekli hallerde el ile de kontrol etme imkânı da sunmaktadır. İşlem sonrası cihaz güvenli bir şekilde başladığı noktaya dönüş yaparak iniş gerçekleştirir ve böylece İHA ile görüntü alma işlemi tamamlanmış olur.

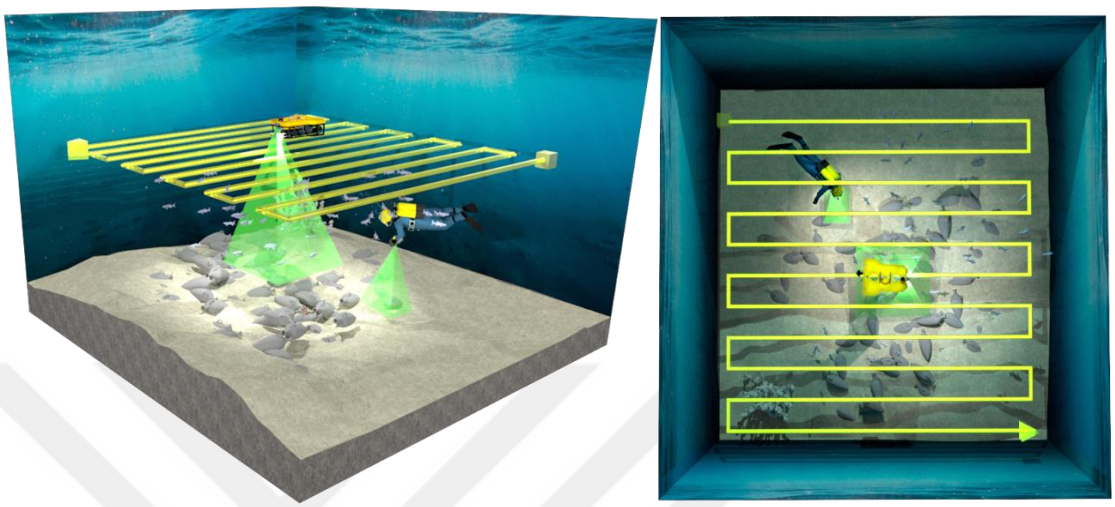
Fotogrametrik yöntemlerin kullanıldığı bir diğer alan ise su altıda yapılan arkeolojik araştırmalar, kazılar ve batıklar gelmektedir. Su altında bu tür sahalarda fotoğraf çekmek genel anlamda fotoğrafçılık ilkelerini barındırsa da kendi içinde bazı zorluklar bulunmaktadır.

Su altında fotoğraf çekimi yapmak için yaygın iki yöntem bulunmaktadır. Bunlardan ilki klasik olarak dalgıçlar tarafından sualtı fotoğraf makinaları kullanılarak el ile alanın bindirmeli fotoğraflarını çekmektir.

Dalgıçlık özel bir eğitim gerektirmektedir. Suda uzun süre kalmanın sağılık açısından olumsuz etkilerinden dolayı eğitimli kişiler tarafından bu işlemlerin gerçekleştirilmesi, saha büyüklüğü söz konusu ise çekimlerin fotoğraflama yerine video çekerek gerçekleştirilmesi, modelleme yapılması açısından mümkün ve daha kısa süreli bir çalışma imkânı sağlayacaktır[198].

[198] Seda Nur Gamze Hamal, Ali Ulvi, Abdurahman Yasin Yiğit, Murat Yakar, "Su Altı Yapılarının 3B Modellemesi ve Dokümantasyonunda Kullanılan Video ve Fotoğraf Çekimi Yöntemlerinin

Diğer bir yöntem ise günümüzde İHA'lar kadar gelişim göstermese de dalgıç unsurunu azaltan, daha derin sularda ve daha uzun sürelerde çalışma imkânı sunan sualtı araçları kullanmaktır[199.] (Fotoğraf 1.7.)



Fotoğraf 1.7. Su Altında Dalgıç ve ROV ile Fotoğraf Çekim Planı

Su altı araçları ise ROV ve AUV olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. ROV'lar su altında uzaktan bir göbek kordonu ile bağlı olan ve kontrolün bu kablo aracılığı ile sağlandığı araçlardır. AUV'lar ise daha küçük boyutlarda ve otonom yani kablosuz uzaktan kumanda sistemi ile kontrol edilen sualtı araçlarıdır. İki araç üzerinde seyrüsefer, kamera ve aydınlatma sistemleri mevcuttur[200]. Bu araçlar gerekli durumlarda dışarıdan aydınlatma veya kamera sistemleri ekleme imkânı da sunmaktadır. Ayrıca bu araçlar üzerinden alanın, yeryüzünde İHA'ile otonom olarak gerçekleştirilen çekimlerdeki gibi ızgara planlı bir rota şeklinde bindirmeli fotoğraf çekimi ve haritalama yapılmaktadır[201]. (Fotoğraf 1.8.).

Karşılaştırmalı Analizi", *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(4), 2022, 2262-75. https://doi.org/10.21597/jist.1086297.2263-2264.

199 Jonathan Teague, Thomas B. Scott, "Underwater Photogrammetry and 3D Reconstruction of Submerged Objects in Shallow Environments by ROV and Underwater GPS" [Sualtı Fotogrametrisi ve Sığ Ortamlarda Su Altındaki Nesnelerin ROV ve Sualtı GPS ile 3 Boyutlu Yeniden Oluşturulması], *Journal of Marine Science Research & Technology*, Open Access, 2017, 4.

200 G. Ali Canlı, İsmail Kurtoğlu, M. Ozan Canlı, Ö. Selman Tuna, "Dünyada ve Ülkemizde İnsansız Sualtı Araçları (İsaa-Auv&Rov) Tasarım ve Uygulamaları", *Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri (GİDB) Dergisi*, 4, 2015, 44.

201 Maricruz Fun Sang Cepeda, Marcos de Souza Freitas Machado, Fabrício Hudson Sousa Barbosa, Douglas Santana Souza Moreira, Maria José Legaz Almansa, Marcelo Igor Lourenço de Souza and Jean-David Caprace, "Exploring Autonomous and Remotely Operated Vehicles in Offshore Structure



Fotoğraf 1.8. ROV ve AUV Su Altı Aracı (A. Egemen Yılmaz-G. Ali Canlı Vd.)

Günümüzde kullanılan ROV'larda ki GPS sistemleri genellikle su yüzeyinde bulunan ayrı bir cihaz ile bağlantılı olarak koordinat ve bilgisi kaydetmektedir. Bunun sebebi, deniz suyundaki elektromanyetik dalgaların sadece akustik ve optik bantlardaki frekansların geçirgenliğine izin vermesinden kaynaklanmaktadır[202].

Su altı fotoğraflarının çekiminde ya özel su geçirmez kameralar ya da su üstünde kullanılan fotoğraf makinalarının suda da kullanılabilmesi için basınca dayanıklı, düz veya kubbe formlu olan özel bir muhafazalar kullanılmaktadır. Bu muhafazalarda bulunan ve cam veya plastik koruma lens önünde bir katman oluşturduğu için görüntüde ışık ve sapma açılarında azda olsa bir etki oluşturmaktadır. Genellikle lens formu ile benzer nitelikte olması ve görüntü bozulma oranını en az seviyeye indirmesinden dolayı kubbe formlu muhafazalar önerilmekte ve tercih edilmektedir[203] (Fotoğraf 1.9.).



Fotoğraf 1.9. Su Altında Kubbe Formlu Fotoğraf Çekme Aparatı (Yamufe'den)

Inspections" [Açık Deniz Yapı Denetimlerinde Otonom ve Uzaktan Kumandalı Araçların Araştırılması], *Journal of Marine Science and Engineering*, MDPI, 2023, 15. doi.org/10.3390/jmse11112172; Jonathan Teague, Thomas B. Scott, 6.

202 G. Ali Canlı, vd., 52. Jonathan Teague, Jo Miles, Dean Connor, Evie Priest, Thomas Scott, Jonathan Naden, Paraskevi Nomikou, Offshore Hydrothermal Venting Using Low-Cost ROV and Photogrammetric Techniques: A Case Study from Milos Island, [Düşük Maliyetli ROV ve Fotogrametrik Teknikler Kullanarak Açık Deniz Hidrotermal Havalandırmasını Keşfetmek: Yunanistan, Milos Adası'ndan Bir Vaka Çalışması], *Greece Preprints*, 2017, 15. Doi.org/10.20944/preprints201710.0014.v1.

203 Fabio Menna, 281; Trenton Hamilton, 114; Asım Egemen Yılmaz, "Maviliklerde ki Neferler İnsansız Su Altı Araçları", *Bilim ve Teknik Dergisi,* 8, 2012, 62.

Su altında fotogrametrik amaçlar için fotoğraf çekimi planlanırken dikkat edilmesi gerek birtakım hususlar bulunmaktadır. İlk olarak alanda ROV kullanılmadan önce dalış yapılarak çekim yapılacak alanda keşif yapılmalı ve saha bilgisine göre ROV ile otonom ya da el ile fotoğraf çekimleri gerçekleştirilmelidir. Su altında elde edilen görüntü kalitesine doğrudan veya dolaylı yolla etki eden faktörler (suyun bulanıklığı, aydınlatma koşulları, akıntılar, sıcaklık ve derinlik, güneşli havalarda dalgalanmalardan dolayı su içinde oluşan ışık hüzmeleri) göz önüne alınarak, ayrıca suyun fiziksel özelliklerine dikkat ederek çekimlerin yapılması planlanmalıdır[204]. (Fotoğraf 1.10.)



Fotoğraf 1.10. Suda Öğlen Güneşinde Çekilen Fotoğraftaki Işık Hüzmeleri (Fabio Menna Vd.)

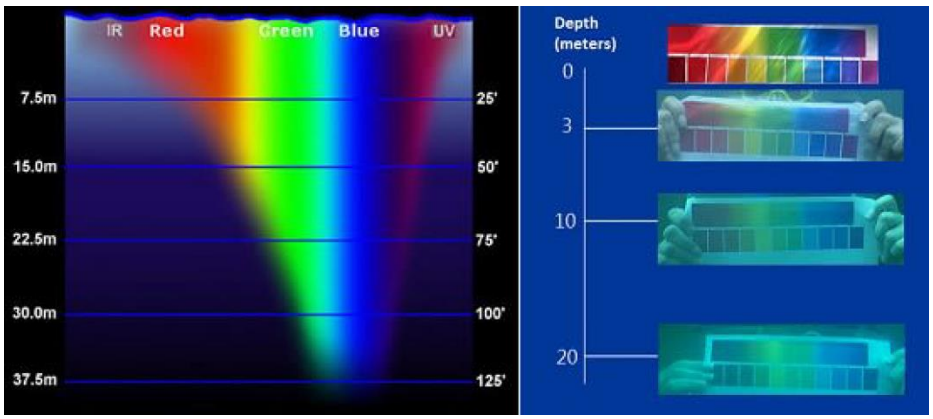
Su altında fotogrametrik çalışmalar yürütmek, değişkenlik gösteren ışık düzeyi ve ışık kırılmalarının olması, derinlik arttıkça nesnelerin renklerinin soluklaşması ve değişime uğraması nedeniyle son derece zordur. Su altında akıntılar, dalgalanmalar ve basınç değişikliklerinden dolayı sabit odaklı hareket kısıtlılığı fotoğraflama konusunda büyük bir engel teşkil etmektedir. Bu sebeple oluşan görüntülerde tutarsızlık ve netlik durumları da olumsuz yönde etkilenecektir[205]. Kalibrasyon ve ölçek sorunları da aynı şekilde su altı için önemle üzerinde durulması gereken konulardandır. Su altında kullanılan ölçekler ve kullanılan yer kontrol noktaları ağırlıklı metal ve suda zarar görmeyecek şekilde düzenlenmelidir. Su altında derinlik arttıkça aslında fotoğrafçılık ilkelerine ters düşen unsurular da paralel orantılı olarak etkisi giderek artmaktadır.

---

[204] Jonathan Teague, vd., 5; Fabio Menna, Erica Nocerino, Fabio Remondino, "Photogrammetric Modelling of Submerged Structures: Influence of Underwater Environment and Lens Ports on Three" [Batık Yapıların Fotogrametrik Modellenmesi: "Sualtı Ortamının ve Mercek Portlarının Üç Boyutlu (3D) Ölçümlere Etkisi], *Dimensional (3D) Measurements*, MDPI, 2018, 280, Doi.org/10.3390/books978-3-03842-685-1-13; Jon Bedford, 103.

[205] Metehan Samet Gül, 20.

Örneğin su altında derinlik artıkça ışık azalmakta ve bu durumda renkler üzerinde giderek matlaşan ve azalan bir etki oluşturmaktadır[206]. (Fotoğraf. 1.11.)



Fotoğraf 1.11. Derinlik Arttıkça Renklerde Oluşan Bozulmalar (pix4D.com)

Su altında, daha çok derinliğin arttığı yerlerde, renk canlılığını yeniden sağlamak ve görüntü kalitesine etki eden ışık seviyesini kontrol edebilmek için yapay ışık kaynakları kullanılmalıdır. Bu ışık kaynakları objektif önünde suyun etkisinden dolayı bir yansıma oluşturabilir. Bu durumun en az seviyeye indirilmesi için bu ışık kaynaklarının mümkün olduğunca kameranın görüş açısının dışından sağlanması gerekmektedir. Ayrıca su altında fotoğraflama yapılırken nesneye mümkün olduğu kadar yakın bir mesafede çekimler gerçekleştirilmelidir. Bu sayede kamera ile nesne arasına giren parçacık sayısı az olmakta ve ışık yansıması en az seviyeye inmektedir. Bu hususlara dikkat etmek görüntü kalitesinde önemli ölçüde katkı sağlamaktadır[207].

Yukarıda bahsettiğimiz hava, kara ve sualtı fotoğraflama çalışmaları genel fotoğrafçılık ilkeleri ile birlikte elde edildikten dijital görüntüler üzerinden bilgisayarlı görme teknolojisi kullanılarak fotogrametrik çalışmalar, bu alanda kendini ispatlamış yazılım programları kullanılarak otomatik görüntü değerlendirme çalışmaları üzerinden gerçekleştirilecektir. Otomatik görüntü değerlendirme, kaydedilen sahnenin bilgisayar kullanılarak üç boyutlu olarak hem geometrik hem de anlamsal hususlar dikkate alınarak yeniden yapılandırılması ve yorumlanması işlemidir[208]. Bu kapsamda günümüzde kendi algoritmasının doğruluğu ve kullanıcı arayüzü' nün kolaylığı ile en çok tercih edilen ve

[206] Metehan Samet Gül, 22.
[207] Fabio Menna, vd., 283.
[208] Christian Heipke, 14.

ön plana çıkan *"Agisoft Metashape Professional (PhotoScan)"* Programı[209] kullanılarak veri oluşumu detaylı olarak anlatılacaktır.

1.4.3. Agisoft Methashape Programı ile Ortofoto ve Üç Boyutlu Model Oluşum Aşamaları

Agisoft Metashape Programı ile görüntülerin işlenmesi aşağıdaki yer alan sıralamaya göre gerçekleştirilmektedir.

- Kalibrasyon ve Fotoğrafları programa yükleme;
- Yüklenen fotoğrafların incelenmesi, gereksiz resimlerin kaldırılması
- Fotoğrafları hizalama
- Yoğun nokta bulutu oluşturmak.
- Ağ oluşturma (3 Boyutlu poligonal model)
- Doku oluşturma
- Model oluşturma
- Ortomozaik (Ortofoto) oluşturma
- Ortaya çıkan sonuçların dışa farklı formatlarda aktarımı.

1.4.3.1. Program ile Kalibrasyon İşlemlerinin Yapılması

Çalışmaya ilk olarak kullandığımız fotoğraf makinasının kalibrasyon (ölçümleme) ayarlarını kullandığımız program üzerinden oluşturmak ile başlanılmalıdır. Aslında PhotoScan Programı, fotoğrafları hizala işlemi sırasında kalibrasyon parametrelerini otomatik olarak hesapladığından, lens kalibrasyon prosedürünün genel iş akışında atlanması da mümkündür.

Programı ilk olarak üst bölümde bulunan Tools menüsü üzerinden Tools→Lens→Show→ Chessboard bölümünü açtığımızda ekranımızda satranç tahtası

---

[209] Kotaro Yamafune, *Usıng Computer Vision Photogrammetry (Agisoft Photoscan) To Record And Analyze Underwater Shipwreck Sites, [Bilgisayarla Görme Fotogrametrisi Kullanarak (Agisoft Photoscan) Sualtı Gemi Enkazı Alanlarını Kaydetmek ve Analiz Etmek]*, (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Texas A&M Üniversitesi Antropoloji Bölümü, Teksas, 2016, 51; M.Vlachos, L. Berger, R. Mathelier, P. Agrafiotis, D. Skarlatos, Software Comparison for Underwater Archaeological Photogrammetric Applications, [Sualtı Arkeolojik Fotogrametrik Uygulamalar için Yazılım Karşılaştırması], *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W15, 2019, 1196.

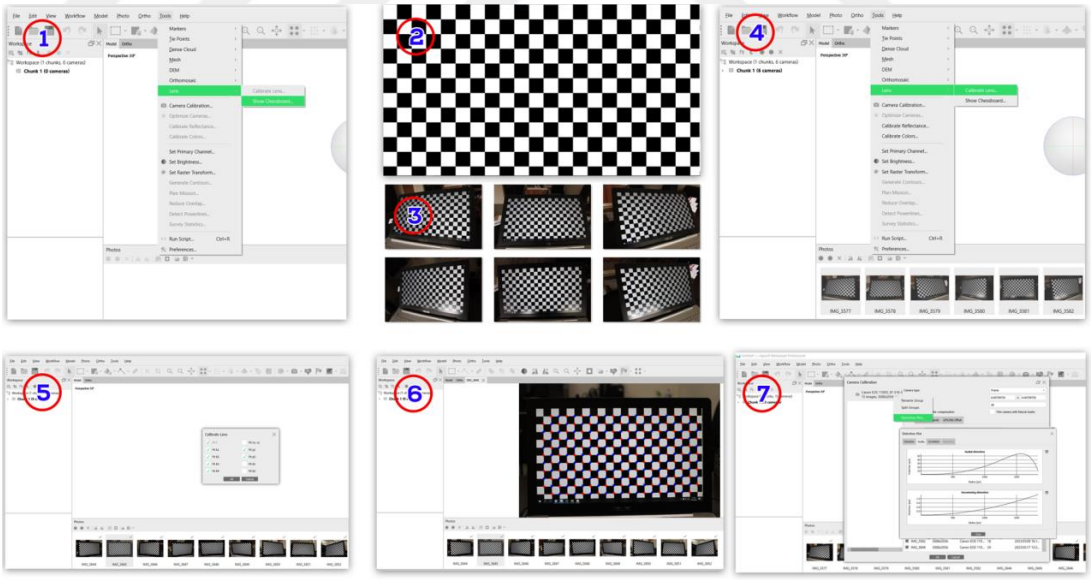
şeklinde bir resim açılacaktır. Bu şekli fare yardımı ile uzaklaştırıp yakınlaştırarak yatayda ve dikeyde 10 kareden fazla görünen bir büyüklüğe göre ayarlamanız yeterli olacaktır.

Bu şeklin en az 3-12 adet cepheden yatayda ve dikeyde 25, 45 ve 90 derecelik açılardan kullanacağımız fotoğraf makinası ile bilgisayar ekranı üzerinden fotoğrafların çekilmesi gerekmektedir.

Çekilen fotoğraflar programda açılarak yine üst bölümden Tools→Lens→Calibratelens bölümü açılmalıdır. Karşımıza çıkan ekranda k1, k2, k3 ve k4 radyal distorsiyon[210] p1 ve p2 teğetsel distorsiyon bölümleri seçilerek kalibrasyon ayarının yapılması sağlanmalıdır.

Ekranda çektiğimiz fotoğraflardan birinin açılması ile kamera kalibrasyon köşe noktalarının kırmızı ve mavi renkte gerçekleştiği ve distorsiyon seviyelerinin tespiti gerçekleşmiş olacaktır.

Tools→Lens→Camera Calibration ekranından ise grafikler ile kamera kalibrasyonu sayısal verilerine ulaşım sağlanmaktadır[211] (Fotoğraf 1.12.).



Fotoğraf 1.12. Otomatik Kamera Kalibrasyon Ayarı Yapma

Bu aşama sonrasında modelleme işlemi aşağıda detaylı olarak anlatılmaktadır.

---

[210] Distorsiyon: Genel anlamda bozulma, bükülme ve burkulma anlamına gelmektedir. Fotoğraflardaki içbükey dışbükey ve açısal bozukluk anlamına gelmektedir. (https://tr.wikipedia.org/wiki/Distorsiyon)

[211] Ek. 3'te ekran detayına yer verilmiştir.

1.4.3.2. Fotoğrafların Yüklenmesi ve Hizalanma İşlemi

Kalibrasyon işlemlerinin yapılasından modelleme işlemi için program yeniden başlatılarak çekilen objeye ait fotoğraflar topluca seçilerek programın Photos çalışma ekranı içine atılarak veya Workflow→Add Photos menüsü üzerinden klasöre ulaşılarak tamamının seçilmesi ve açılması ile önceden gereksiz fotoğrafları ayırt ettiğimiz klasördeki çekilen bütün fotoğrafların çalışma ekranında açılması sağlanmalıdır.

Workflow→Add Photos→Aligin Photos menüsü üzerinden Highest (En yüksek) olarak fotoğrafların hizalanmaları gerekir. Bu aşamada PhotoScan, her fotoğraf için kamera konumunu ve yönünü bulur ve bir seyrek nokta bulutu modelini oluşturarak hizala işini tamamlayacaktır.

Hizalama sonuçlarını inceleyebilir ve varsa yanlış yerleştirilmiş fotoğrafları kaldırabilirsiniz. Yanlış konumlandırılmış fotoğraflar yeniden hizalanabilir. Bu işlem için çalışma ekranında açılan fotoğraf üzerinde fare ile sağ tıklayarak Add Marker (işaretçi ekle) ile kesinliği belli olan poligon noktalarına en az 4 nokta olmak üzere işaretleme yapılmalıdır.

Bu noktalar diğer fotoğraflar ile teyit edilmelidir. Teyit işlemi yapılan fotoğraflarda yeşil bayrak diğerlerinde ise mavi bayrak logosu yer almaktadır.

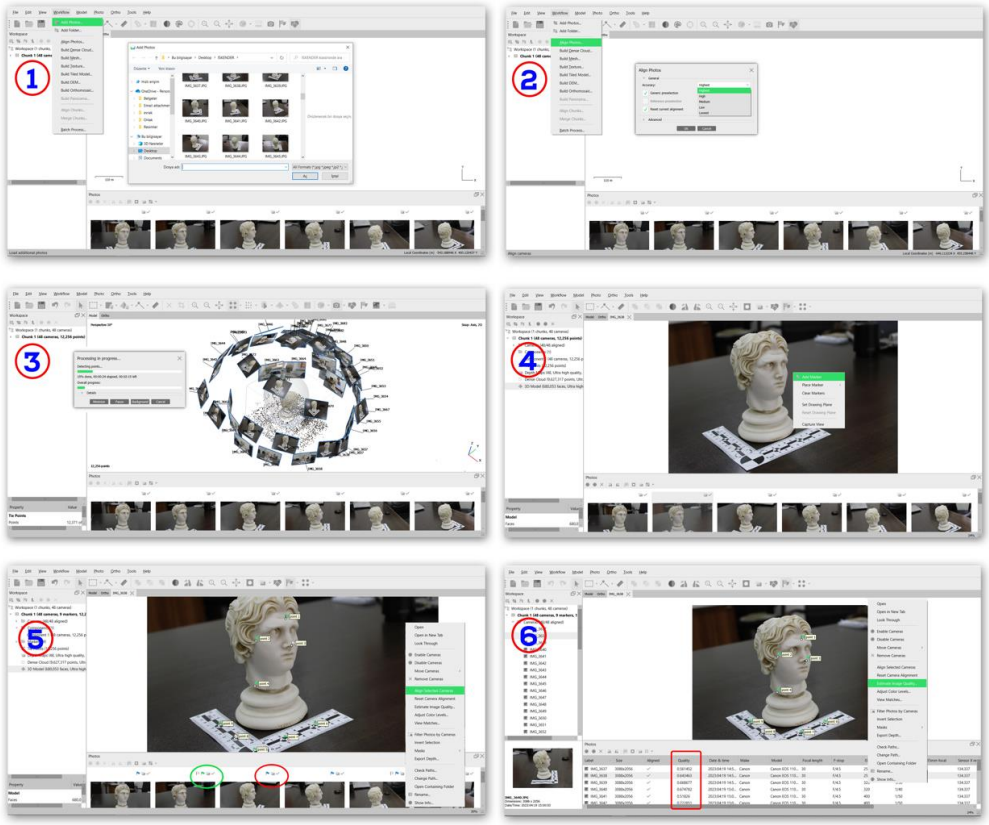
Sonrasında ise poligon noktaları eklenen fotoğraflar seçilerek sağ tıkayınca açılan Align Selected Cameras (Seçilen Kameraları Hizala) komutu ile yeniden hizalama işlemi gerçekleştirilmelidir. Bu durum daha doğru sonuçlar elde etmemizi sağlayacaktır.

PhotoScan Programı, her fotoğraf için görüntü kalitesini otomatik olarak tahmin etmektedir. Parametre değeri, resmin en çok odaklanılan bölümünün netlik düzeyine göre hesaplanmaktadır.

Photos bölümündeki fotoğrafların tamamı seçilerek sağ tıkladıktan sonra açılan menüden Estimate Image Quality (görüntü kalitesini tahmin et) komutu ile fotoğrafların otomatik olarak netlik kalitesi ölçümlenir.

Photos menüsündeki detay bölümünden fotoğrafların kalite değerine bakılabilir. 0,5 değerinin altında olan fotoğrafların daha dikkatli olarak yeninden çekilmesi veya çok bozuk ise çıkarılması gerekmektedir (Fotoğraf 1.13.) [212].

[212] Ek. 4'te ekran detayına yer verilmiştir.



Fotoğraf 1.13. Fotoğrafların Yüklenmesi, Hizalanması ve Nokta Bulutu Oluşumu

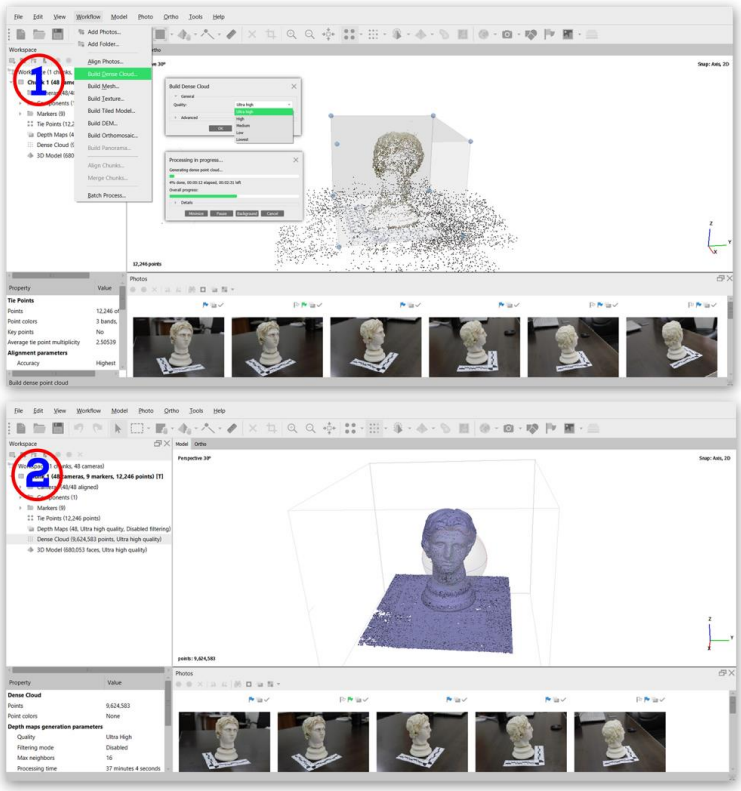
Bu aşamadan sonra ikinci aşama olan yoğun nokta bulutu oluşturma aşamasına geçilmektedir.

1.4.3.3. Yoğun Nokta Bulutu Oluşum Aşamaları

Agisoft Methashape Programı, çekilen fotoğrafların tahmini kamera konumlarına dayanarak, tek bir yoğun nokta bulutunda birleştirme işlemini yapar ve her kamera için derinlik bilgilerini hesaplayarak yoğun bir nokta bulutu modeli oluşturmaktadır.

Programın iş akışı menüsünden Workflow→Build Dense Cloud (Yoğun Bulut Oluştur) komutunu seçin. Yoğun Bulut Oluştur iletişim kutusunda istenen yapılandırma parametrelerinden Ultra high (En yüksek) seçildikten sonra tamam diyerek yoğun nokta bulutu oluşumu başlayacaktır. Süreç bilgisayarınız donanımsal özelliklerine göre değişmektedir. Modelini oluşturacağımız nesnenin daha ayrıntılı ve doğru geometride elde edilmesi için daha yüksek kalite ayarların kullanılması gereklidir ancak bunların işlenmesi daha uzun zaman alacaktır. Bu ayarlarda gerçekleştirilen modelimizde 9.634.583 nokta üretimi gerçekleşmiştir.

Nokta bulutu oluşturduğumuz alan, küçük ayrıntılar içermiyorsa, aykırı değerlerin çoğunu sıralamak için Agresif derinlik filtreleme modunu seçmek mantıklıdır. Orta derinlikte filtreleme modu, hafif ve agresif yaklaşımlar arasında yapılacak denemeler ile modelin oluşumunu gözlemleyerek daha gerçekçi sonuçlar elde etmek mümkündür. İşlem bittikten sonra yoğun nokta bulutu modeliniz oluşmuş olacaktır. Bu aşamadan sonra diğer işlemlerin gerçekleştirilmesi için program tarafından yapılan çalışmanın kayıt edilmesi istenebilir. Çalışma dosyasını kaydederek diğer aşamalara geçiş yapılmalıdır (Fotoğraf 1.14.). [213]



Fotoğraf 1.14. Yoğun Nokta Bulutu Modelinin Oluşum Aşamaları

1.4.3.4. Nokta Bulutu Verileri ile Model Ağı ve Yüzey Dokusunun Oluşumu

Bu aşamada program ile yapılan nokta bulutu bilgisine dayanarak (yoğun bulut, seyrek bulut veya harici kaynaktan yüklenen nokta bulutu) poligonal[214] olarak model ağı oluşum aşamaları anlatılacaktır.

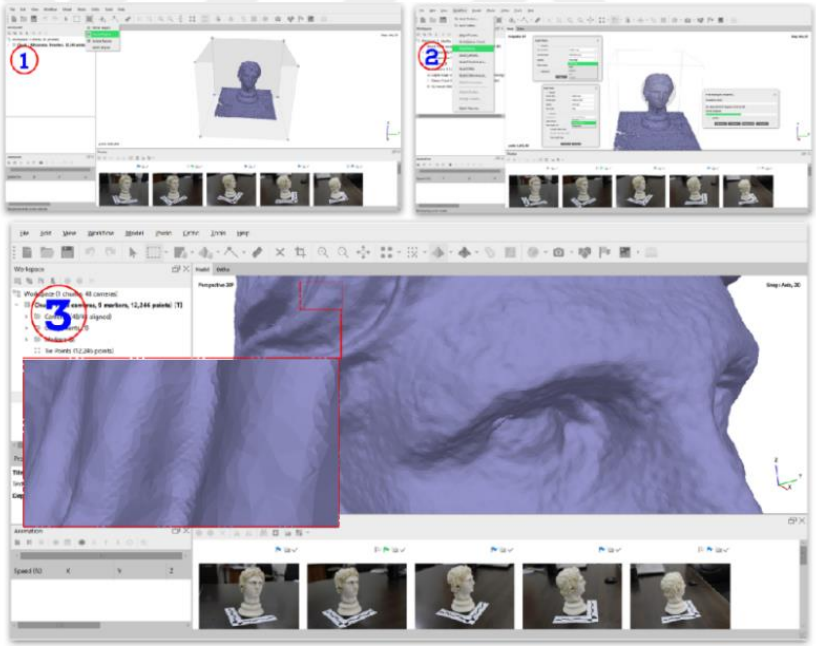
---

[213] Ek. 5'te ekran detayına yer verilmiştir.

[214] Poligonal: Düzlemdeki iki veya daha fazla noktanın birleşik doğrusal parçalarıyla oluşturulan kapalı bir çizgidir. Poligonal, en az üç kenarı olan çokgenlerin bir türüdür. Poligonların kenarları, köşeleri ve iç

Oluşturduğumuz yoğun nokta bulutu ekranında modelini elde etmek istediğimiz nesnenin yeniden yapılandırma hacmi sınırlayacak bir durum varsa önce bunun gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Modelin hacmini sınırlamak için üst bölümde kullandığımız araçlar menüsünden yeniden boyutlandırma seçenekleri ile modelini yapmak istenilen nesnenin köşe noktaları ile boyutunu sınırlandırabiliriz. Bu işlem daha önce yoğun nokta bulutu oluşturma aşamasında gerçekleştirilmiş ise yeninden yapmak tercihe bağlıdır.

Poligonal ağ modeli oluşumu için iş akışı menüsünden Workflow→Build Mesh (Bina Ağı) komutu seçilmelidir. Açılan iletişim kutusunda istenen yeniden yapılandırma parametrelerini isteğe bağlı olarak veri kaynaklarını (source data: depth maps) derinlik haritaları olarak ayarlamalı ve ultra high (yüksek) ayarı seçilerek işlemler başlatılmalıdır. Interpolasyon (Tahmin) Modu Etkin (varsayılan) ayara getirilmelidir. Bu ayar oluşturulan geometrideki bazı bölümleri verilerden hareketle tahmini olarak bütünler ve deliksiz bir model üretimi sağlamaktadır[215] (Fotoğraf 1.15.).



Fotoğraf 1.15. Nokta Bulutu Verileri ile Model Ağı Oluşumu

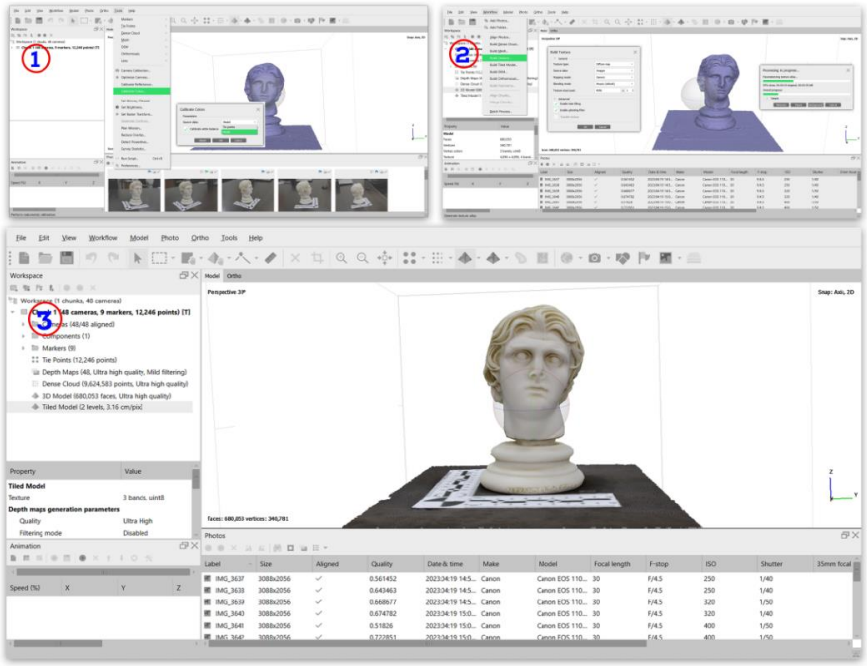
Programda her türlü nesneyi modellemek için isteğe bağlı yüzey tipi ayarı kullanılabilir durumdadır. Yani nesne üç boyutlu bir cephe modeli ise işlemin daha kısa sürede gerçekleştirilmesi için parametre ayarları ona göre ayarlanabilmektedir. Heykel,

açıları vardır. Bir poligonun kenarları eşit uzunlukta olabilir veya farklı uzunlukta olabilir. Poligonlarda, iki kenarın arasındaki açılar toplamı, 180 derecedir. (https://www.nedemek.page/kavramlar/poligonal).

[215] Ek. 6'da ekran detayına yer verilmiştir.

bina vb. kapalı nesneler için yukarıda bahsettiğim ayarlar seçilmelidir. Yapılacak parametre ayarları yüksek bellek tüketimine sebep olacağından bilgisayarınızın özelliklerine göre işlem süresi uzayabilir. İşlem sonucunda üçgen poligonlardan oluşan modelimiz tamamlanmış olacaktır.

Yapılan poligonal modelin yüzey dokusunun oluşturulması işlemine başlamadan önce fotoğraflardaki ışık ve renk kalibrasyonunun ayarlanması gerekmektedir. Tools→Calibrate Colors menüsünün seçilmesi ve buradaki parametreler belirlenerek ışık ve renk kalibrasyonu gerçekleştirilmiş olacaktır. Bu aşamadan sonra ise iş akışı menüsünden Workflow→Build→Texture (Bina Dokusu) komutu üzerinden gerekli doku parametreleri seçilerek modelin yüzey dokusu oluşturulacaktır. (Fotoğraf 1.16.)[216].



Fotoğraf 1.16. Nokta Bulutu Verileri ile Yüzey Doku Modeli Oluşumu

1.4.3.5. Oluşturulan Modelin Ortofoto (Ortomozaik) Görüntülerinin Gerçekleştirilmesi

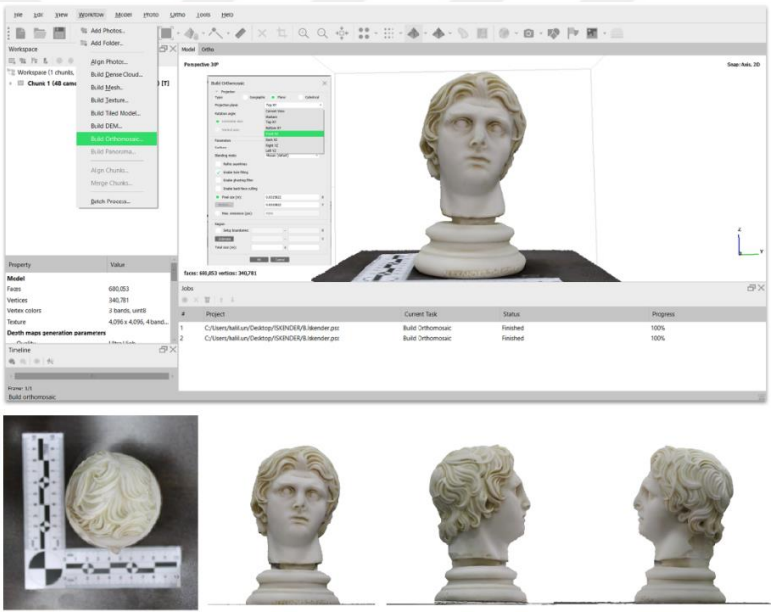
Agisoft Methashape Programı, fotoğraflar üzerinden sisteminde bulunan algoritmalar ile daha çok haritacılıkta kullanılan fotogrametri ve görüntü işleme teknikleri üzerinden ortofoto üretimi de gerçekleştirilmektedir. Program mevcut fotoğraflardaki

[216] Ek. 7'de ekran detayına yer verilmiştir.

optik eğiklik ve kaymalarında hesabını yaparak 90º'lik dik açıda birleştirme yapar ve oluşturulan modelleri doğru ölçekli bir duruma getirmektedir[217].

Bu görüntüler bize cephelerden veya dikey olarak nesnelerin AutoCad Programında vaziyetlerinin çizimlerini gerçekleştirmede altlık olarak kullanım sağlamaktadır.

Ortofoto görüntüsünün oluşumu için iş akışı menüsünden Workflow→Build Orthomoshaic komutu seçilmelidir. Açılan parametre sayfasından üst bölümde Planar menüsünden ortofotosunu alacağımız cephenin seçimini yaparak istediğimiz cephenin ortofoto görüntüsünü oluşturmak için tamam diyerek işlem başlatılmalıdır. Oluşan ortofoto görüntü, nesnenin yatayda veya dikeyde 90º'lik bakış açısına göre birleştirilen görüntülerden oluşturulmaktadır. Bu ortofoto görüntüleri kullanılarak nesnelerin ölçekli teknik çizimleri de gerçekleştirilebilir (Fotoğraf 1.17.).



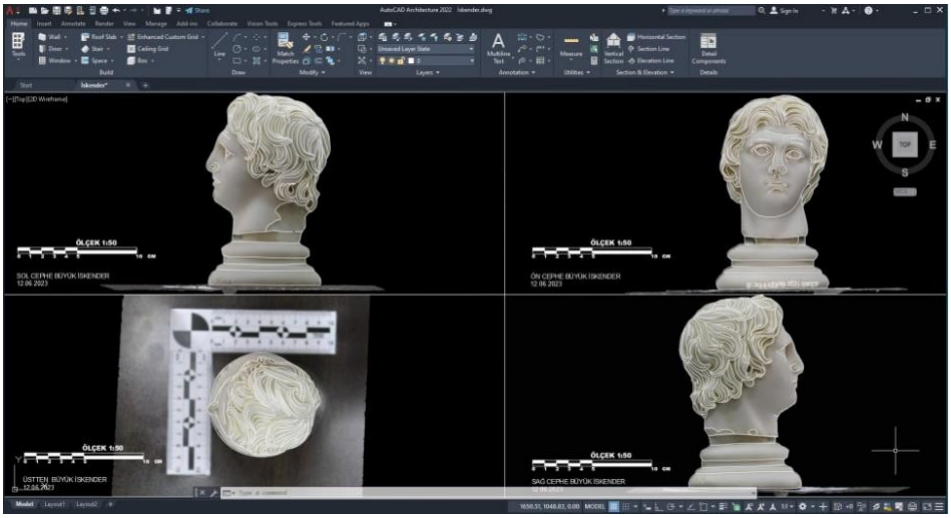
Fotoğraf 1.17. Cephesel Ortofoto Görüntüleri Oluşturma**.**

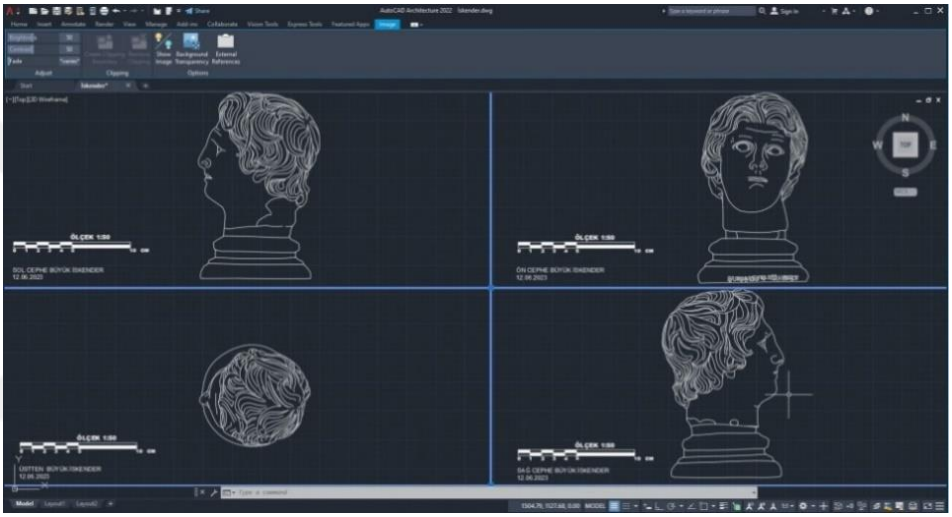
Ortofotolar üzerinden AutoCad programı ile modelimizin istediğimiz cephesinden teknik çizimini gerçekleştirmek mümkündür. Bunun için AutoCad Programında ortofoto görüntülerini açmak ve o fotoğraflar üzerinden gerekli çizgi kalınlıkları ve ölçeklendirme parametre ayarlarını yaptıktan sonra modelin teknik çizimlerini gerçekleştirmeye geçilebilir (Fotoğraf 1.18.)[218].

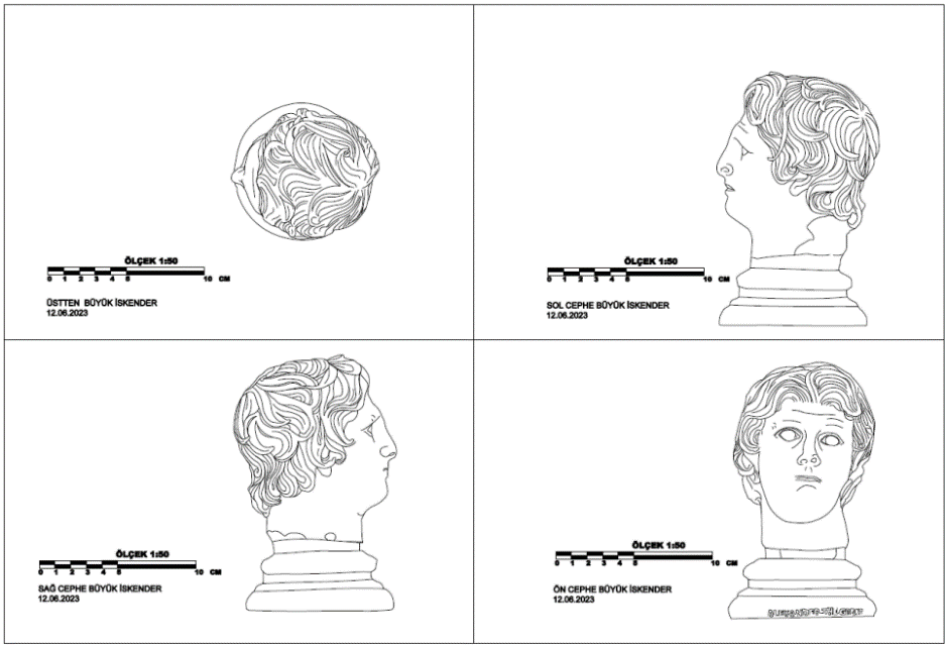
---

[217] Kerim, Evinay; *Haritacılık Terimleri Sözlüğü*, Harita Genel Müdürlüğü Matbaası, Dikimevi, Ankara 2003, 125; Hüseyin Erkan, S. Gökşün Seylam, Ahmet Yaşayan, *Arazi Yönetimi Terimleri,* TMMOB Yayınları, Ankara 2010, 34.

[218] Ek. 8'de çizim detayına yer verilmiştir.







Fotoğraf 1.18. Ortofoto Görüntüleri AutoCAD ile Çizim Yapma

1.4.3.6. Oluşturulan Modelin Dışa Farklı Formatlarda Aktarımı

PhotoScan Programı oluşturmuş olduğu seyrek ve yoğun nokta bulutu, üç boyutlu ağ modellerini dışa farklı formatlarda aktarımını sağlamaktadır. Farklı formatlarda dışa aktarım yapılan dosyalar mahiyetlerine göre ilgili alanlarda kullanılma imkânı sağlamaktadır. Programın hangi formatlarda dışa aktarım yaptığı aşağıda listelenmiştir.

Seyrek ve yoğun nokta bulutu dışa aktarımını desteklemektedir.

- Cesium 3D Tiles
- Agisoft OC3
- Topcon CL3
- Wavefront OBJ
- Stanford PLY
- U3D
- Potree
- Autodesk DXF
- ASCII PTS
- ASTM E57
- LAZ
- ASPRS LAS
- XYZ text file format

PDF oluşturulan fotoğrafın panorama görüntüsünün dışa aktarımında ise aşağıdaki formatları desteklemektedir.

- JPEG • TIFF • PNG • BYP • OpenEXR• TARGA

Özellikle yapmış olduğumuz seminer çalışması için de önemli olan ve çalışmamızda oluşturmak istediğimiz üç boyutlu modelin dışa aktarımı ise şu şekilde gerçekleştirilmektedir.

Üç boyutlu modeli dışa aktarmak için File (dosya) menüsünden Export -Modeli Dışa Aktarma komutunu seçip açılan parametre ayarları üzerinden yapılabildiği gibi Workspace (Çalışma alanı) bölümünde gerçekleştirmiş olduğumuz iş başlılarına sağ tıkladıktan sonrada dışa farklı formatlarda aktarım gerçekleştirilebilmektedir.

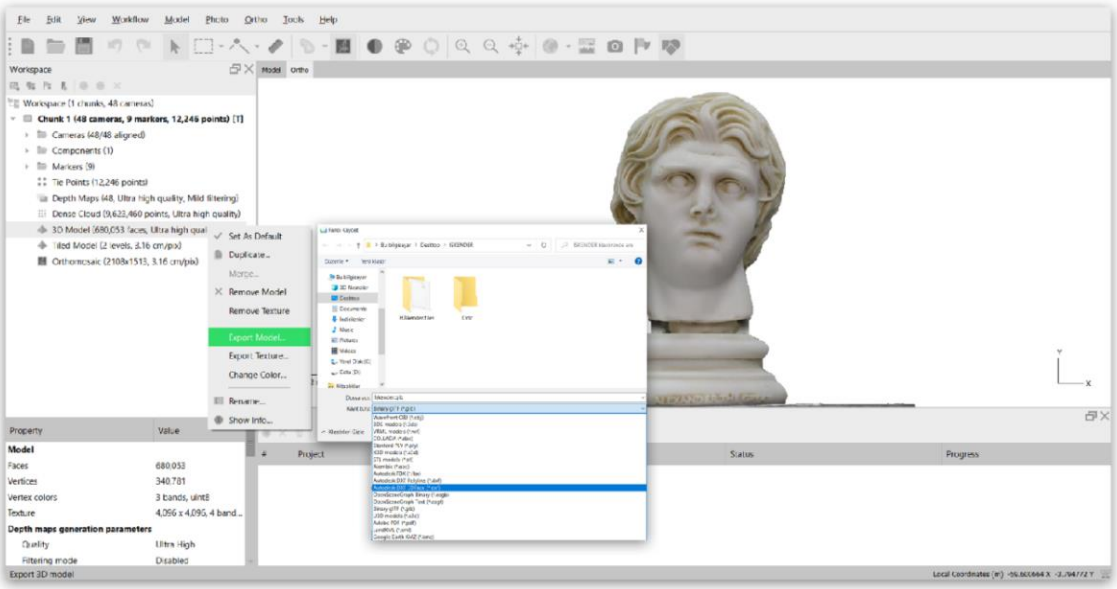
- 3DS file format
- COLLADA
- Stanford PLY
- Autodesk FBX
- Autodesk DXF (in Polyline or 3DFace representation)
- Google Earth KMZ
- VRML
- Alembic
- STL
- Adobe PDF
- U3D
- Wavefront OBJ

Yapmış olduğumuz tez çalışmamızda kullanılmak üzere daha çok programda dışa aktarım üç boyutlu model üzerinden pdf, stl ve dwg formatlarında gerçekleştirilecektir.

Pdf formatında modelin dışa aktarımı, oluşturulan modeli üç boyutlu olarak gerçekçi bir dokuda her yönü ile 360º döndürme, yakınlaştırma, modeli detaylı olarak inceleme, ölçek yazma, ışıklandırma, her açıdan kesit alma ve yüzey üçgen modeli gibi verilerede ulaşma imkânı sağlamaktadır.

Stl formatı ise nesnenin üç boyutlu yazıcılar ve modelleme programlarında kullanılması için geliştirilen bir format türüdür. Bu format daha çok oluşturulan nesnenin üç boyutlu olarak görüntülenmesinin yanı sıra üç boyutlu yazıcı ile belirlenen ölçekte gerçek bir model oluşumu için de kullanılmaktadır.

Üçgen poligonal model ise AutoCad dosya formatı olan dwg formatında dışa aktarım gerçekleştirmektedir. Ayrıca oluşturulan üç boyutlu modelin animasyon vb. başka dijital alanlarda da kullanımına olanak sağlamaktadır (Fotoğraf. 1.19.).



Fotoğraf 1.19. Oluşturulan Modelin Dışa Farklı Formatlarda Aktarımı

İKİNCİ BÖLÜM

ERZURUM PULUR HÖYÜK

2.1. PULUR HÖYÜK

Çalışma alanımız olan Pulur Höyük ve höyükte yapılan kazılar hakkında aşağıda detaylı bilgiler verilmiştir.

2.1.1. Pulur Höyük Coğrafi Konum

Pulur Höyük, Erzurum İli, Aziziye İlçesi, Ömertepe Mahallesi sınırları içinde, Erzurum şehir merkezinin güney batısında yer almaktadır. Ömertepe Mahallesi, E-80 Karayolu'na 4.5 km, Erzurum şehir merkezine ise 15 km mesafe uzaklıktadır. Köy yerleşimi şeklindeki Ömertepe Mahallesi, Pulur Çayı'nın hemen batısında kurulmuştur. TÜİK, 31 Aralık 2023 referans tarihli Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi verilerine göre Ömertepe Mahallesi'nin toplam nüfusu 226'dır[219]. (Fotoğraf 2.1.).

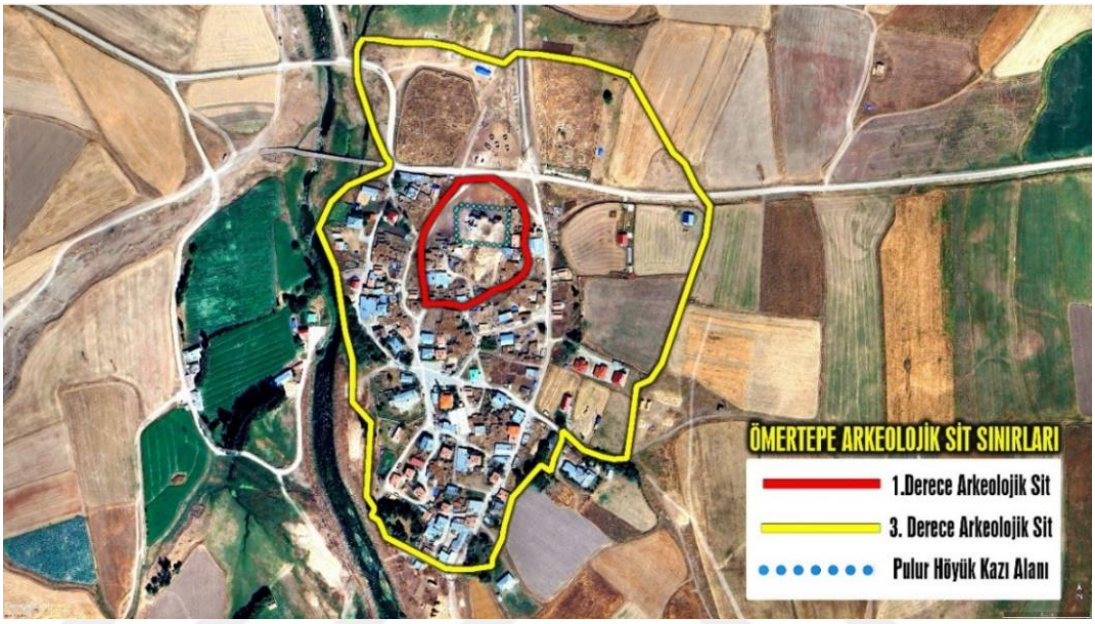


Fotoğraf 2.1. Ömertepe Mahallesi Pulur Höyük Uydu Görüntüsü (Google Earth)

Pulur Höyük, ilk olarak, Kültür ve Tabiat Varlıkları Yüksek Kurulu'nun 14.05.1987 tarih ve 3173 sayılı kararıyla I. derece arkeolojik sit alanı olarak tescil edilmiştir[220]. Yapılan bu tescil döneminde sit sınırları koordinatları kayıt altına alınmadığı için Erzurum Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu tarafından 13.07.2021 tarih ve 4692

[219] TÜİK Web Sitesi: https://www.tuik.gov.tr.
[220] KVKBK Tescil Fişi.

sayılı kararı ile sit sınırları güncellenerek I ve III. derece Arkeolojik sit sınırları yeniden belirlenmiştir. Bu karar ile belirlenen sınırlara göre Pulur Höyük kazı alanını da içine alan toplam 13.744 m² alan I. Derece Arkeolojik Sit Alanı olarak belirlenmiş, bu alan ve Ömertepe Mahallesi'nin büyük bir bölümünü kapsayan toplamda 180.659 m² alan ise III. Derece Arkeolojik Sit alanı olarak tescillenmiştir[221]. (Fotoğraf 2.2.).



Fotoğraf 2.2. Ömertepe Pulur Höyük Arkeolojik Sit Sınırları (Google Earth)

2.1.2. Pulur Höyük Kazıları

Pulur Höyük tespit edilene kadar günümüzde birçok höyükte olduğu gibi bilinçsiz bir şekilde yerel halk ve define arayıcıları tarafından birtakım zararlar görmüştür. Höyüğün etrafında eskiden bulunan kale sur duvarlarına ait taşların, mezarlık duvarında kullanıldığı, höyüğün etrafındaki toprak kalıntılarının köylüler tarafından evlerin duvarlarında ve toprak dam örtüde kullanılmak üzere alındığı, ayrıca defineciler tarafından höyüğün içine doğru kaçak kazılar yapıldığı kaynaklarda bildirilmektedir.[222] Höyük alanına ait en eski görüntü 1947 yılında şehrin ortofoto görüntülerinin yapıldığı zaman çekilmiştir. Bu tarihte höyük alanında herhangi bir çalışmanın yapılmadığı görülmektedir[223] (Fotoğraf 2.3.).

---

[221] Ek. 9'da tescil fşi ve sit sınırları verilmiştir. KVKBK Arşivi.
[222] Hamit Zübeyir Koşay, Herman Vary, *Pulur Kazısı 1960 Mevsimi Çalışmaları Raporu*, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara 1960, 6.
[223] Ek. 10'da 1947 yılına ait ortofoto görüntüsü detaylı olarak verilmiştir.



Fotoğraf 2.3. Pulur Höyük 1947 Ortofoto Görüntüsü (EBB Arşivi)

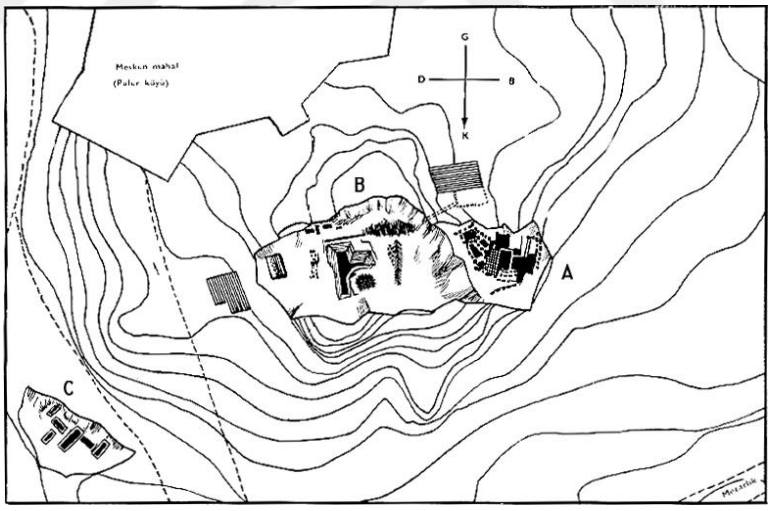
Pulur Höyük'te ilk olarak 1960 yılında Atatürk Üniversitesi'nden Dr. Hamit Zübeyir Koşay ve Avusturyalı Arkeolog Dr. Herman Vary yönetiminde kazı gerçekleşmiştir (Fotoğraf 2.4.).



Fotoğraf 2.4. Pulur Höyük Kazı Alanı 1960 Yılı (H. Z. Koşay'dan)

Yapılan kazı çalışmaları sonucunda dört yapı katı tespit edilen höyük, MÖ. 4. binlere kadar uzanan bir geçmişe sahiptir. Höyüğün tepe noktasında yapılan sondaj çalışmasında Selçuklu ve Bizans dönemlerine ait seramikler tespit edilmiştir. Höyüğün dördüncü katmanında tespit edilen yangın kalıntısından sonra höyüğün terkedildiği düşünülmektedir. Höyükte ayrıca ortaya çıkarılan taş duvar kalıntılarından hareketle taş temeller üzerine kerpiç yapıların olabileceği düşünülmüştür, yapılan kazı çalışmalarında

11 m derine kadar inilince kum ve çakıl katmanlarının varlığı, höyük yerleşiminin bir akarsu kenarında kurulduğunu düşündürmektedir. Yapılan kazılar sonucu höyükte; Cilalı Taş Çağı'na tarihlenen metal baltalar ve Neolitik Çağ'a kadar inen çanak ve çömlekler, yağ yakmakta kullanılan figürlü ve figürsüz kaplar, seramik kap örnekleri, idoller ve opsidyenlerden yapılmış ok uçları, kesici aletler ve metal ve taş baltalar, çekiç ve oraklar, kozmetik kapları, kemik aletler (iğne), delikli taşlar (ağırşak), öğütme taşları ve yanık hububatlar gibi buluntular ele geçirilmiştir[224]. Höyüğün kuzeydoğusunda yaklaşık 50 m mesafede yapılan kazılarda ise Erken Demir Çağı'na ait mezarlar tespit edilmiştir (Çizim 2.1.). Tespit edilen üç mezarda da bir ölü gömme geleneğinin varlığını ortaya koyan unsurlar dikkat çekmektedir. Genellikle ölülerin, zeminden 40 cm yüksekliğe kadar yükseltilmiş kareye yakın bir planda moloz taş duvar örgüye sahip bir alan içinde, doğu-batı istikametinde, başları batı cepheye gelecek şekilde, yönleri iki mezarda güneye, bir mezarda ise kuzeye bakmakta ve hoker tarzda gömüldükleri tespit edilmiştir. Araştırmalar sonucu cesetlerin güneşin yönüne göre bir düzenleme yapıldığı yaz ve kış aylarında güneşin açısına göre yerleştirildiği düşünülmektedir[225].



Çizim 2.1. Pulur Höyük Kazı Alanı Haritası 1960 (H. Z. Koşay'dan)

[224] Hamit Zübeyir Koşay, Herman Vary, 1960, 13-20; Hamit Zübeyir Koşay, "Pulur Kazısı 1960*", Türk Arkeoloji Dergisi,* 16, 1961, 25–26; Hamit Zübeyir Koşay, *Erzurum ve Çevresinin Dip Tarihi*, Ayyıldız Matbaası, Ankara 1984, 30; İ. Hakkı Konyalı, *Abideleri ve Kitabeleri ile Erzurum Tarihi*, İstanbul 1960, 450-451; Hamza Gündoğdu, Ahmet Ali Bayhan, Muhammet Arslan, *Sanat Tarihi Açısından Erzurum* Zafer Ofset, Erzurum 2010, 65; Selma Pehlivan, "Erzurum İlinde Yapılan Kazılar Hakkında Bir Değerlendirme", *Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17, 2016, 244-245.

[225] H. Zübeyir Koşay, Herman Vary, 1960,46-48; A. Semih Güneri, "Erzurum Karaz, Pulur ve Güzelova'da Geç Karaz Kültürü Evresi Yerleşmeleri ile İlgili Arkeolojik Keşifler, *Doğudan Yükselen Işık Arkeoloji Yazıları Atatürk Üniversitesi 50. Kuruluş Yıldönümü Arkeoloji Bölümü Armağanı*, (Ed. B. Can-M. Işıklı), Erzurum 2007, 273-274.

İlk kazı sonrası Pulur Hüyük'te uzun süre bir çalışma yürütülmemiştir. Höyüğün kazı çalışmaları öncesi 1953 yılına ait ortofoto görüntüsü ile 1975 yılına ait ortofoto görüntüleri yan yana konulduğunda; höyükte H. Zübeyir Koşay'ın yapmış olduğu 1960 yılı kazılarda orta bölümdeki A ve B alanında yapmış olduğu çalışmalar açıkça görülmektedir. Höyüğün daha çok kuzey, batı ve doğu cephelerinde yürütülen çalışmalara ait kazı alanlarının tespiti yapılmakta fakat güney cepheye doğru herhangi bir işlem yapılmadığı görülmektedir (Fotoğraf 2.5.).



Fotoğraf 2.5. Pulur Höyük 1953 ve 1975 Yılları Ortofoto Görüntüleri (EBB Arşivi)

Atatürk Üniversitesi Arkeoloji Bölümü öğretim üyeleri Mehmet Işıklı ve Birol Can tarafından, Hamit Z. Koşay'ın yürütmüş olduğu, bölgedeki diğer Karaz, Güzelova, Sos höyüklerinden elde edilen ve Erzurum Müze Müdürlüğü deposunda bulunan eserlerin yeniden topluca değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu çalışma sonrasında bölgede yer alan diğer höyüklere bütünlük ve malzeme çeşitliliği açısından zengin olan Pulur Hüyük'te 2001 yılında sondaj yapılarak, kesit temizleme ve tabaka kontrol çalışması yürütülmüştür. Toplam 15 gün süren bu çalışmada, höyükte A-B olmak üzere iki sondaj çalışması yapılmış, A Alanı höyüğün kuzeydoğu cephesinde, B Alanı ise höyüğün batı cephesinde gerçekleştirilmiştir. Gerek yüzey araştırmaları gerekse sondaj çalışmaları sonrası yapılan incelemelere göre höyüğün A Alanı Geç Tunç Çağı/Erken Demir Çağı'na tarihlenmiştir. B Alanı ise Erzurum genelindeki höyükler gibi Kalkolitik Çağ'a tarihlenmiştir[226].

Höyükte gerçekleşen her iki çalışma kısa süreli çalışmalardır. Daha sonra höyükte 2021 yılında geniş kapsamlı bir kazı çalışması başlatılmıştır.

---

[226] Mehmet Işıklı, Birol Can, "Türk Tarih Kurumu Adına Erzurum Bölgesinde Yürütülen Araştırmaların Son Dönem Verileri Işığında Genel Bir Değerlendirmesi", *XV. Türk Tarih Kongresi Bildiriler Kitabı,* Türk Tarih Kurumu Basımevi, 1, Ankara 2010, 46-47.

2021 yılında Erzurum Arkeoloji Müzesi ve Atatürk Üniversitesi Arkeoloji Bölümü'nden Doç. Dr. Rabia Akarsu bilimsel başkanlığında, halen günümüzde devam eden 2. Dönem kazılarına başlanılmıştır[227]. 2021 yılında ilk olarak kazılar höyüğün batı kısmında basamaklı açma yöntemine göre başlatılmıştır. Yapılan çalışmalara göre 2021 yılında kazı alanı 10 m² ve arazi yapısından dolayı 5 m²'lik plankarelere bölünerek çalışmalar "A-B-C-D" olmak üzere dört alandan oluşmaktadır.

İlk olarak daha önceki kazı döneminde höyüğün tepe merkez noktasında ve batı cephe arasında kalan bölümde ve batı cephedeki kısmında kazılar gerçekleştirilmiştir. Bu ilk çalışmalarda yüzeye yakın alanda Ortaçağ Dönemi'ne ait (13-15. yüzyıl) seramik ve cam parçalarına rastlanmıştır. Ayrıca Geç Tunç Çağı/Erken Demir Çağına tarihlendirilen tabakada ocak yapıları, ahşap parçalar, karbon, kül tabakası, hayvan kemikleri, obsidyen malzemeler ile çanak çömlek parçaları ortaya çıkarılmıştır. Höyüğün batı cephesinde bulunan R18C ve S18D ise Orta Tunç Çağına tarihlendirilen tabakaya ulaşılmış, bu alanda; yapı kalıntıları, kutsal ocak parçaları, kül ve karbonlaşmış bitki tohumları, Karaz Kültürüne ait grafit astarlı seramik parçaları, çanak, çömlek ve kap örnekleri, taş, kemik ve opsidyen aletler, boncuk gibi süs eşyaları ortaya çıkarılmıştır[228] (Fotoğraf 2.6.).



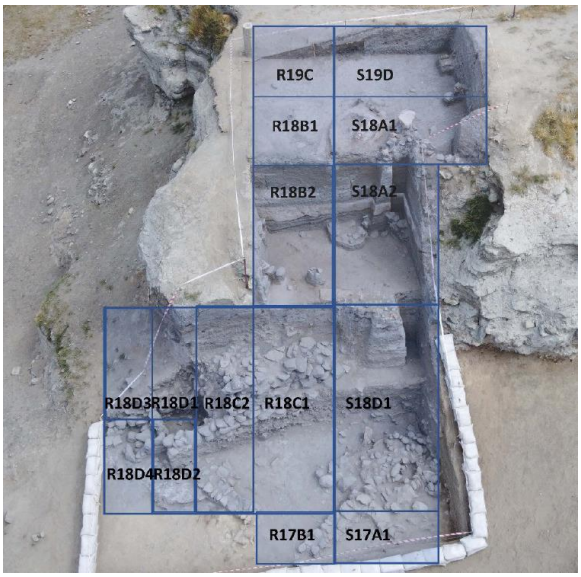
Fotoğraf 2.6. Pulur Höyük Kazı Alanı 2021 Yılı Plankareler (Rabia Akarsu'dan)

[227] Rabia Akarsu, "Pulur Höyük'te (Erzurum) 2021 Yılı Kazı Çalışmalarında Ele Geçen Karaz Kültürüne Ait Grafit Astarlı Seramikler", *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 33(1), 2023, 34. doi:10.18069/firatsbed.1191007.

[228] Rabia Akarsu, Hüsnü Genç, "Erzurum-Pulur Höyük 2021 Yılı Kazı Çalışmaları", T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı 42. Uluslararası Kazı, Araştırma ve Arkeometri Sempozyumu", *Sempozyum Bildiriler Kitabı*, 4, Ankara 2022, 448-452; Rabia, Akarsu, "Pulur Höyük (Erzurum) 2021 ve 2022 Yılı Kazılarında Tespit Edilen Karaz Kültürüne Ait Zoomorfik Taşınabilir Kutsal Ocaklar", *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*,12, (4), 2023, 1512. doi:10.33206/mjss.1272185.

Pulur Höyük'te yapılan araştırmalar sonucu Karaz Kültürü'nün devam ettiği görülmüştür. Karaz Kültürü, Kalkolitik Çağı, Erken Tunç Çağı ve Orta Tunç Çağı'nı kapsayan oldukça geniş bir tarihi süreçte var olmuştur. Bu kültürün en karakteristik özelliği ise parlak siyah, kırmızı-siyah açkılı ve grafit astarlı seramik gruplarının kullanılmasıdır[229].

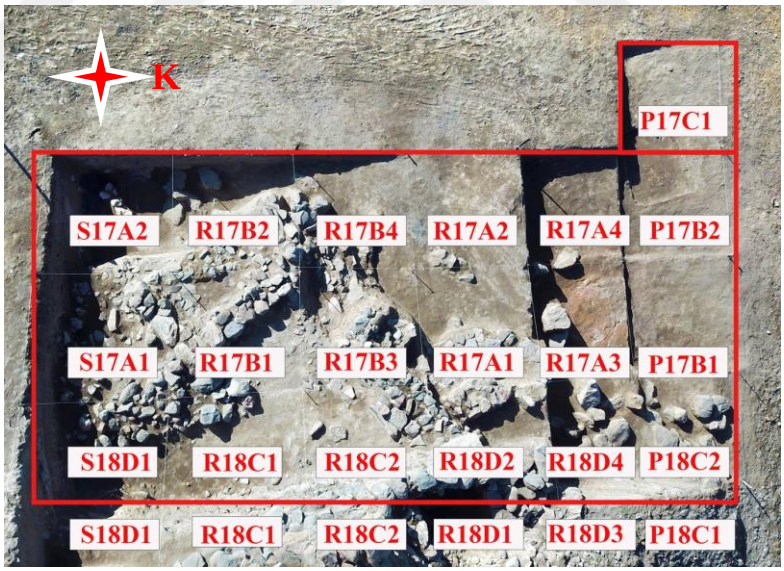
2022 yılında höyüğün batı eteğinde kazı çalışmalarına yoğunlaşılmış ve yeni açılan R18C2, R17B1, S17A1, R18D1, R18D2, R18D3, R18D4 plankarelerinde çalışmalara devam edilmiştir. Bu çalışmalarda özellikle 2021 yılında ortaya çıkarılan taş duvar kalıntılarının devam eden bölümleri açılmış, Erken Tunç Çağı'na ait birçok yapı kalıntısına ulaşılmıştır. Bu tarihte özellikle elde edilen buluntular arasında Erken Demir Çağı'na tarihlenen ve ender örneklerden biri olan insan yüzü tasvirli *(antropomorfik)* kap parçası özel bir yere sahiptir. Yine buluntular arasında Erken Tunç Çağı'na ait grafit astarlı ve diğer çeşitli çanak çömlek örnekleri, obsidyen aletler, hayvan kemikleri, zoomorfik kutsal ocak parçaları, perdah seramiği, taş ve kemik aletler, ahşap parçaları, taş ocaklar bulunmaktadır. Ayrıca 2022 yılında yanmış ahşap karbon örnekleri analizleri sonucu MÖ. 3026-2902 tarih aralığının bulunması ile Erken Tunç Çağına ait verilerin doğruluğu ortaya konulmuştur[230]. (Fotoğraf 2.7).



Fotoğraf 2.7. Pulur Höyük Kazı Alanı 2022 Yılı Plankareler (Rabia Akarsu'dan)

[229] Rabia Akarsu, 2023-I, 34.
[230] Rabia Akarsu, Hüsnü Genç, "Erzurum-Pulur Höyük 2022 Yılı Kazı Çalışmaları", *43. Kazı Sonuçları Toplantısı*, 2, 2023, 429-446.

2023 yılında ise Pulur Höyüğün batı ve kuzeybatı kesimindeki 15x10 metre ölçülerine sahip alanda çalışmalara devam edilmiştir. Bu alanda açılan 2.5 m² ölçülerinde; S17A1, S17A2, R17B1, R17B2, R17B3, R17B4, R17A1, R17A2, R17A3, R17A4, R18D2, R18D4, P18C2, P17B1, P17B2 ve P17C1 plankareleri açılarak Karaz Kültürü'ne ait Erken Tunç Çağı I, Geç Kalkolitik Çağ ve Orta Kalkolitik Çağa tarihlenen tabakalara ulaşılmıştır. Yapılan çalışmalarda bu tabakalarda; duvar kalıntıları, pişmiş topraktan sabit ocaklar, tahıl siloları, karbonlaşmış ahşap kalıntıları, kırmızı-siyah astarlı çanak çömlekler, küpler, yanmış hayvan kafatası ve kemikler, taş kolye ve bileklik, altın takı, kutsal ocak parçaları, demir malzeme kalıntıları, obsidyen aletler, öğütme taşları, karbonlaşmış tohum örnekleri, kemik aletler, taş baltalar, pişmiş toprak objeler ve çeşitli Karaz çanak çömlekleri bulunmuştur. Ayrıca yapılan çalışmalarda, kil ocak yapılarının varlığı, seramik yapımında kullanılan farklı renklerde kil topakları ve aynı renklerde seramik parçalarının bulunması ile seramik üretim alanı olarak değerlendirilen kalıntılar ortaya çıkarılmıştır[231]. (Fotoğraf 2.8.).

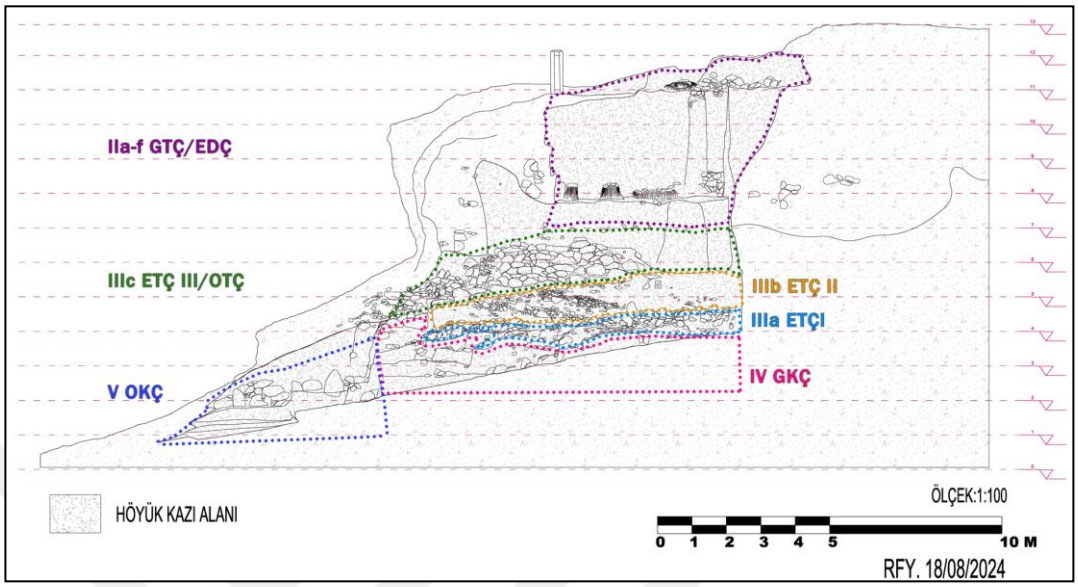


Fotoğraf 2.8. Pulur Höyük Kazı Alanı 2023 Yılı Plankareler (Rabia Akarsu'dan)

2021 ve 2023 yılları arasında yürütülen Pulur Höyük kazı çalışmalarında elde edilen radyokarbon sonuçları, mimari kalıntılar ve buluntuların değerlendirilmesi soncunda höyükteki kültür tabakalanması ortaya çıkarılmıştır. Buna göre Ortaçağ, Geç Tunç Çağı/Erken Demir Çağı, Erken Tunç Çağı III/Orta Tunç Çağı, Erken Tunç Çağı II, Erken

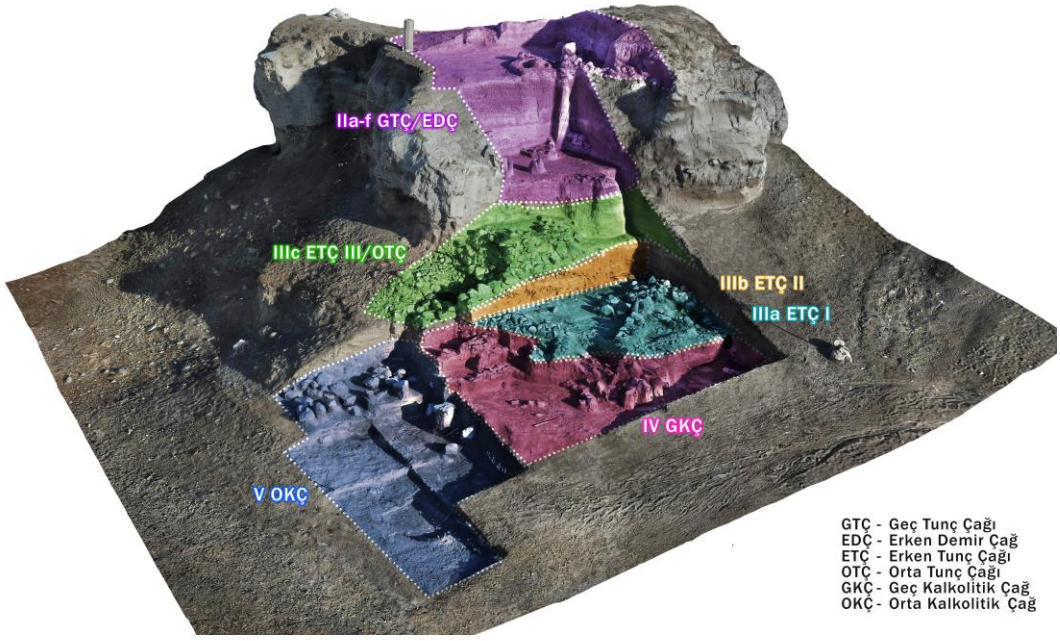
[231] Rabia Akarsu, Hüsnü Genç, Elif Şener, Sedat S. Akarsu, F. Kotan Koçli, B. C. Doğan, B. Keleş, "Erzurum-Pulur Höyük 2023 Yılı Kazı Çalışmaları*", 42. Kazı Sonuçları Toplantısı*, 2025, (Baskıda).

Tunç Çağı I, Geç Kalkolitik Çağ ve Orta Kalkolitik Çağ olmak üzere 7 tabaka belirlenmiştir.[232](Çizim. 2).



Çizim 2.2. Pulur Höyük Kazı Alanı Kültür Tabakalanması (R.Akarsu'dan İşlenerek)

Mevcut veriler doğrultusunda höyük modeli üzerinden kültür tabakaları ise aşağıda verilmiştir (Fotoğraf 2.9.)[233].



Fotoğraf 2.9. Pulur Höyük Kazı Alanı Kültür Tabakaları

[232] Rabia Akarsu, Hüsnü Genç, vd. 2025,1 (Baskıda).
[233] Ek. 15'te detaylı olarak verilmiştir.

Yapılan kazı çalışmaları, Kuzeyde Transkafkasya'dan Azerbaycan, Gürcistan, Ermenistan, İran, Doğu ve Orta Anadolu, İran'a, güneyde ise Levant Bölgesi'ne[234] kadar uzanan hat içinde kendini gösteren Karaz Kültürü'nün[235], Karaz, Sos, Güzelova ve özellikle 2021 yılından bu yana devam eden Pulur Höyük' kazıları ile bu kültürün başlangıç noktasının merkezi olma özelliğini güçlendirmektedir [236].

[234] H. Gönül Yalçın, "Karaz-/Kura-Aras-/Khirbet Kerak-Kültür Olgusu ve Tarihöncesi Bölgelerarası İlişkiler", *Colloquium Anatolicum*, Türk Eskiçağ Bildirileri Yayınları, 19, 2020, 179; Levant Bölgesi (Havzası): Genellikle Akdeniz'in doğusuna kıyısı olan ülkeleri; batıda Akdeniz, doğuda Suriye ve Ürdün çölleri, kuzeyde Amanos dağları ve güneyde Filistin Sina Yarımadası'na kadar uzanan bölgenin adıdır. Levant adı aynı zamanda bu bölgede siyasi ve kültürel bir anlamda ifade etmektedir. Ahmet Özgür Çınar, *Levant Havzasında Bulunan Doğal Gaz Kaynaklarının İsrail-Ürdün İlişkilerine Etkileri* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul 2019, 50.

[235] Rabia Akarsu, 2023-II, 1511.

[236] Akın Bingöl, Kars ve Çevresinde Karaz Yerleşmeleri*, Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18, 2016, 489-490.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERİN PULUR HÖYÜK KAZI ALANINDA KULLANIMI

3.1. PULUR HÖYÜK KAZI ALANINDA YAPILAN FOTOGRAMETRİK ÇALIŞMALAR

Bu bölümde hazırlayacağımız çalışma planı doğrultusunda Pulur Hüyük'te bilgisayar destekli fotogrametrik haritalama ve modelleme yöntemlerini kullanarak höyüğün ve kazı yapılan alanın detaylı olarak ortofoto görüntüleri, üç boyutlu modelleme örnekleri, kazı açmalarından *in situ* durumda olan malzemelere, kadar alanda gerek drone gerekse fotoğraf makinası ile sistematik çekimler yaparak veri oluşum aşamaları ortaya konulacaktır. Yapılacak olan çalışmada alana ait topoğrafik ve dem haritaları, kazı alanına ait vaziyet planları ve kesitlere ait teknik çizimler, bulunan malzemelerin ve kazı açmalarının üç boyutlu modellemeleri yapılacaktır. Ayrıca bilimsel veriler eşliğinde parçalar halinde ya da eksik bölümleri bulunan arkeolojik eserlerde üç boyutlu olarak bütünleme ve çalışmaları ortaya konulacaktır. Çalışma kapsamında kullanılan donanım ve yazılım programları, çizim tekniklerinin nasıl gerçekleştirildiği detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

3.1.1. Çalışma Planı Hazırlama

Çalışma planımız genel anlamda dört aşamadan oluşacaktır. Bu aşamalar sırasıyla gerçekleştirilerek fotogrametrik veriler elde edilecektir.

A- Planlama: Bu aşamada çalışma için yasal izinlerin alınması, proje alanı hakkında gerekli verilerin toplanması, çekim yapılacak alanlara göre donanım (drone-kamera) ve yazılım programların belirlenmesi, alanda yapılacak ölçüm ve kontrol noktalarının tespiti, çekim yapılacak en uygun hava şartlarına uygun zamanın belirlenmesi (ışık-gölge etkisi ile rüzgar ve yağış durumu), alanda İHA ile çekim yapılacak ise irtifa ve sınırların belirlenerek otonom ve el ile uçuş yapılacak hususların belirlenmesi ve kullanılacak malzemenin kontrolleri gerçekleştirilmektedir.

Yapmış olduğumuz tez çalışması kapsamında;

- Pulur Höyük kazı alanı hakkında öncesinden çalışma yapılarak kazı sınırları belirlenmiştir.
- Alanda haritalama ve modelleme yapabilmek için fotoğraf makinası ile çekim yapılacak alanlar ve drone ile yapılacak çekimler için uçuş parametreleri belirlenmiş ve yasal izinler alınmıştır.
- Sahada kullanılacak yer kontrol noktaları ve ölçeklerin nerelere konulacağı tespit edilmiştir.
- Pulur Höyük, Erzurum ovasında genellikle rüzgârın eksik olmadığı bir konumda yer aldığından dolayı drone uçuşu sırasında hava şartlarının en uygun olduğu bir zamanda çalışmayı gerçekleştirmek için plan oluşturulmuş ve bu planlama doğrultusunda oluşabilecek olumsuz hava koşullarına karşı gerek otonom gerekse el ile uçuş yapılacak rotaların ve irtifa yüksekliklerinin hesaplamaları planlanmıştır. Drone olarak DJI Mavic Pro Marka Drone kullanılmıştır (Fotoğraf 3.1.).



DJI MAVİC PRO DRONE ÖZELLİKLERİ	
Ağırlık	743 gram
Maksimum hız	Rüzgârsız Spor Modunda (65 km/saat)
Maksimum uçuş yüksekliği	5000 m (deniz seviyesi)
Maksimum Uçuş Süresi	27 dakika
Maksimum Uçuş Mesafesi	13 km
Uydu Konumlandırma Sistemleri	GPS/GLONASS
Kamera/sensör	1/2,3" CMOS -12,71 Megapiksel
Lens	78,8° görüş açısı, 28 mm (35 mm format eşdeğeri) f/2,2
Maksimum Görüntü Boyutu ve Tipi	4000×3000- JPEG, DNG
Video Kayıt Modları ve Tipi	C4K: 4096×2160 24p, 4K: 3840×2160 24/25/30p 2,7K: 2704×1520 24/25/30p FHD: 1920×1080 24/25/30/48/50/60/96p HD: 1280×720 24/25/30/48/50/60/120/180p MP4, MOV (MPEG-4 AVC/H.264)

Fotoğraf 3.1. Dji Mavic Pro Drone Özellikleri (DJI Kullanma Kılavuzu)

- Höyüğün topoğrafik haritaları için genel bir uçuş, kazı alanı vaziyet planı, ortofotosu ve modellemesi için detaylı yakın irtifada bir uçuş, kazı açması ve *in situ* durumdaki örnek bir eserin modellemesi için fotoğraf makinası ile detaylı çekim

yapılması planlanmıştır. Yapacağımız çalışmada fotoğraf makinası olarak Canon Eos 1100D DSLR Fotoğraf Makinası kullanılmıştır (Fotoğraf 3.2.).



CANON EOS 1100 D DİJİTAL FOTOĞRAF MAKİNASI ÖZELLİKLERİ	
Ağırlık	495 gram
Boyutlar	130 x 100 x 78 mm.
Deklanşör Hızı: 1/4000 saniye	1/4000 saniye.
Çözünürlük	12 megapiksel
Seri Çekim Hızı	3 kare/saniye
Video Çözünürlüğü	1280 x 720 piksel (HD)
Batarya Ömrü	700 çekim
ISO Hassasiyeti	100-6400 arası
Sensör Tipi	APS-C boyutunda CMOS sensör (1,6x)
Lens	EF-S 18-55mm f/3.5-5.6 IS STM
En düşük çekim mesafesi	25 cm
Lens Ağırlığı	200 gram
Görüntü Tipi ve Çözünürlük	RAW+JPEG Geniş (L) L (Geniş): Yaklaşık 12.20 megapiksel (4272 x 2848) M (Orta): Yaklaşık 6.30 megapiksel (3088 x 2056) S1 (Küçük 1) : Yaklaşık 3.40 megapiksel (2256 x 1504) S2 (Küçük 2) : Yaklaşık 2.50 megapiksel (1920 x 1280) S3 (Küçük 3) : Yaklaşık 350.000 piksel (720 x 480) RAW : Yaklaşık 12.20 megapiksel (4272 x 2848)

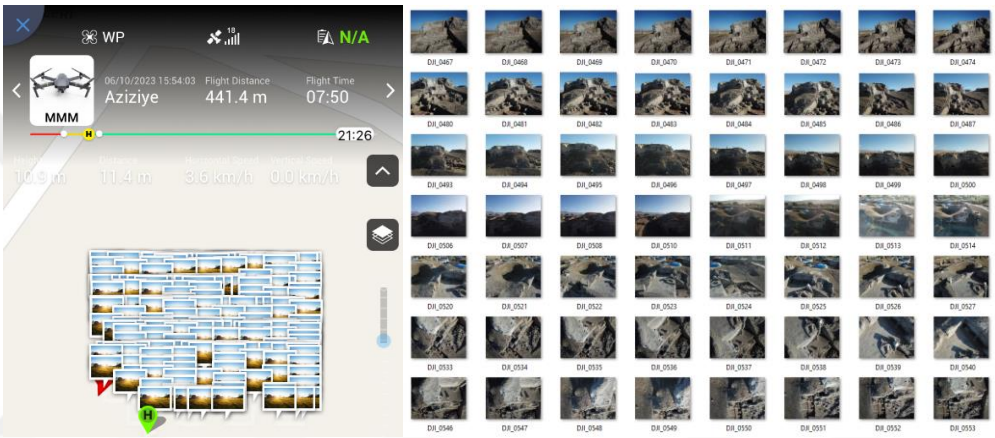
Fotoğraf 3.2. Canon Eos 1100D Özellikleri (Canon Kullanma Kılavuzu)

B- Arazi çalışmaları: Arazi çalışmaları planlama aşaması sonrası belirlenen hususlar doğrultusunda çalışma alanında gerekli son kontroller ve referans noktalarının tespiti ve ölçümler yapılarak fotoğraf çekim çalışmaları gerek el ile gerekse otonom olarak yeterli seviyede görüntü alma işlemleri gerçekleştirilir.

- Pulur Höyük kazı alanı, höyüğün batı cephesinde yer aldığı için güneş açısının batı cepheye daha iyi vurduğu öğleden sonra ve ikindi vakitlerinde çekimlerin yapılmasına karar verilmiştir.

C- Fotoğraf Çekimi: Planlama doğrultusunda höyük kazı alanında drone ile çekim yapılacak parametreler belirlenmiş ve otonom uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Yapılan

ilk uçuşta höyük alanı sınırları üzerinde, höyüğün tepe noktasından 20 m'lik mesafeden 90º'lik dik bir kamera açısı ile, %85-90 bindirme oranları ile ilk çekim, 18 dakikalık bir sürede gerçekleştirilmiştir. Havanın genellikle rüzgârlı olması sebebiyle, Höyüğün batı cephesi ve tepe noktasında bulunan kazı alanı üzerinde el ile 15 m mesafeden uçuş gerçekleştirilerek detaylı görüntü alma işlemi gerçekleştirilmiş ve son olarak, höyüğün üç boyutlu modeli için 45º'lik bir kamera açısı ile 20 m irtifadan höyük alanı dıştan uçuş yapılarak görüntüleri çekilmiştir. Bu kapsam da höyük alanında drone ile üç uçuş gerçekleştirilmiş ve toplamda 340 adet fotoğraf alınmıştır. (Fotoğraf 3.3.).



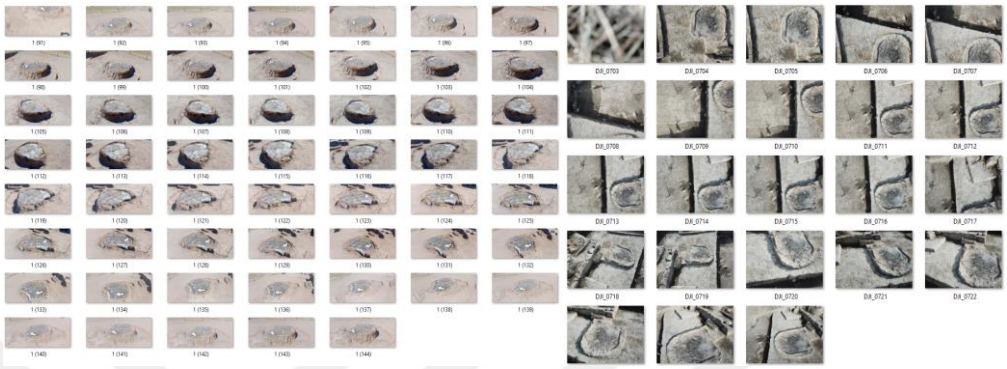
Fotoğraf 3.3. Pulur Höyük Drone ile Yapılan Otonom Fotoğraf Çekimi

- Alanda daha önce belirlediğimiz ve üç boyutlu modellemesi yapılacak olan R18D plankaresi içinde gerekli ölçekler yerleştirilerek fotoğraf makinası ile açmanın detaylı olarak dört yönden toplamda 88 adet fotoğrafı çekilmiştir (Fotoğraf 3.4.).



Fotoğraf 3.4. Pulur Höyük R18D Plankaresi Fotoğraf Çekimi

- Yine kazı alanında P17B plankaresi içinde kalan, 2023-2024 yılı kazılarında ortaya çıkarılan ve *in situ* durumda olan "fırın-1, fırın-2" olduğu düşünülen buluntuların üç boyutlu modellemesini gerçekleştirmek için drone ve fotoğraf makinası ile iki ayrı dönemde toplam 76 adet fotoğraf çekimi gerçekleştirilmiştir (Fotoğraf 3.5.).



Fotoğraf 3.5. Pulur Höyük P17B Plankaresi *İn situ* (Fırın 1-Fırın-2) Fotoğraf Çekimi

- Son olarak 2021 yılı Pulur Höyük kazısında üç parça olarak ele geçirilen ve Erzurum Arkeoloji Müzesi, 2021-PH.21.03 numaralı kazı envanterine kayıtlı kutsal ocağın üç boyutlu modelinin ve bütünleme çalışmalarının yapılması için fotoğraflama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma için müze müdürlüğü izni alınarak eserin fotoğraflama işlemleri tamamlanmış ve toplamda 48 adet fotoğraf çekilmiştir (Fotoğraf 3.6.).



Fotoğraf 3.6. Erzurum Arkeoloji Müzesi Kutsal Ocak Fotoğraflama Çalışması

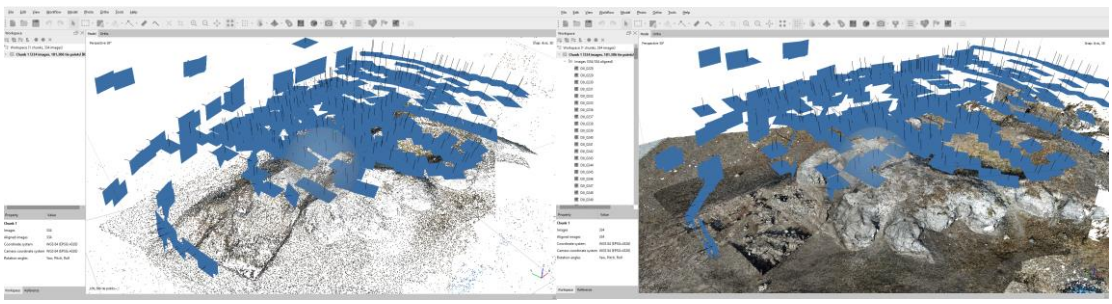
D- Değerlendirme (Kıymetlendirme): Çalışma planı doğrultusunda alanda gerekli görüntüleme işlemleri tamamlandıktan sonra planın son aşaması olan değerlendirme bölümüne gerçekleştirilmektedir.

- Bu kapsamda elde edilen fotoğraflar üzerinden Agisoft Metashape, AutoCad, Netcad, Sketchup, Lumion 12 yazılım programları kullanılarak alana ait verilerin oluşum aşamasına geçilmiştir.
- İlk olarak Pulur Höyük ve höyükteki açmalara ait ortofoto görüntülerinin ve topoğrafik haritalarının elde edilmesi çalışmaları gerçekleştirilecek ve bu çalışma sonrası alanda elde edilen ortofoto görüntüleri üzerinden CAD ortamında, höyük alanına ve kazı alanına ait plan ve cephe çizim çalışmaları tamamlanacaktır.
- Sonrasında kazı alanında belirlenen *in situ* durumdaki bir nesnenin üç boyutlu modellemesi yapılacaktır.
- Son olarak müzede yer alan kutsal ocak parçalarının üç boyutlu modelleme çalışmaları yapılarak bilimsel veriler eşliğinde bütünleme çalışması sanal ortamda gerçekleştirilecektir.

3.1.2. Pulur Hüyük'te Fotogrametrik Modelleme Yöntemi ile Oluşturulan Veriler

Çalışma planı doğrultusunda ilk olarak Pulur Höyük alanı ve bu alanda yer alan kazı çalışması yapılan bölümlerin ayrı ayrı ortofoto görüntüleri oluşturulmuştur. Çalışma sınırları höyük ile birlikte 2800 m²' lik bir alan içinde yer almaktadır.

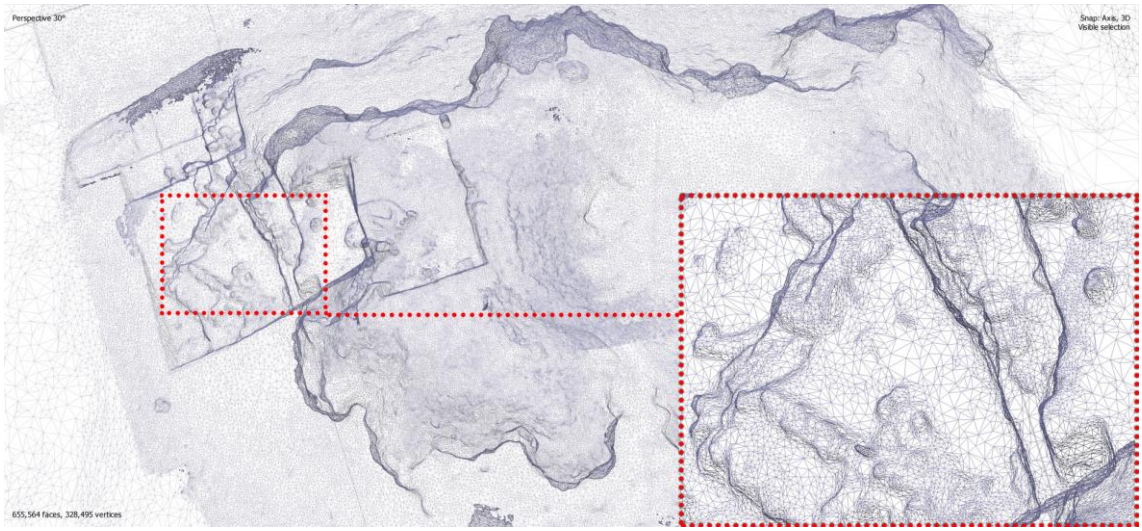
Bu alanda höyük üzerinde otonom ve el ile üç boyutlu modelleme ve ortofoto yapmak için 90º'lik ve 45º'lik toplam 334 fotoğraf çekilmiş ve Agisoft Metashape programın kullanılmıştır. İlk olarak çekilen fotoğraflarda gerekli netlik testi, görüntü kalibrasyon ayarı ile gps koordinat sistemi standart WGS 84 (EPSG: 4326) kullanılarak yüksek parametre ayarları seçilmiş, böylece alanın seyrek ve yoğun nokta bulutları oluşturulmuştur (Fotoğraf 3.7.).



Fotoğraf 3.7. Pulur Höyük Seyrek ve Yoğun Nokta Bulutu Oluşumu

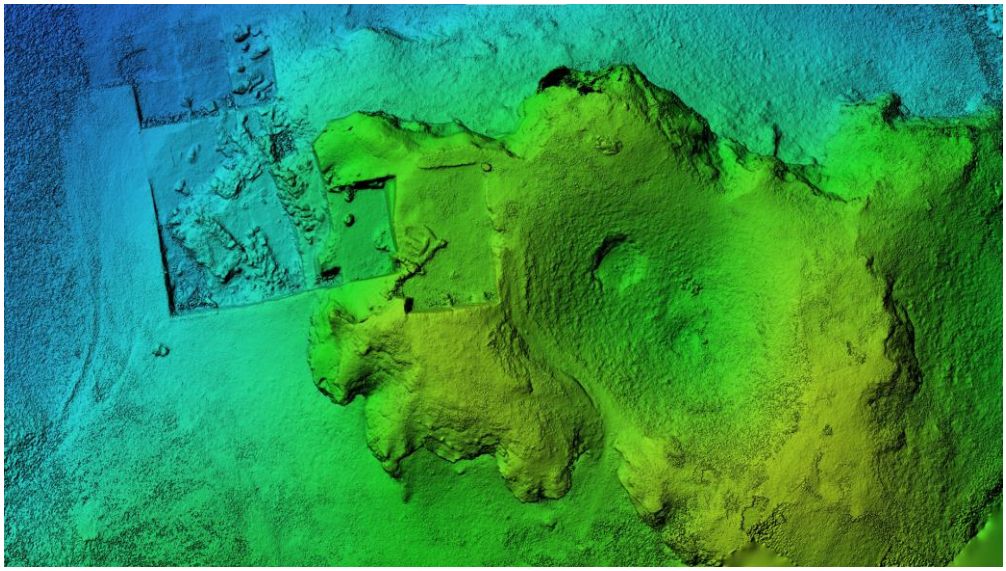
Bu aşamada alanın büyük olması ve parametre ayarlarının yüksek seçilmesinden dolayı toplamda 72.892.771 nokta oluşturulmuştur.

Bir sonraki aşamada alanın üç boyutlu modeli ve bu modelin gerçekçi yüzey dokulu modelinin oluşturma aşamasına geçilmiş ve höyük alanının tamamının üçgen modeli ile birlikte gerçekçi yüzey modeli de oluşturulmuştur. Bu aşama bize alanda oluşturulacak ortofoto görüntüsü ve dem haritasının oluşturulması için çok önemlidir. Çünkü yüzey dem haritası ve ortofoto görüntüleri bu modelleme üzerinden gerçekleştirilecektir (Fotoğraf 3.8.).

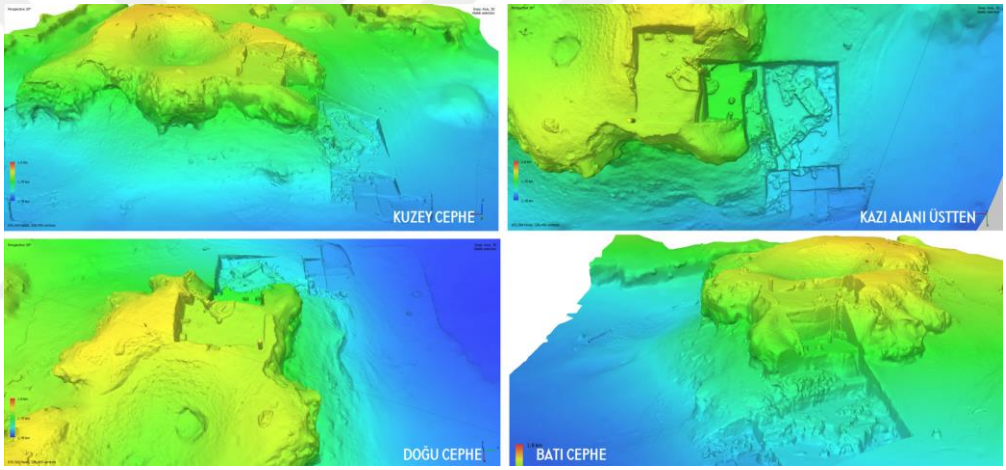


Fotoğraf 3.8. Pulur Höyük Üçgen Model Oluşumu

Son aşama da ise yüzey modelleri üzerinden höyük alnına ait dem haritası ve ortofoto görüntülerinin oluşturulması gelmektedir. Kullanmış olduğumuz Agisoft Methashape programı, dem haritalarını oluşturmadan da yüzey modellemesinin üç boyutlu olarak yükseklik değerlerini görebilme imkânı sunmaktadır. Fakat ortofoto haritasının oluşturulması için çalışma iş akış dem haritası menüsünden gerekli parametre ayarlarını seçerken özellikle ülkemizde kullanılan gps koordinat sistemi ile eş değer olan alanın seçilmesi veri doğruluğu açısından önemlidir. Bu alanda "TUREF/TM42 (EPSG:5258)" koordinat sistemi seçilerek gerek nokta bulutları gerekse üç boyutlu modellemeler üzerinden yüzey dem haritası oluşturulmuştur (Fotoğraf 3.9.-3.10.).

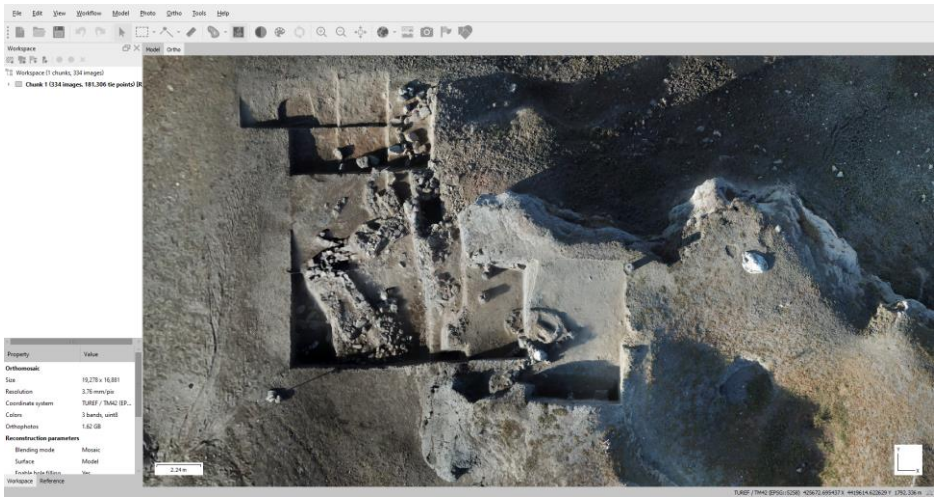


Fotoğraf 3.9. Pulur Höyük Dem Haritası



Fotoğraf 3.10. Pulur Höyük Model Dem Haritaları

Çalışma alanının vaziyet planı ve cephe çizimlerinin CAD ortamında 2 boyutlu olarak yapılması için 90º'lik ve 45º'lik bakış açılarına göre ortofoto görüntülerinin oluşturması gerekmektedir. Bu ortofoto görüntüleri için yine iş akış ortomozaik menüsünden gerekli parametre ayarları ve koordinat sistemi aynı dem haritasında olduğu gibi TUREF/TM42 seçilerek tamamlanmış ve höyüğe ait batı cepheden ve dikey açıdan ortofoto görüntüleri oluşturulmuştur. Ortofoto görüntüsü gerek nokta bulutu gerekse modelleme üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu alanda dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise parametre ayarlarında delik olan bölümlerin kapatılması seçeneğini aktif hale getirmektir. Böylece sistem tarafından temiz bir ortomozaik oluşturması sağlanmış olacaktır. Yapmış olduğumuz çalışma da ortofoto görüntüleri 19278x16881, 3.76mm/pix hassasiyete sahiptir (Fotoğraf 3.11.)

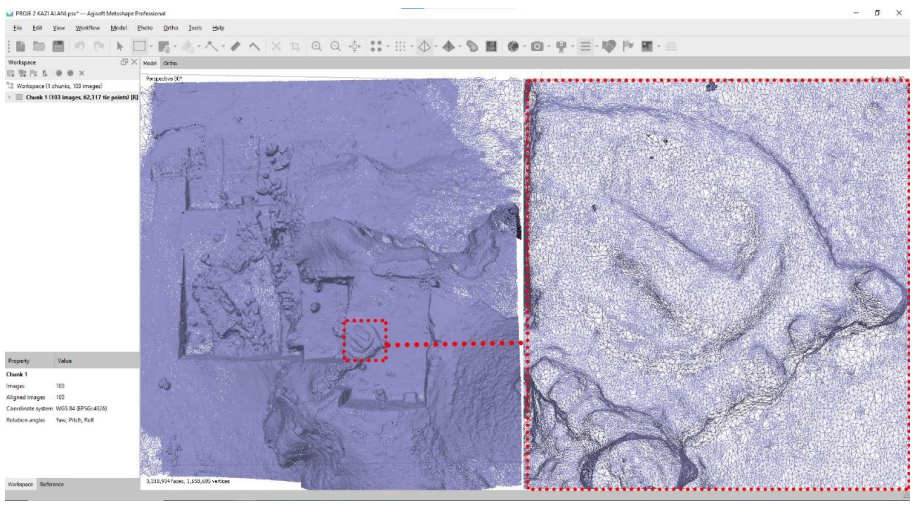


Fotoğraf 3.11. Pulur Höyük Ortofoto Görüntü Oluşumu

Oluşturulan ilk model, Pulur Höyük alanı için yeterli olmuştur. Fakat daha detaylı çizim çalışması gerçekleştirilebilmesi için, sadece kazı alanı daha detaylı bir şekilde yeniden modellenmiştir.

Bu modelleme ise alanda sürekli rüzgâr olması sebebiyle el ile uçuş gerçekleştirilerek çekilen toplam 103 adet fotoğraf kullanılmış ve yüksek parametre ayarları seçilerek model oluşturulmuştur. Yapılan modelde sırası ile nokta bulutu oluşumları, üç boyutlu model üretimi, dem haritaları ve ortofoto görüntüsü temiz bir şekilde elde edilmiştir.

Kazı alanı modelinde yüksek ayarlarda yoğun nokta bulutu 24.523.564 adet nokta üretilmiştir. Oluşturulan dem haritasında hassasiyet oranı 11933x11540, 2.39 mm/pix, olurken, ortofoto görüntüsünde ise bu oran 7611x3510, 1.34 mm/pix oranında hassasiyete sahip değerler vermiştir (Fotoğraf 3.12).



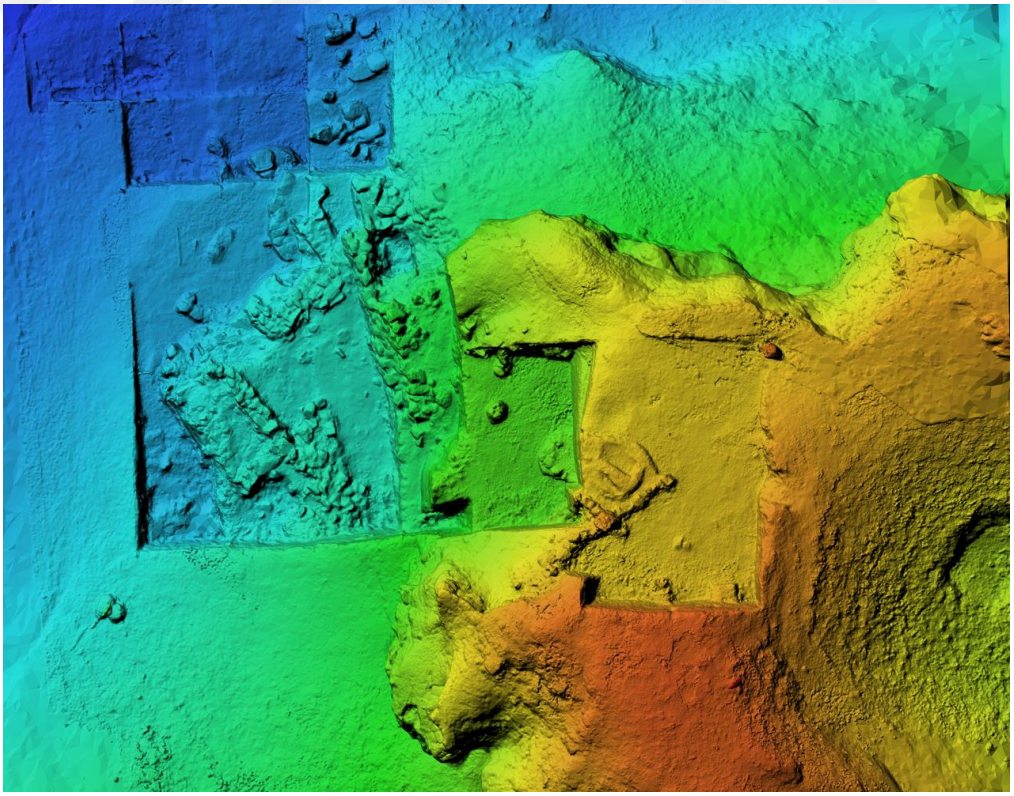
Fotoğraf 3.12. Pulur Höyük Kazı Alanı Üçgen Model Oluşumu Detay

Kazı alanına yerleştirilen gerçekte 1 m'lik ölçek çubuğu ve 5 cm'lik mesafede dilimlere ayrılmış dairesel referans noktaları üzerinden doğruluk oranları ölçülmüş, böylece yapılan modelde dikeyde ve yatayda sıfıra yakın değerlerde bir veri doğruluğu elde edilmiştir. (Fotoğraf 3.13.)



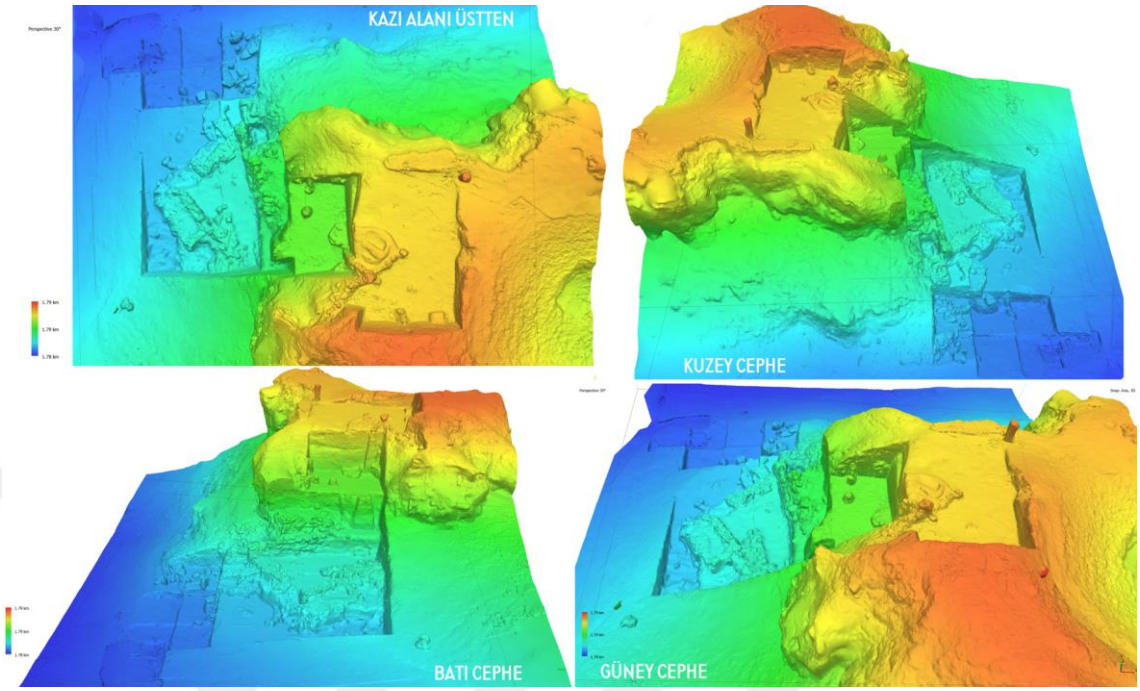
Fotoğraf 3.13. Pulur Höyük Kazı Alanı Referans Noktaları Ölçüm Değerleri

Dem Haritası yine programın iş akışı dem haritası menüsünden gerekli parametre ayarları ve koordinat sistemi TUREF/TM42 seçilerek koordinatlı bir şekilde oluşturulmuştur (Fotoğraf 3.14.).



Fotoğraf 3.14. Pulur Höyük Kazı Alanı Koordinatlı Dem Haritası

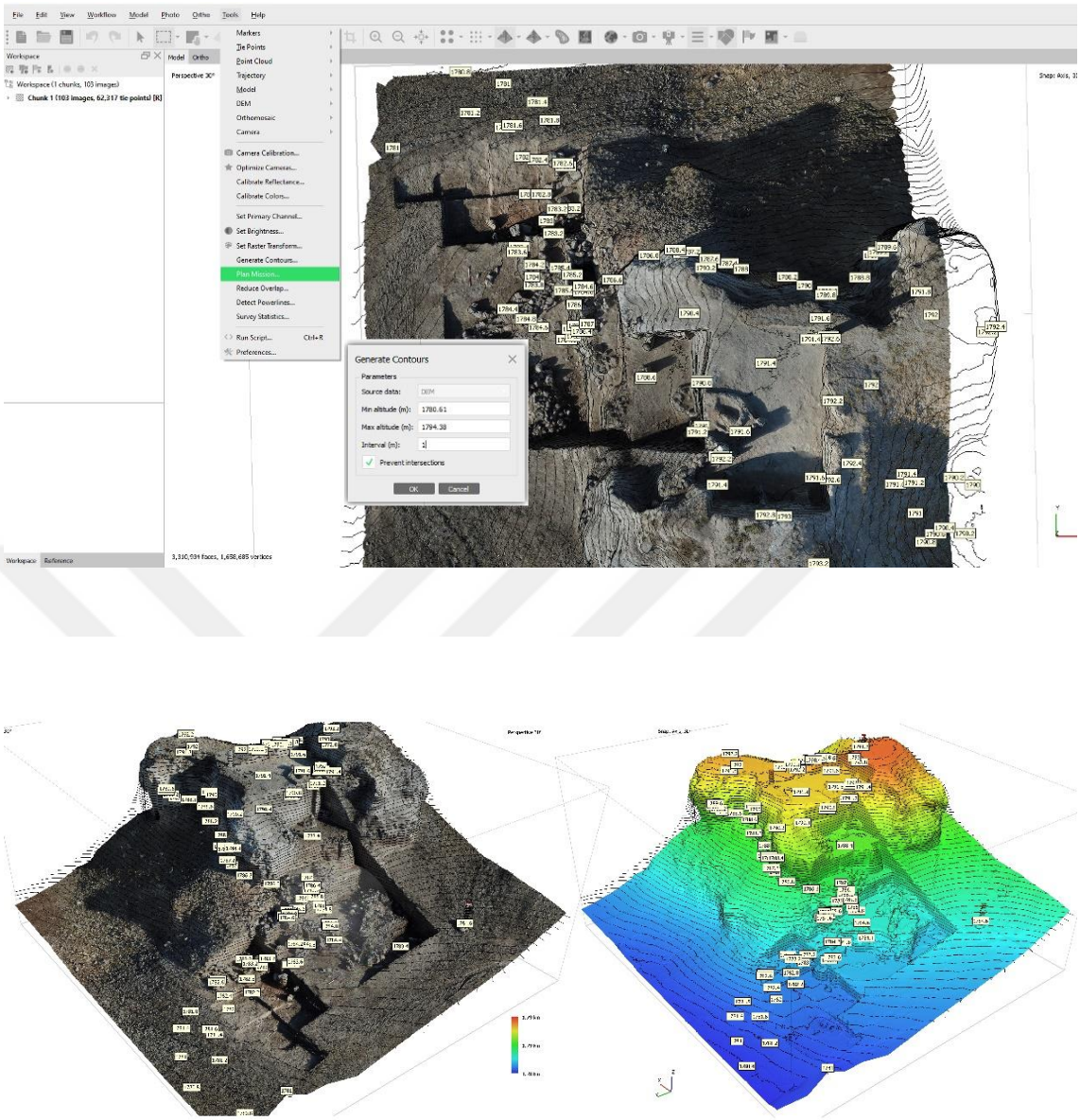
Ayrıca kazı alanı üç boyutlu yükseklik modeli detaylı olarak bütün cephelerden temiz bir şekilde tamamlanmıştır (Fotoğraf3.15.)



Fotoğraf 3.15. Pulur Höyük Kazı Alanı Model Cephelerden Dem Haritaları

Koordinatlı olarak çalışma alanının dem haritası üzerinden alana ait eş yükselti eğrilerinin oluşumu da sağlanmaktadır. Bu çalışma yapacağımız CAD çizimlerinde; vaziyet planı ve cephesel çizimlerde bize yükseklik değerlerini sağlamanın yanı sıra oluşturacağımız teknik çizimlerin koordinatlı haritalar üzerine gerçek noktaları ile yerleştirme olanağı sağlayacaktır. Ayrıca Agisoft Metashape programı bize istediğimiz hassasiyette eş yükselti eğrileri oluşturma imkânı da sunmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için programın iş akışı menüsünden "Tools (araçlar)" menüsüne girerek "Generate Contours (kontür oluşturma)" bölümü açılarak dem haritası üzerinden "interval- aralık" bölümüne istediğimiz eş yükselti eğrileri arasındaki mesafe yükseklik değeri girilerek izohips haritası oluşturulmaktadır.

Oluşturulan bu eş yükselti haritası programda gerek üç boyutlu model gerekse dem haritaları üzerinde aktif hale getirilebilmektedir (Fotoğraf 3.16).



Fotoğraf 3.16. Pulur Höyük Kazı Alanı Eş Yükselti Haritaları

Bu çalışma sonrası alanın teknik çizimlerinin yapılması için ortofoto görüntüleri oluşturulmasına geçilmiştir. Alanda biri vaziyet planında diğeri ise cephesel çizim için kullanılmak üzere iş akışı menüsünde ortomozaik oluşturma bölümünde gerekli parametre ayarları seçilerek iki ortofoto görüntüsü oluşturulmuştur. Oluşturulan ortofoto görüntülerinden cephesel ortofoto 7611x3510, 1.3 mm/pix hassasiyetine, dikey ortofoto ise 8306x8033, 3.43 mm/pix hassasiyetine sahiptir. Bu değerler hep plan hem de cephe çizimi için fazlasıyla yeterli çözünürlük sunmaktadır (Fotoğraf.3.17.).



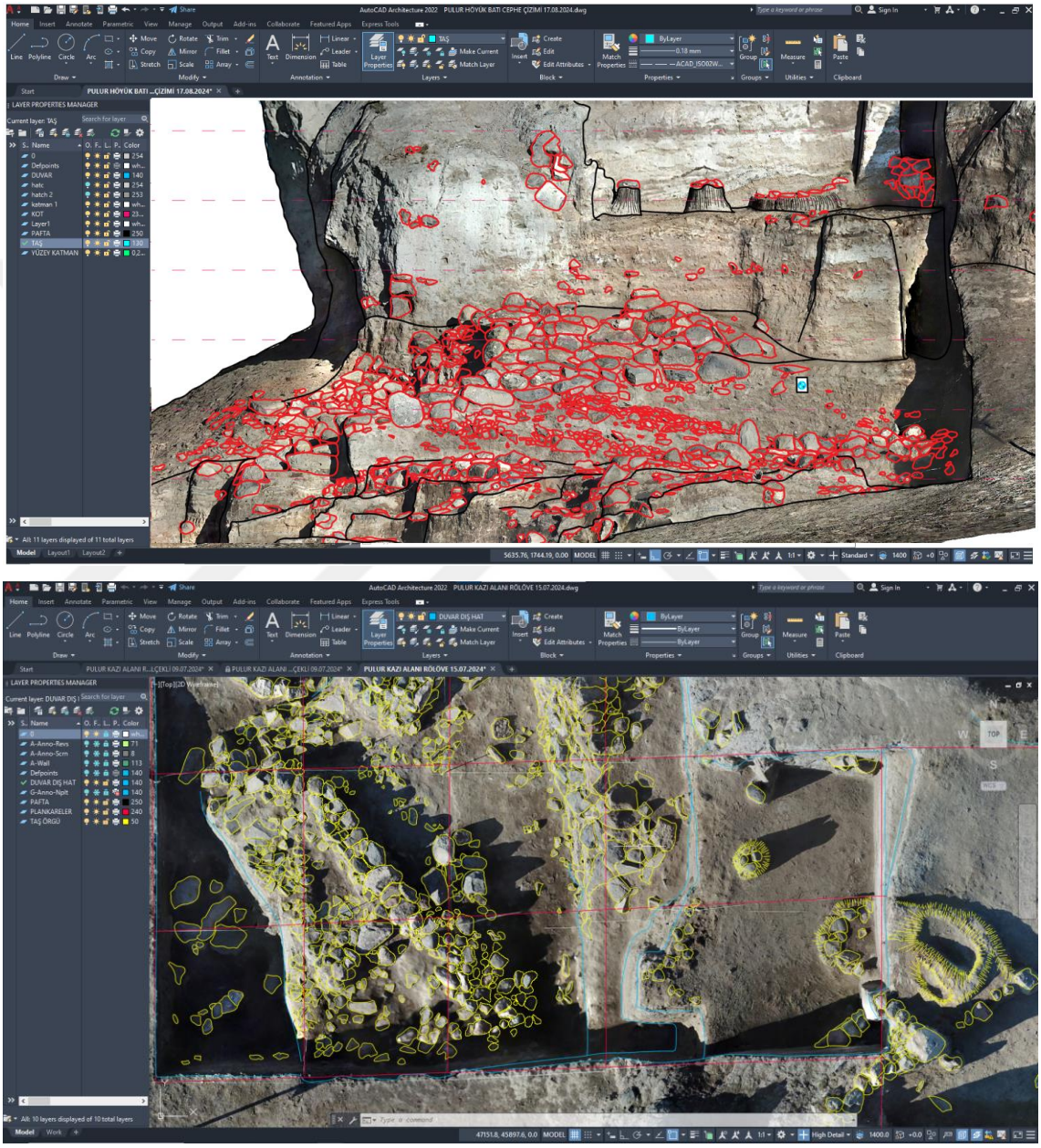
Fotoğraf 3.17. Pulur Höyük Kazı Alanı Ortofoto Görüntüleri

3.1.2.1 Pulur Hüyük Teknik Çizim Aşamaları

Pulur Höyük kazı alanına ait ortofoto görüntüleri CAD çizimlerde yaygın bir kullanıma sahip AutoCAD Programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Sırası ile vaziyet planı oluşturulması için programda dikey ortofoto görüntüsü, batı cephe çizimi için ise yatay cephe ortofoto görüntüleri ölçekli olarak programda açılmıştır.

Programda gerekli katman ve çizgi ayarları yapılarak kazı alanının bütün detayları tek tek çizim ortamına aktarılmıştır. Alana yerleştirilen referans noktaları üzerinden teknik çizim doğruluğu kontrol edilerek çizimin ölçek değerleri ayarlanmış, gerekli lejantlar ve kazı açmalarına ait plankareler eklenerek batı cephe çizimi ve höyük vaziyet planına ait teknik çizimler tamamlanmıştır[237] (Fotoğraf 3.18.).

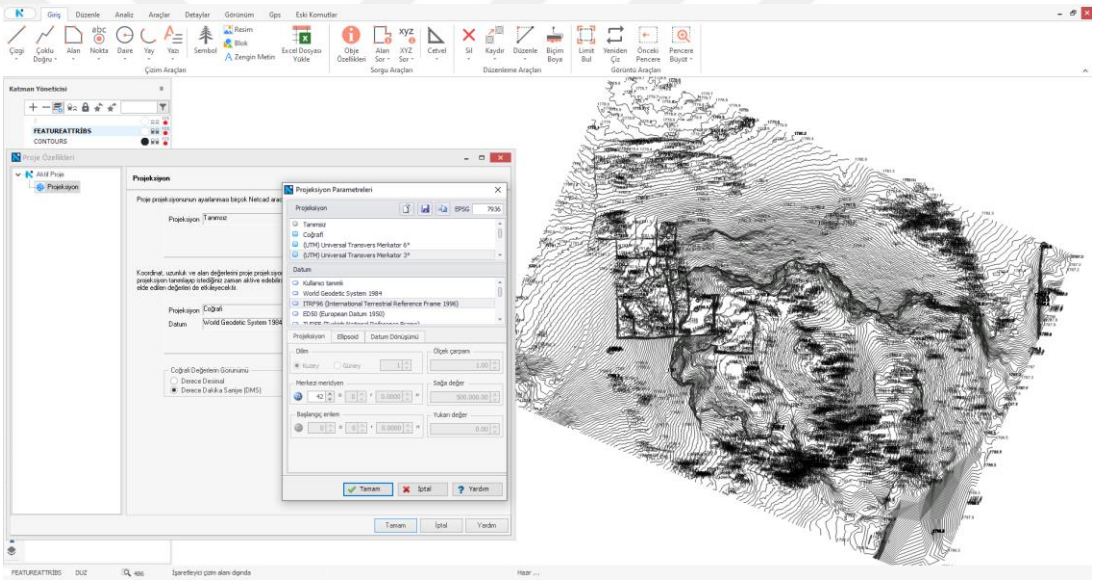


Fotoğraf 3.18. Pulur Höyük Kazı Alanı Plan ve Cephe Çizimleri

[237] Ek. 11-12'de teknik çizimler detaylı olarak verilmiştir.

Yapılan teknik çizimlerin tamamlanmasından sonra bu çizilen vaziyet planının oluşturulan koordinatlı eş yükselti haritası üzerine çakıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ise Agisoft Methashape Programı dışa aktarım menüsünden "Export Shapes-Şekilleri Dışa Aktar" bölümü seçilerek oluşturulan izohips eğri dosyası AutoCAD programının kullandığı dxf formatında dışa koordinatlı olarak aktarımı sağlanmıştır.

Bu dxf dosyası, Haritacılık CAD programı olarak yaygın bir şekilde kullanılan Natcad Programı üzerinde açılmış ve Coğrafi Koordinat Sistemi projeksiyon parametre ayarları bölümünden ülkemizde yaygın olarak kullanılan ve Erzurum'un içinde bulunduğu koordinat sistemi olan, EPSG[238] (7936) ITRF96 (International Terrestrial Reference Frame 1996) 42°'lik referans sistemi değerleri verilerek böylece koordinat dönüşümü sağlanmıştır (Fotoğraf 3.19.).

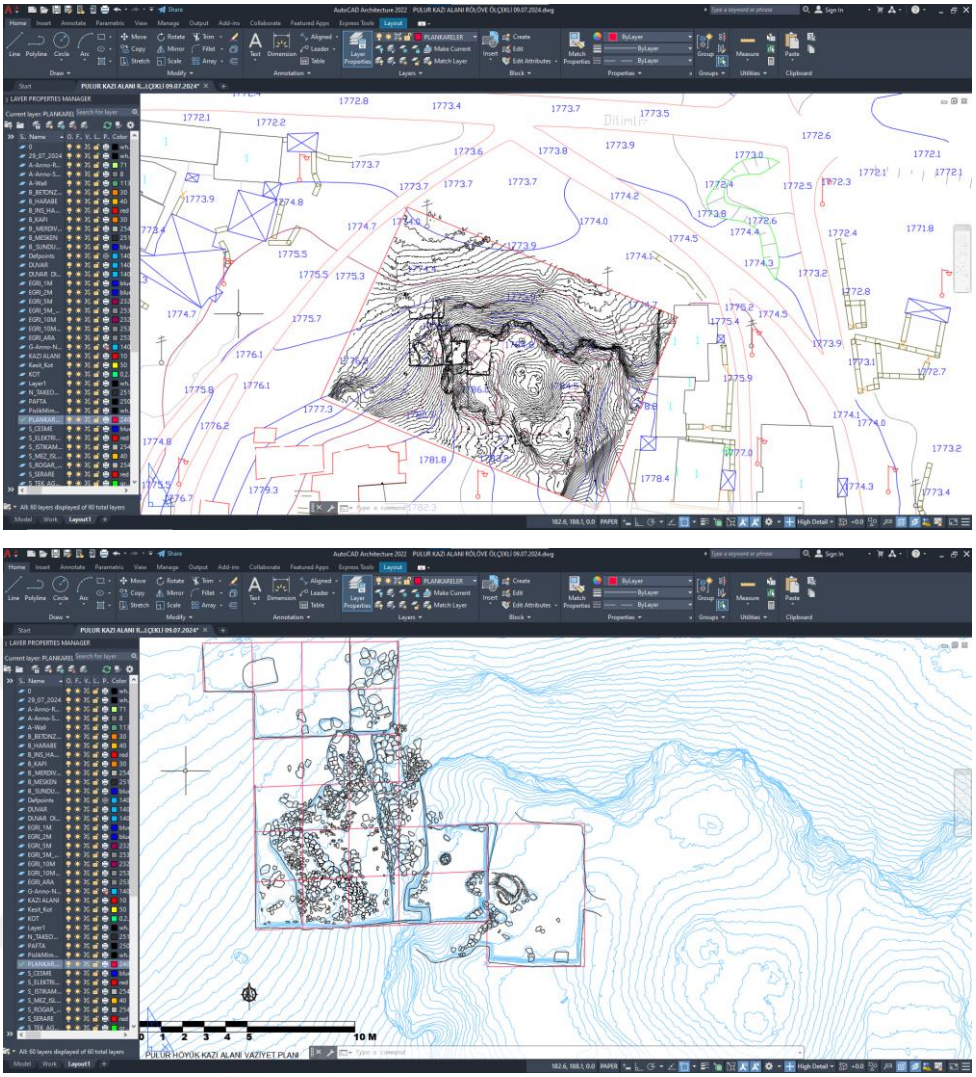


Fotoğraf 3.19. Pulur Höyük İzohips Dosyası Netcad ile Koordinat Referans Dönüşümü

Yerel Koordinat değerlerine dönüşümü gerçekleştirilen eş yükselti eğrilerinin bulunduğu dosya, Pulur Höyük' ün yer aldığı Ömertepe Mahallesi halihazır haritası üzerinde açılarak koordinat noktalarının doğruluğu kontrol edilmiştir. Son olarak AutoCAD programı için dwg formatında kaydedilerek yapmış olduğumuz vaziyet planı çizimi ile referans noktaları üzerinden iki dosyanın AutoCAD programında ölçekli olarak halihazır harita, höyük eş yükselti haritası ve Pulur Höyük kazı alanı vaziyet planı çakıştırılarak kazı alanın vaziyet planı çizimi tamamlanmıştır (Fotoğraf 3.20.)[239].

---

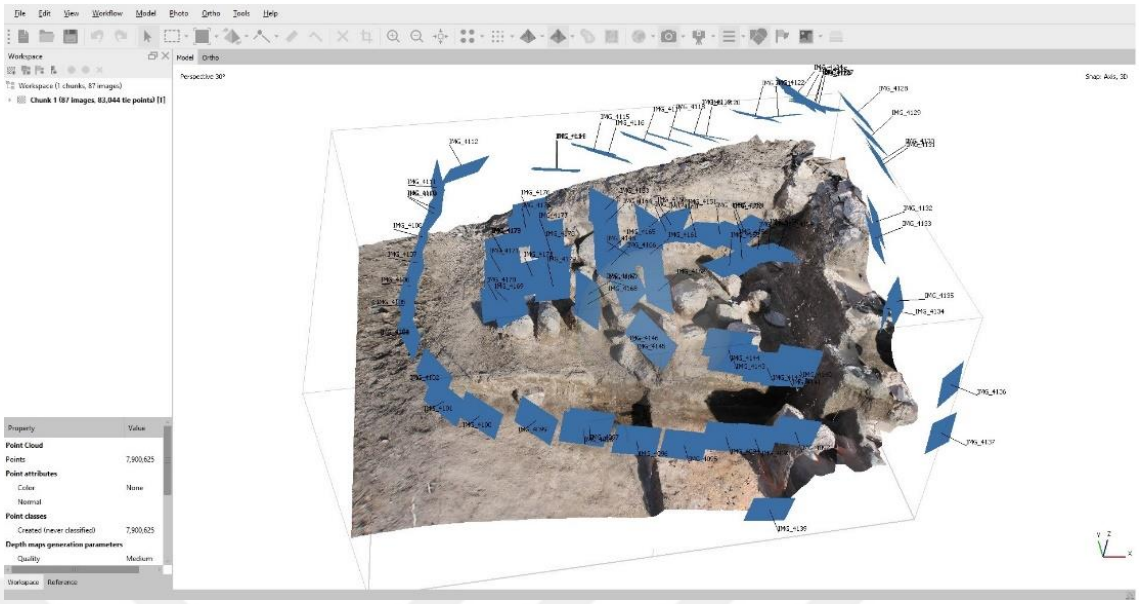
238 EPSG: European Petroleum Survey Group (Avrupa Petrol Ölçme Grubu).
239 Ek. 13-14'de teknik çizimler detaylı olarak verilmiştir.



Fotoğraf 3.20. Pulur Höyük Vaziyet Planı Çizimi

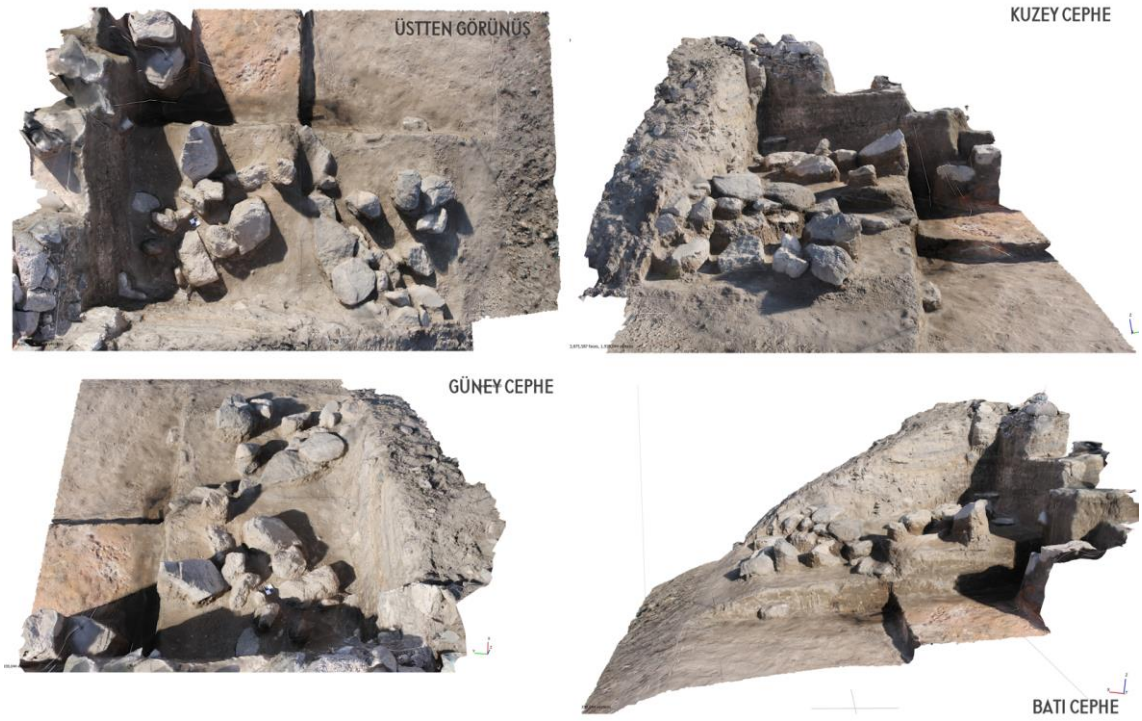
3.1.2.2. Kazı Alanı R18D Plankaresi Modelleme Çalışmaları

Arkeolojik kazı alanlarında çalışmalar plankare yöntemine göre yürütüldüğünden bu plankarelerin daha iyi şekilde verilerinin kaydı için sadece açma özelinde modelleme imkânı yapmakta mümkündür. Böylece kazı alanının tamamındansa daha küçük bir alanda çalışma yürütmek hem süreç yönünden hem de veri dosyasının büyüklüğü yönünden avantaj sağlamaktadır. Yapmış olduğumuz çalışmamızda Pulur Höyük R18D Plankaresi seçilerek modelleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Alanda Kazı açmasına ilk olarak referans ölçeği yerleştirilerek fotoğraf makinası ile detaylı şekilde fotoğraflama çalışması yapılmış ve elde edilen 88 adet fotoğraf ile fotogrametrik modelleme işlemi daha önce yapmış olduğumuz çalışmalarımızdaki iş akışı sıralaması ve yüksek parametre ayarları kullanılarak oluşturulmuştur (Fotoğraf 3.21).



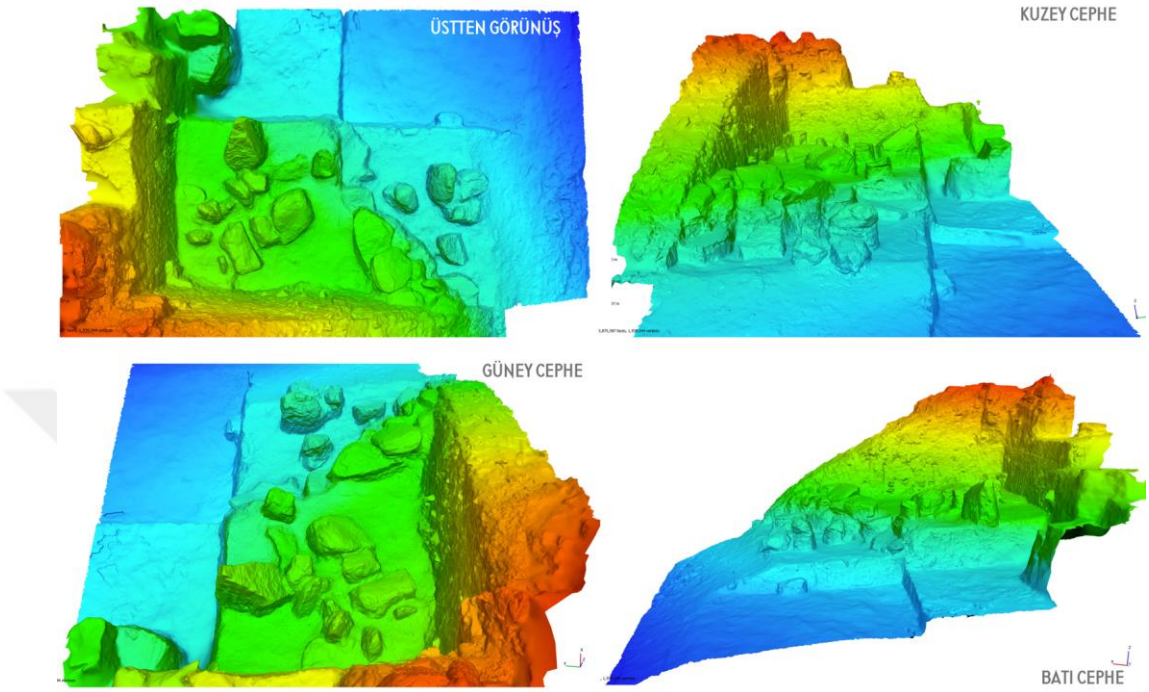
Fotoğraf 3.21. R18D Plankaresi Üç boyutlu Model Oluşumu

Elde edilen üç boyutlu model gerek AutoCAD çizimlerinde gerekse farklı modelleme çalışmalarında kullanılması konusunda bize kazı plankaresinin en gerçekçi halinin kaydını sağlama imkânı sunmuştur. Yapılacak olan çalışmalarda bu açmanın altındaki kültürel katmanlara ulaşmak için kaldırılmasına karşı açmaya ait mevcut verilerin en az kayıpla korunması üç boyutlu olarak sağlanmıştır (Fotoğraf 3.22).



Fotoğraf 3.22. R18D Açması Modeli Değişik Cephelerden Görünüm

Oluşturulan açma modelinde 31.037.237 nokta elde edilmiş, hassasiyet ise 4.65 mm/pix değerine sahiptir. Son olarak alanın bütün açılardan dem modeli oluşturularak açmaya ait veriler böylece tamamlanmıştır (Fotoğraf 3.23.).

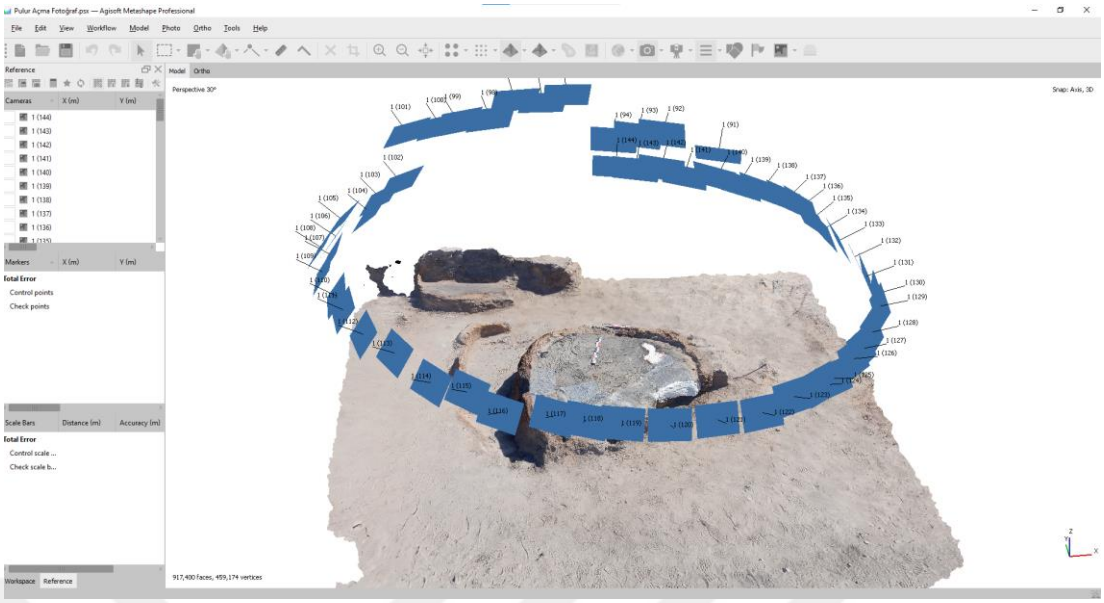


Fotoğraf 3.23. R18D Açması Dem Modeli Değişik Cephelerden Görünüm

3.1.2.3. İn situ Durumda Ortaya Çıkarılan Fırın 1- Fırın-2 Buluntusu Üç Boyutlu Model Oluşum Çalışmaları

Kazılarda bir eserin ortaya çıkarılma süreci oldukça dikkat gerektiren bir iş olduğu kadar mevcut korunmuş halinin kaydını yapmakta bir o kadar önemlidir. Fotogrametrik modelleme yöntemi kullanılarak kazı alanlarında *in situ* durumdaki eserleri kaldırmadan önce mevcut durumunun modellenmesi verilerin korunması adına yapılması gereken önemli bir işlemdir. Pulur Höyük kazı alanı R17B plankaresi içinde 2024 yılında *in situ* durumda ortaya çıkarılan ve fırın yapısı olduğu değerlendirilen pişmiş toprak iki buluntu tespit edilmiştir. Bunlardan Fırın-1 olarak değerlendirilen buluntunun altında bir başka fırın olduğu tespit edilmiş ve Fırın-2 kalıntısına ulaşmak için Fırın-1 yapısı kaldırılmadan önce son hali ile fotoğraflanarak modellenmiş ve mevcut durumu üç boyutlu olarak kayıt altına alınmıştır.

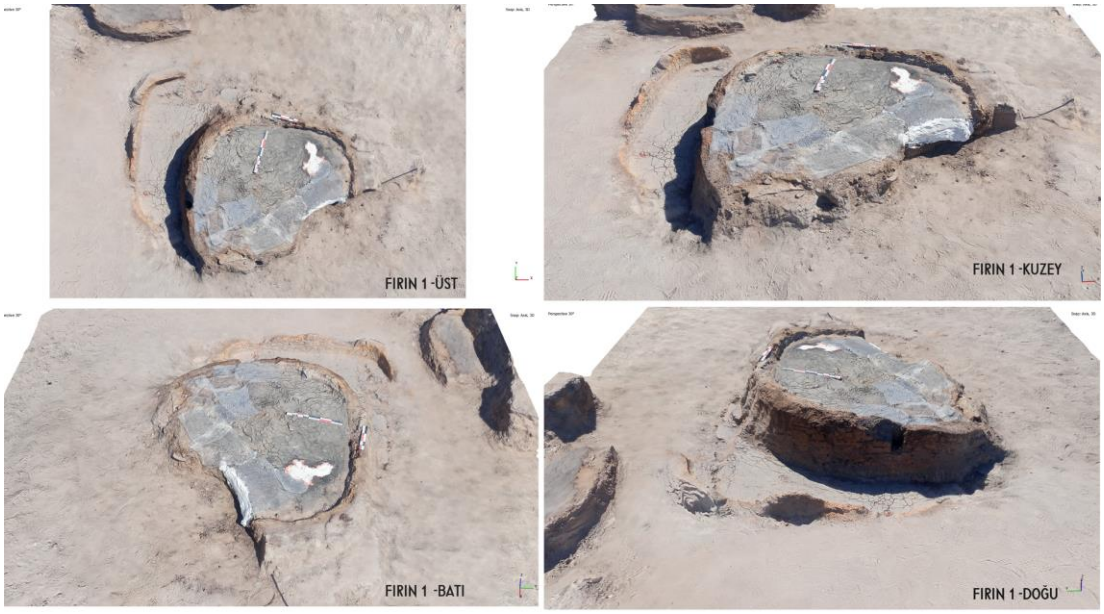
Çalışmaya ilk olarak Fırın-1 kalıntısının etrafında ölçekli olarak 45º'lik açılarla dairesel bir rota ile toplam 54 adet fotoğrafı çekilmiş, elde edilen fotoğraflar üzerinden yüksek parametre ayarları kullanılarak model oluşumu gerçekleştirilmiştir (Fotoğraf.3.24.).



Fotoğraf 3.24. *İn situ* Fırın-1 Modeli Fotoğraflama Çalışması

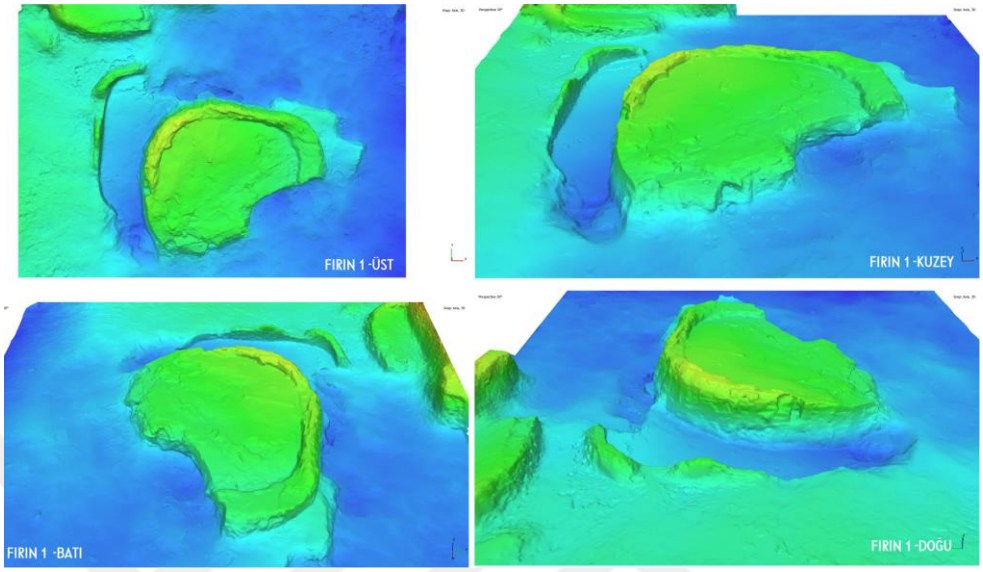
Yapılan modelde sırası ile nokta bulutu oluşumları, üç boyutlu model üretimi, dem haritaları ve ölçeklendirme yapılarak ortofoto görüntüsü temiz bir şekilde elde edilmiştir.

Yüksek ayarlarda oluşturulan Fırın-1 modelinde yoğun nokta bulutuna göre toplam 8.261.236 adet nokta üretilmiştir. Oluşturulan dem haritasının hassasiyet oranı 3704x3552, 1.79 mm/pix, olurken, ortofoto görüntüsünde ise bu oran 5309x5166, 3.51 mm/pix oranında hassasiyete sahip değerler vermiştir. Böylece *in situ* durumdaki Fırın-1'e ait üç boyutlu modelin oluşturulması tamamlanmıştır Fotoğraf (3.25.).



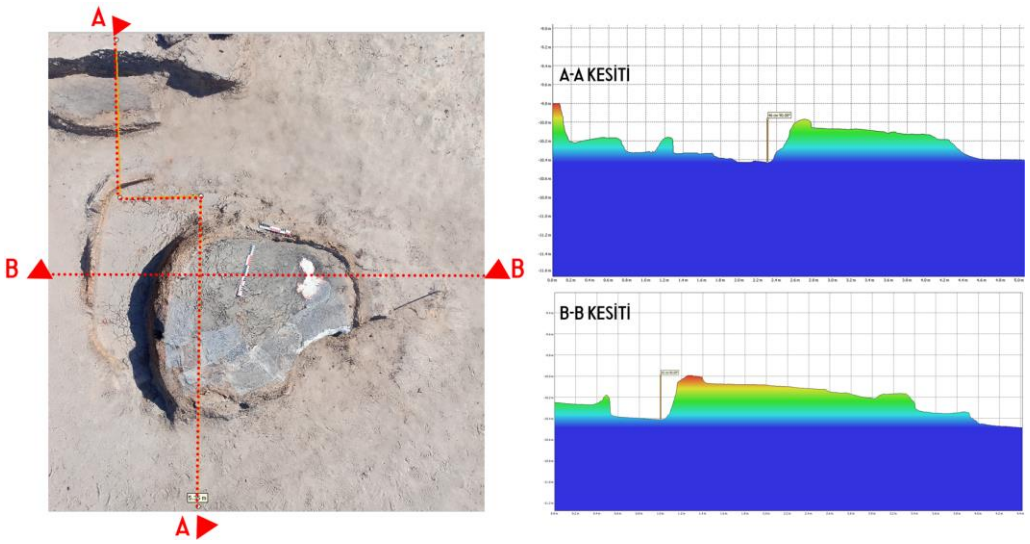
Fotoğraf 3.25. *İn situ* Fırın-1 Modeli Değişik Cephelerden Görünüm

Fırın-1 çalışmasının son olarak bütün açılardan dem modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan dem modeline göre iki fırının da birbiri ile olan ilişkisi ve mevcut durumu üç boyutlu olarak ortaya konulmuştur (Fotoğraf 3.26.).



Fotoğraf 3.26. *İn situ* Fırın-1 Dem Modeli Değişik Cephelerden Görünüm

Bu modele göre Fırın-1, zeminde bulunan Fırın-2'den 40 cm kadar yüksekte toprak ve taşlardan oluşan bir dolgu malzemesi üzerine kurulduğu, yamuk dairesel bir forma sahiptir. Yapılan model ölçümlerine göre Fırın-1, doğu-batı doğrultuda en geniş alanda iç çapı 179 cm genişliğe sahiptir. Yapılan kesit çalışmasında ise A-A kesitinde fırının zemini güneyden kuzeye doğru hafif bir meyile sahip olduğu görülmektedir. B-B kesitinde ise açıkça Fırın-1 ve altında yer alan Fırın-2'nin arasındaki zemin kot farkı açıkça görülmektedir (Fotoğraf 3.27.).



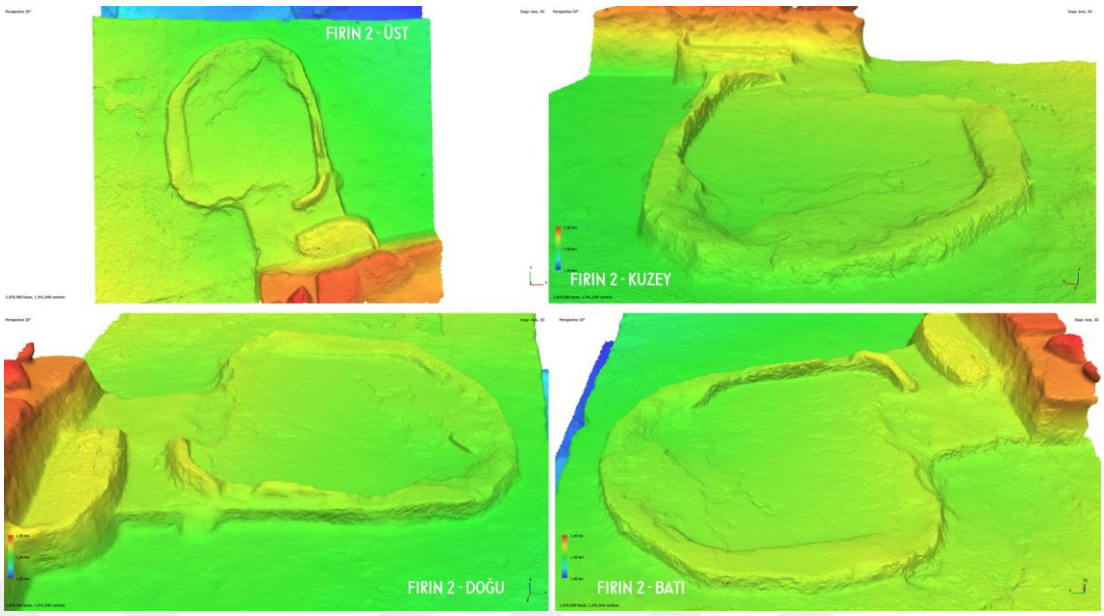
Fotoğraf 3.27. *İn situ* Fırın-1 AA ve BB Kesit Yan Profil Grafiği

2024 yılı kazılarında yürütülen kazı çalışmalarında Fırın-1 yapısı, altında bulunan Fırın-2 yapısını ortaya çıkarmak için konservasyon çalışmaları kapsamında Erzurum Müze Müdürlüğüne kaldırılmıştır. Kazılar sonucu ortaya çıkarılan Fırın-2 yapısını *in situ* durumda modellenmek için alanda bu kez drone ile 22 adet fotoğraf alınmış ve yüksek parametre ayarlarına göre yerel koordinat sisteminde model oluşumu gerçekleştirilmiştir. Fotoğraf sayısının az olmasına karşı yüksek ayarlarda oluşturulan Fırın-2 modelinde yoğun nokta bulutuna göre toplam 5.938.595 adet nokta üretilmiştir. Oluşturulan dem haritasının hassasiyet oranı 8364x7046, 1.35 mm/pix, olurken, ortofoto görüntüsünde ise bu oran 3927x3878, 1.35 mm/pix oranında hassasiyete sahip değerler vermiştir. Çekilen sadece 22 adet drone fotoğrafı ile *in situ* durumdaki Fırın-2'ye ait üç boyutlu modelin oluşturulması oldukça temiz ve yeterli bir seviyede tamamlanmıştır. Fotoğraf (3.28.).



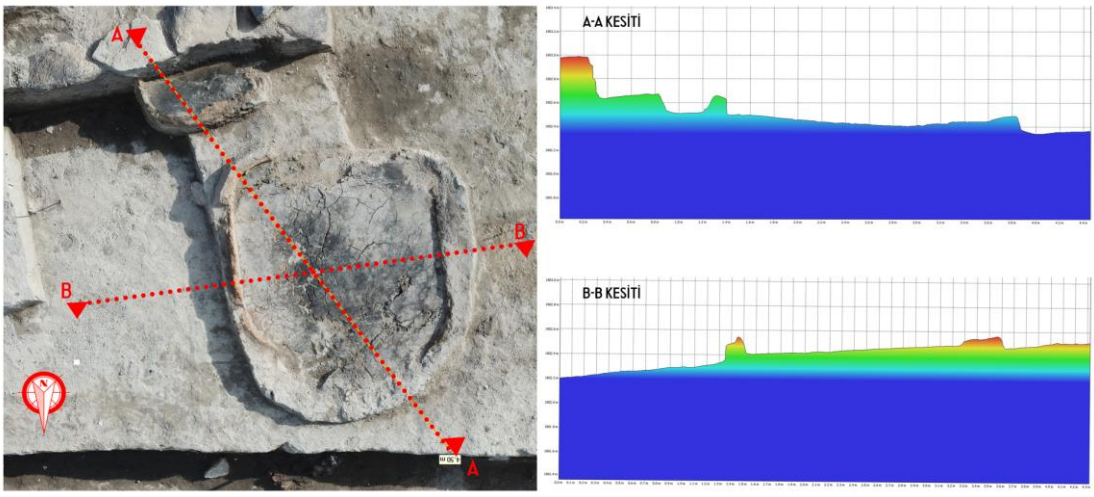
Fotoğraf 3.28. *İn situ* Fırın-2 Modeli Değişik Cephelerden Görünüm

İn situ durumunu ortaya koyduğumuz Fırın-2 yapısına ait her açıdan oluşturulan dem haritası bize birtakım veriler sunmuştur. Bu verilere göre Fırın-2 form olarak Fırın-1 ile yakın ölçülerde benzer bir düzenlemede, yamuk oval bir plana sahip olduğu görülmektedir. Fırının-2, en geniş yerinden doğu-batı doğrultuda iç çapı 178 cm genişliğe sahiptir. Kuzey güney doğrultuda ise bu oran 210 cm uzunluğundadır. Zeminden 10 cm kadar bir platform üzerinden başlayan yan bölümlerin kalınlığı giderek azalan ve mevcut verilerde yerine göre değişiklik gösteren 5-7 cm cidar kalınlığı bulunan gövde bölümünün, günümüze sadece doğu ve güneydoğu bölümünde 2 -15 cm aralığına yüksekliğe sahip bölümleri ulaşmıştır (Fotoğraf 3.29.).



Fotoğraf 3.29. *İn situ* Fırın-2 Dem Modeli Değişik Cephelerden Görünüm

Gerek dem haritaları gerekse Fırın-2'nin yan profilden alınan A-A kesitine bakıldığında fırının güneyinde yer alan ve daha küçük boyutlarda bir kalıntısı ulaşan fırın olduğu düşünülen kalıntı ile zemin kotlarının farklı olduğu, Fırın-2'nin bu fırın kalıntısından 15 cm kadar daha alçakta olduğu görülmektedir. Ayrıca A-A kesitinde fırının pişmiş topraktan oluşan zemin bölümünün ortası yan bölümlerden nispeten daha çukurda kalmaktayken bu durum B-B kesitinde doğudan batıya doğru yaklaşık 6-7 cm kadar bir eğim yaptığı görülmektedir (Fotoğraf 3.30).

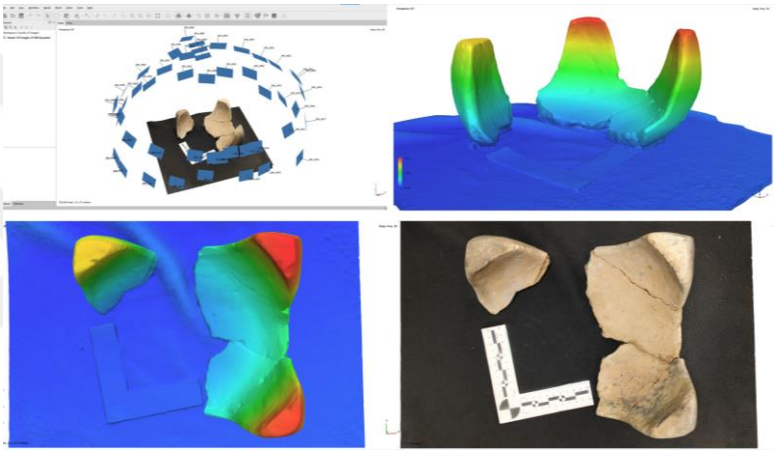


Fotoğraf 3.30. *İn situ* Fırın-1 AA ve BB Kesit Yan Profil Grafiği

Yapılan çalışma ile iki fırın yapısının da *in situ* durumda üç boyutlu olarak modellemeleri gerçekleştirilmiş ve kayıt altına alınmıştır.

3.1.2.4. Kazı da Elde Edilen Kutsal Ocak 3B Sanal Restitüsyon Çalışması

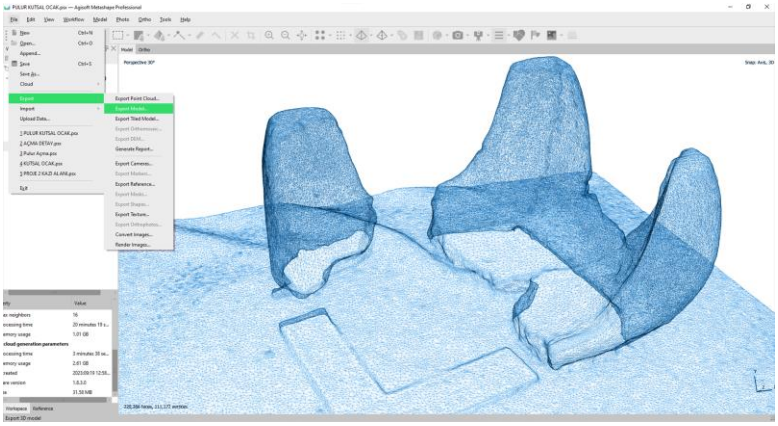
2021 yılı Pulur Höyük kazısında üç parça olarak ele geçirilen ve Erzurum Arkeoloji Müzesi 2021/PH.21.03 Nolu Envantere kayıtlı kutsal ocağın üç boyutlu modelinin ve sanal olarak restitüsyonu (bütünleme) çalışmaları için çekilen fotoğraflardan model oluşumu yine Agisoft Methashape Programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan işlemlerde yüksek parametre ayarları kullanılmış ve üç boyutlu model oluşumu sorunsuz olarak tamamlanmıştır. Yapılan modelde 47 fotoğraf kullanılmış, oluşturulan yoğun nokta bulutu sayısı 3.379.642 noktadan oluşmaktadır. Oluşturulan model, 5.53 mm/pix hassasiyete sahiptir (Fotoğraf 3.31.).



Fotoğraf 3.31. Kutsal Ocak Üç Boyutlu Model Oluşumu

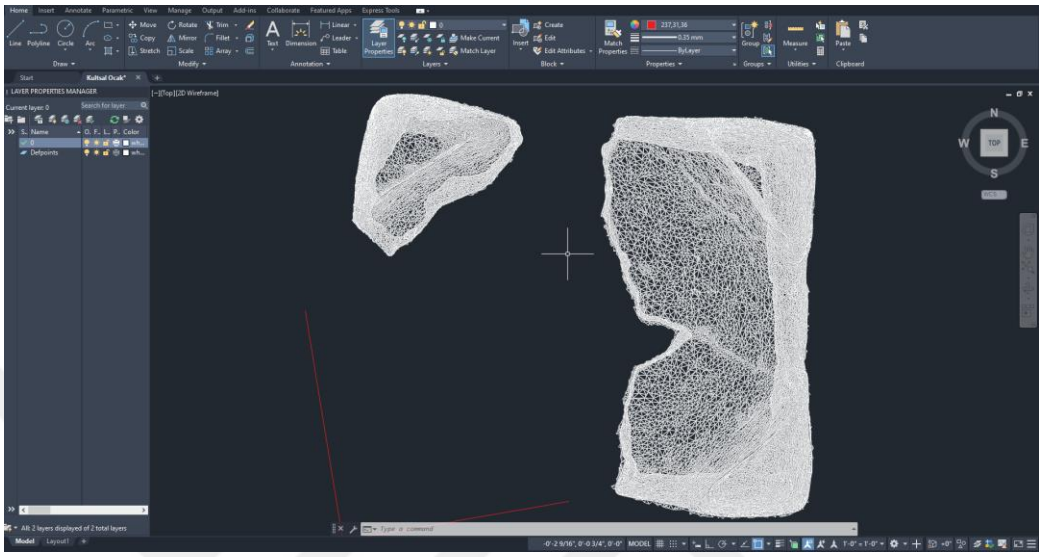
Oluşturulan üç boyutlu model üzerinden yapılacak değerlendirmeler sonucu kutsal ocağın bütünleme işlemleri sanal olarak tamamlanacaktır.

Bu kapsamda ilk olarak oluşturulan üçgen model programdan AutoCad Programında açabilmek için (dxf) formatında dışa aktarılırmıştır (Fotoğraf 3.32.).



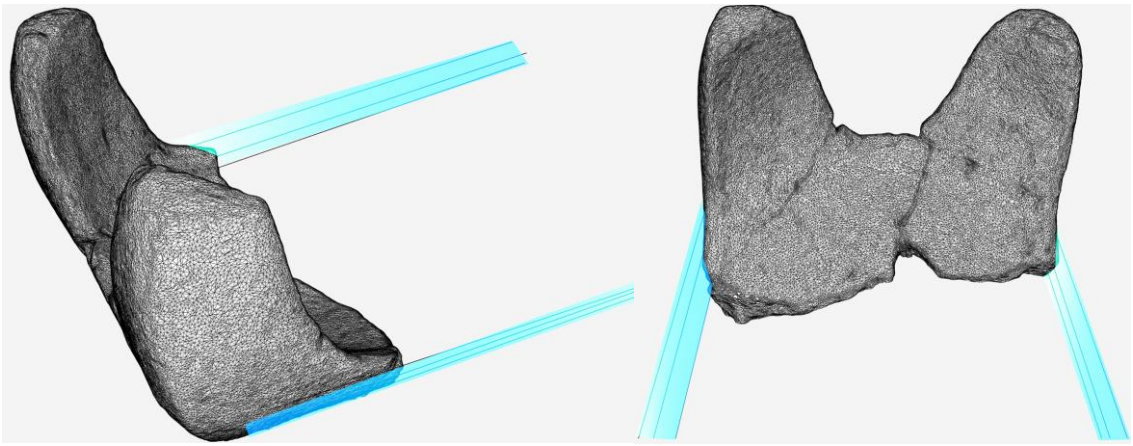
Fotoğraf 3.32. Kutsal Ocak Üçgen Model Dışa Aktarımı

Dışa aktarımı yapılan dxf dosyası AutoCad Programında açılarak zemin dokusu ve modellemede kullanılmayacak bölümlerinde temizlenmiştir. Böylece üç boyutlu bütünleme çalışmalarında kullanılacak veri dosyası şeklinde (dwg) formatında kaydedilmiştir (Fotoğraf 3.33.)



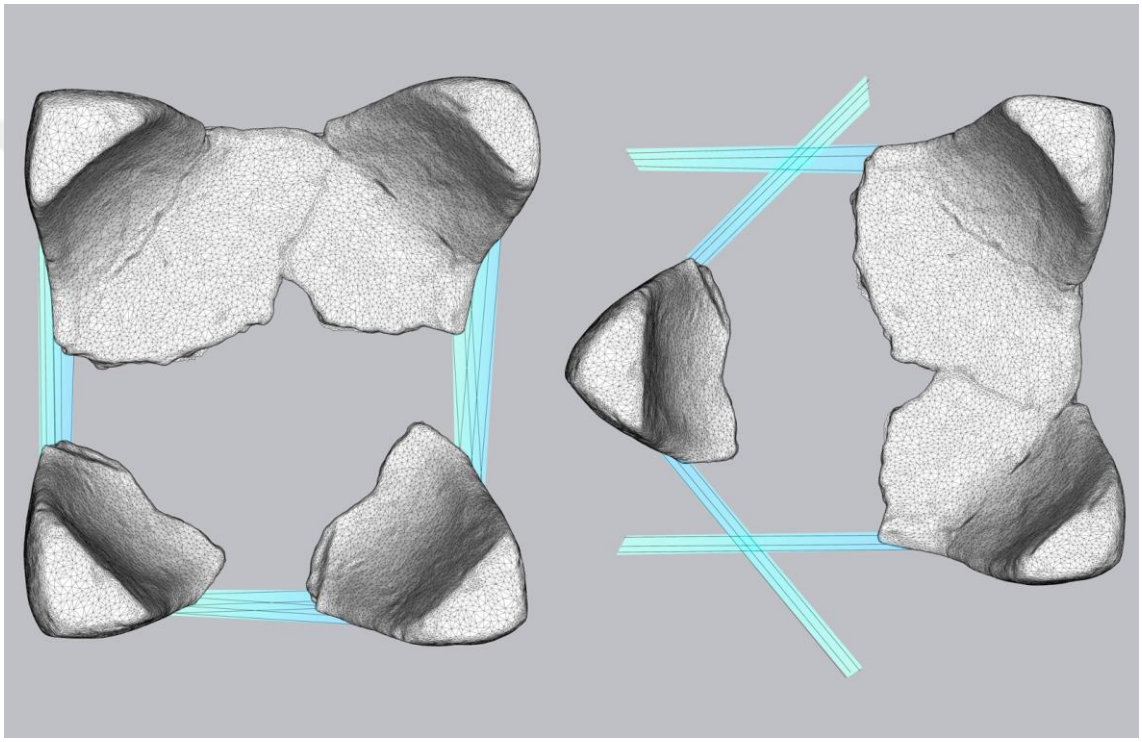
Fotoğraf 3.33. Kutsal Ocak Üçgen Model AutoCad Programı Model Temizliği

Oluşturulan dwg dosyası, modellemenin bütünleme çalışmalarını yapılacağı Sketchup Programı'na aktarılarak mevcut model üzerinden nasıl bir model bütünlemesi yapılacağı konusunda çalışmalar yürütülmüştür. Bu anlamda ilk olarak mevcut günümüze ulaşan bölümlerin kırık olan alanlara kadar kutsal ocak parçalarının dış yüzeyinin oluşum yönleri hakkında fikir sahibi olmak için bir takım referans çizgileri dış gövde üzerinden yüzeye paralel bir şekilde çizilmiş, böylece kırıl bölümlerde devam edebilecek yüzey dokusunun yönleri hakkında tespitlerde bulunulmuştur. (Fotoğraf.3.34.)



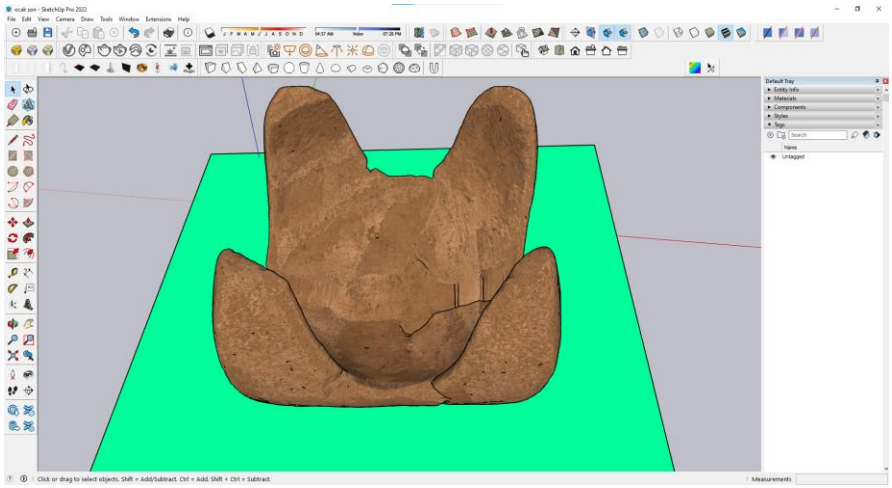
Fotoğraf 3.34. Kutsal Ocak Üçgen Model Dış Yüzey Referans Çizgileri

İlk olarak modelimizin mevcutta var olan üç ayaklı olması ve yaygın olarak kazılarda karşımıza çıkan üç ayaklı kutsal ocaklardaki formlar şeklinde olabileceği varsayılarak kırık olan tek ayak diğer iki ayağın simetri olarak karşısına yerleştirilmiş ve iki parçanın referans çizgilerinin birbirini karşılayıp karşılamadıkları ortaya konulmuştur. Böylece yaygın olarak üç ayaklı bir formda karşımıza çıkan kutsal ocaklar gibi yaptığımızda atmış olduğumuz yüzey yönü referans çizgilerinin birbiri ile çakışmadığı açıkça görülmektedir. Daha sonra modelini oluşturulduğumuz tek parçadan bir tane daha ekleyip dört ayaklı model üzerinde deneme yapılmış ve yüzey referans çizgilerinin birbiri ile çakıştığı ortaya konulmuştur. (Fotoğraf 3.35.)



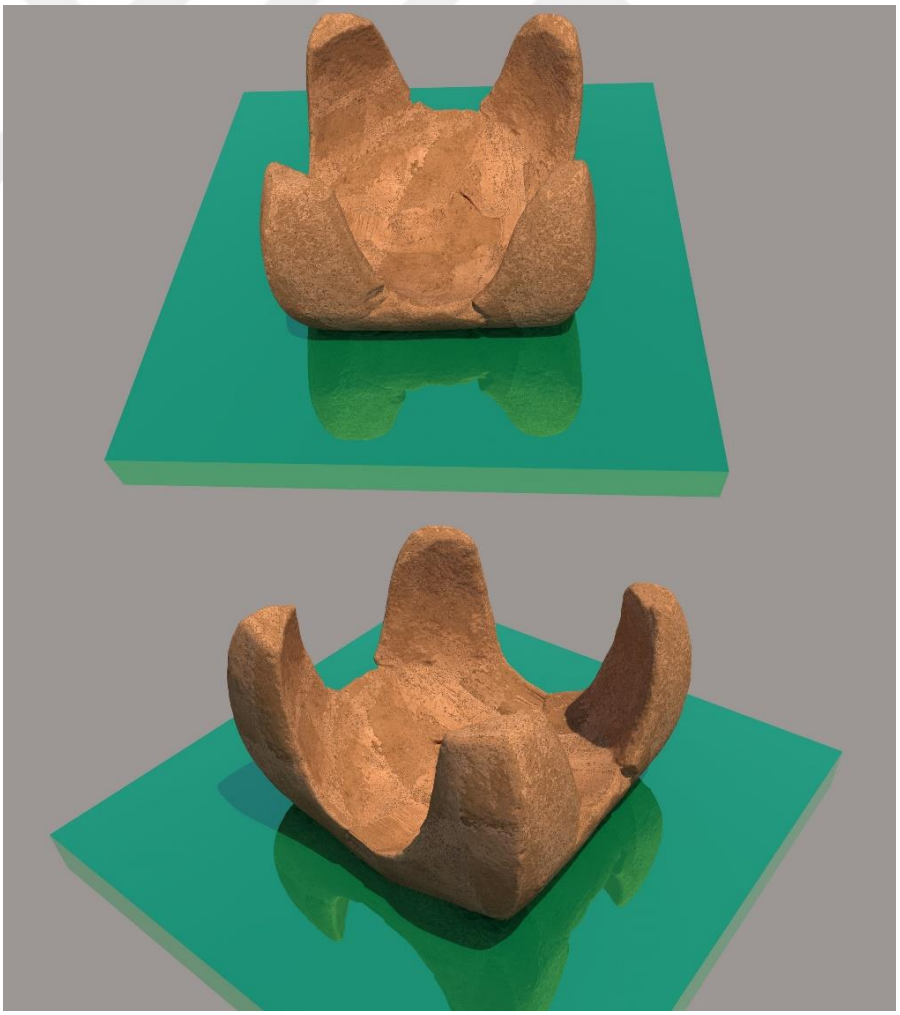
Fotoğraf 3.35. Kutsal Ocak Üç Ayaklı ve Dört Ayaklı Yüzey Referans Çizgileri

Son olarak modelimizin dört ayaklı bir kutsal olabileceği tezi daha yakın ve doğru durabileceğinden bu şekilde üç boyutlu olarak kutsal ocağın eksik bölümleri tamamlanmış ve yüzey dokusu modelimize eklenerek nasıl olabileceği konusunda bütüncül bir model ortaya konulmuştur. (Fotoğraf 3.36)



Fotoğraf 3.36. Kutsal Ocak Sketchup Programı Bütünleme Model Oluşumu

Son olarak yeşil camsı bir zemin üzerinde modelin farklı açılardan üç boyutlu gerçekçi dokuda (render) işlenmesi alınarak sanal olarak bütünleme çalışması tamamlanmıştır (Fotoğraf 3.37).



Fotoğraf 3.37. Kutsal Ocak Sketchup Programı Sanal Bütünleme Görüntüleri

Yapmış olduğumuz araştırmalar sonucu bölgemizde arkeolojik kazılarda ortaya çıkarılan kutsal ocakların neredeyse tamamına yakınının üç ayaklı olarak yapıldığı kaynaklardan görülmektedir. Sadece Hamit Zübeyir Koşay tarafından 1942-1944 yıllarında Erzurum Karaz Höyük'te ve Güzelova da yapılan kazı çalışmalarında bölgede dört ayaklı kutsal ocak örnekleri karşımıza çıkmaktadır. Fakat bu ocaklar dört ayak üzerine oturan ve üzerinde üç uzantısı bulunan bir forma sahiptir[240]. (Fotoğraf 3.38)



Fotoğraf 3.38. Dört Ayaklı Kutsal Ocak Örnekleri (Rabia Akarsu, 2023- Şekil.8.2-9.4).

Yapmış olduğumuz çalışmada aslında fotogrametrik modelleme yöntemi kullanılarak birçok eserde bilimsel anlamda sanal olarak bütünleme işlemlerinin yapılabilirliği ortaya konulmuştur.

[240] Rabia Akarsu, 2023, 1520; Hamit Zübeyir Koşay, Kemal Turfan, "Erzurum Karaz Kazı Raporu", *Belleten Dergisi*, Türk Tarih Kurumu Yayınları, (23), 91, 1959, 395.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

KARŞILAŞTIRMA VE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde çalışmamızın ilk bölümünden itibaren ortaya konulan fotogrametrik modelleme yöntemi ile ilgili değerlendirmelere ve örnekler aracılığı ile kullandığımız yöntemin tutarlılığı, kolaylığı, düşük maliyetli oluşu ve elde edilen verilerin kullanımı hakkında karşılaştırmalara yer verilmiştir.

Yapmış olduğumuz tez çalışması kapsamında gelişen teknolojik imkanlar doğrultusunda fotogrametrik modelleme tekniği kullanarak Pulur Höyük Alanı, kazı açmalarının haritalandırılması, vaziyet planlarının oluşturulması, kazı alanında *in situ* durumda çeşitli malzemelerin modellenmesi ve sanal bütünleme çalışmaları ortaya konulmuştur.

Günümüzde haritalama, vaziyet planları ve diğer teknik çizimlerde geleneksel olarak üç yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan ilki ve en bilindik yöntem olan el ile ölçülerek bir alanın, yapının veya nesnenin ölçekli olarak kâğıt ortamına veya dijital ortamda çizilmesi tekniğidir. Diğer iki yöntem ise gelişen dijital teknolojinin sunduğu lazer tarama ve fotogrametri yönteminin kullanılmasıdır. Günümüzde en fazla tercih edilen bu iki yöntem, doğruluk, süreç yönetimi yorumlama kapasitesi, verilerin saklanması, daha kolay veriye ulaşma imkânı sunması açısından teknolojik gelişimlerle birlikte birçok bilim alanı tarafından tercih edilmektedir. Klasik elle çizme yöntemi hem sahada hem de nesnelerin çizimlerinde çok zaman alan bir yöntemdir. Üstelik ulaşılması zor ve tehlikeli alanların ölçümleri içinde uygun olmayan bir yöntemdir.

Çalışmamızın bu bölümünde gelişen teknoloji ile birlikte dijital modelleme yöntemi olarak kullanılan fotogrametri ve lazer tarayıcı yöntemi karşılaştırılarak iki yöntemin farklı özellikleri irdelenecek böylece fotogrametri temelinde oluşturulan verilerin doğruluğu ortaya konulacaktır. Ayrıca bu kapsamda yapılan örnek çalışmalar ile konu hakkında değerlendirmelerde bulunulacaktır.

4.1. FOTOGRAMETRİ VE LAZER TARAMA YÖNTEMİ

Fotogrametri ve lazer tarama, (milyonlarca noktanın hızlı bir şekilde toplandığı) toplu şekilde veri toplama tekniklerinin örnekleridir ve her iki yöntemde hem hava hem

de yersel araştırmalarda kullanılmak üzere çeşitli ölçeklerdeki daha karmaşık nesnelerin sayısallaştırılması için uygun bir yöntem olarak kullanılmaktadır[241]. Bu iki yöntem de dijital teknolojik imkanların gelişimine göre şekil almıştır.

İlk dijitalleşme dönemi ile birlikte geleneksel fotogrametride fotoğraflarda ışığın iyileştirmesi ile birlikte daha kolay ve doğru sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Günümüzde ışık konusunu gerek kamera ayarları ile gerekse de yazılım programları yarı otomatik olarak gerçekleştirme imkanları bulunmaktadır[242].

Gelişen dijital teknolojik yöntemlerin kullanımı, geleneksel yöntemlere göre pek çok avantaj sağlamış, bu yöntemlerin daha hızlı ve maliyetleri önemli ölçüde düşürdüğü görülmüştür[243].

Dijital görüntüleri kullanma bazı avantajları şunlardır: Görüntüler standart bilgisayarlar, cep telefonları ve görüntüleme cihazlarında görüntülenebilir ve ölçülebilir, görüntü iyileştirme uygulanabilir, otomasyon uygulanabilir ayrıca bu işlemleri gerçek zamanlı olarak gerçekleştirme imkânı bulunmaktadır. Bilgisayar sistemlerinin gelişerek daha hızlı işlem yapabilmesi, depolama ortamlarının gelişmesi, giderek daha fazla sistem ve yazılım programlarının artması, maliyetleri düşürdüğü gibi süreç yönetimi ile doğru veri oluşumu konusunda büyük bir avantaj sağlamıştır. Bu sebepten dolayı birçok bilim dalı giderek bu imkanları kendi mesleki disiplinlerine göre kullanmaya başlamış, arkeoloji gibi özellikle kazı ile uğraşan birçok bilim dalı tarafından da fotogrametri ve lazer tarama yöntemini çalışmalarına dahil etmişlerdir[244]. Özellikle bu alanda gelişen yazılım programları sayesinde amatör kameralarla bile kazı alanlarını tam ve doğru bir şekilde belgeleme imkânı sağladığı görülmüştür. Gelişmiş bu tekniklerin kullanılmasıyla birlikte bu alanda uzman olmayanlar tarafından bile veri oluşumu elde edilebilir hale gelmiştir[245].

Fotogrametrik modelle yöntemi klasik yöntemlere nazaran hem pratiklik hem de zaman yönünden büyük kolaylıklar sunmaktadır. Kültürel mirasın tanıtımı ve mevcut

---

[241] Clive Boardman, Paul Bryan, *3D Laser Scanning for Heritage: Advice and Guidance on the Use of Laser Scanning in Archaeology and Architecture*, [Miras için 3D Lazer Tarama: Arkeoloji ve Mimaride Lazer Tarama Kullanımına İlişkin Tavsiye ve Rehberlik], Historic England, Swindon 2018, 2.

[242] Toni Schenk, 10-11.

[243] Raphaële Héno Laure Avize, 68; Wilfried, Linder, 8.

[244] I.J. Dowman, "Fundamentals of Digital Photogrammetry" [Dijital Fotogrametri Temelleri], (Ed.) K.B. Atkinson, *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*, Whittles Publishing, 1996, 84.

[245] Petros Patias, 243.

halinin üç boyutlu olarak kaydının gerçekleştirilmesi hem eserin korunmasına hem de gelecek nesillere orijinal durumunun iletilmesi adına oldukça verimli ve doğruluk derecesi yüksek bir yöntemdir[246]. Eserlerin üç boyutlu modellemesi, dijital olarak kayıtlarının yapılması, sanal müzecilik alanında büyük bir gelişme imkânı sağladığı gibi, mevcut eserleri bütünleme konusunda eksikliklerinin giderilmesi ve çeşitli etkenlerle zarar görmesi sonucu gerek konservasyon gerekse restorasyon anlamında da büyük kolaylıklar sağlamaktadır[247]. Günümüzde arkeolojide uzaktan algılama yöntemlerinin kullanımı üniversitelerde hızla artmakta, bu üniversitelerden bazıları lisansüstü eğitim çalışmaları ve özel araştırma programları için bu alanda uzmanlaşmış ekipler kurmaya başlamışlardır. Aynı eğilim ayrıca, kültür varlıklarının korunmasını ve muhafaza edilmesini amaçlayan kuruluşlarda da görülmektedir[248].

4.1.1. Fotogrametrinin Temel Avantajları

1. Aşağıda Fotogrametrinin genel anlamda temel avantajları verilmiştir.
2. Çalışmalarda dijital fotoğrafların kullanılması.
3. Yüksek ve tehlikeli alanlar için iskele vb. yardımcı ekipmanlara ihtiyaç duyulmaması.
4. Fotoğrafın kalitesine göre kaliteli veri elde edilmesi.
5. Daha az özel ekipman gerekliliği (cep telefonu kameraları bile kullanılabilir).
6. Verilerin ve ölçümlerin kesinliği, geometrik hesaplamaların, bilgisayar işlemlerinin ve sonuçta ortaya çıkan yapısal ölçümlerin kesinliği ve bütünlüğünde üstün doğruluk oranlarına sahip olması.
7. Zaman ve maliyet yönünden avantajlı olması.

---

[246] Jeroen De Reu, Wim De Clercq, Joris Sergant, Jasper Deconynck, Pieter Laloo, "Orthophoto Mapping And Digital Surface Modeling for Archaeological Excavations an İmage-Based 3D Modeling Approach,"[Arkeolojik Kazılar için Ortofoto Haritalama ve Sayısal Yüzey Modelleme Görüntü Tabanlı 3B Modelleme Yaklaşımı], *International Congress Digital Heritage*, 2013, 205-208; Ahmet Şasi, "Ak Camii'nin İnsansız Hava Aracı ile Fotogrametrik 3B Modellenmesi", *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 2020, 1-7; Şükran Tosun Çolak, Avşar Timuçin Çolak "Aksaray Müzesinde Bulunan Asklepios ve Kartal Heykelinin 3B Modellemesi". *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5(1), 2023, 5, doi.org/10.53030/tufod. 1252239; Ahmet Uslu, Murat Uysal, "Arkeolojik Eserlerin Fotogrametri Yöntemi ile 3 Boyutlu Modellenmesi: Demeter Heykeli Örneği", *Geomatik Dergisi*, 2(2), 2017, 61-65.

[247] Şükran Tosun Çolak, Avşar Timuçin Çolak, 5.

[248] Stefano Campana, "Remote Sensing in Archaeology" [Arkeolojide Uzaktan Algılama], *Encyclopedia Of Geoarchaeology*, (Ed.) Allan S. Gilbert, Springer Dordrecht, Heidelberg, 2017, 706.

8. Ölçülmesi zor kavisli veya düzensiz olan karmaşık (bezme vb.) nesnelerin ve detaylarının bile kolaylıkla ölçülmesi ve daha iyi analiz edilmesine imkân tanıması.
9. Kırılgan ve erişilmesi zor nesnelerin temassız ve zarar verilmeden ölçülebilmesi.
10. Yüzeylerde oluşan bozulma ve deformasyona yönelik analizleri yapabilme yeteneğinden dolayı restorasyonlarda büyük bir kolaylık sağlaması.
11. Üç boyutlu modelleme imkânı ile yüzey dokularında insan gözünün fark etmediği çarpıklıkların ortaya çıkarılması.
12. Bir alanın veya yapının üç boyutlu olarak koordinatlı verilerini oluşturması.
13. Fotogrametri ile veri kaydının dijital arşivlenmesi saklanabilir ve daha sonraki bir tarihte erişilebilir olması (Gelecekte verileri tekrar gözden geçirme ve yeni yöntem ve teknolojilere göre yeniden veri oluşumunun sağlanması imkânı).
14. Bir alanın veya yüzeyin öncesi ve sonrasına ait karşılaştırmalı gözlem ve izleme olanağı sunması.
15. Ayrıca çeşitli alanlarda kullanılması (modelleme, restorasyon, teknik çizim, yeniden oluşturma) için farklı sayısal verilere dönüşüm imkânı sunma[249].
16. Su altı ortamlarının veya batık bir yerleşim yeri veya enkazdaki nesnelerin ayrıntılarını yakalama özelliği[250].

Fotogrametrik üç boyutlu modelleme yönteminin kullanımı ile birlikte Arkeoloji de nesnelerin iki boyutlu (çizim ve fotoğraf) gibi kaydının dışında artık nesnelerin mevcut halleri ile üç boyutlu olarak *in situ* durumda sayısal belgelenme imkânı sağlamıştır[251]. Aslında fotogrametrik modellemenin temel avantajı prosedür ekonomisidir. Yani fotogrametrik arazi çalışması, yerinde ölçüm süresine kıyasla çok daha kısadır. Modelleme için gereken süre, nesneyi veya bir yapıyı çizmek için gereken süreden daha kısadır. Üç boyutlu model kullanılarak oluşturulan iki boyutlu CAD çizimlerinde daha fazla miktarda bilgi elde edilebilmektedir. Ayrıca bu modeller, daha başka bir modelleme

[249] Robert Alan Kesack, *Analyzing Digital Photogrammetry For Heritage Preservation* [Mirasın Korunması İçin Dijital Fotogrametrinin Analizi], Graduate School of Architecture, Planning and Preservation, Colombia Universty, 2019, 18-19; Thomas Luhmann, vd., 579.

[250] Steven Dey, "Potential and Limitations Of 3D Digital Methods Applied to Ancient Cultural Heritage: Insights From a Professional 3D Practitioner" [Antik Kültürel Mirasa Uygulanan 3B Dijital Yöntemlerin Potansiyeli ve Sınırlamaları: Profesyonel Bir 3B Uygulayıcısından Görüşler], *Digital Imaging of Artefacts: Developments in Methods and Aims*, (Ed.) Kate Kelley, Rachel K. L. Wood, Archaeopress Publishing Ltd., 2018, 20.

[251] Justin J.L. Kimball, 9.

veya animasyon yazılımına aktarılabilme özelliğine de sahiptir. Bu alanda yazılımların sürekli olarak gelişmesi birçok iyileştirmeyi de beraberinde getirmiştir[252].

Dünya da hemen birçok alana büyük bir katkı sunan ve teknolojik yenilikler getiren bir diğer sistem ise İHA teknolojisidir. Gelişen dijital kamera ve gps sistemlerinin İHA'lara entegre olmasıyla birlikte özellikle Arkeolojik kazı alanlarının fotoğraflama çalışmalarının çok kısa bir zamanda gerçekleştirilebilmesi ve veri işlemenin önemli ölçüde otomasyonu göz önüne alındığında, fotogrametrik modelleme tekniği, arkeolojik kazıların günlük ilerleme aşamalarının kaydını yapma ve sonraki süreçte de verilerin kullanımı açısından büyük kolaylık sağlayan temel yöntemlerden biri halini almıştır[253].

Üç boyutlu modelleme de kullanılan bir diğer yöntem ise lazer tarama yöntemidir. Bu yöntemde nesne veya bir alan yüzeyi üzerinde taranan bir lazer ışığının değdiği yüzeyden geri dönen ışığının analizi yoluyla bir nesnenin üç boyutlu ölçümü gerçekleştirilir. Yersel lazer tarayıcılar, kullanıcının kapsamlı bir şekilde doğru ve güvenilir üç boyutlu nokta bulutlarını doğrudan elde etmesini sağlamaktadır. Bu sebeple, büyük mimari alanların ölçümüne uygun, son derece etkili sayısallaştırma yöntemlerinden biridir. Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte giderek daha düşük fiyatlarla ekipman sunmasına rağmen ekipman maliyeti halen daha yüksek olmaya devam etmektedir[254]. Lazer tarama yönteminin çalışmalarda tek başına kullanılma ihtimali düşüktür ve bazı durumlarda yeterli gelmemektedir. Çünkü bir yüzeyin veya nesnenin görsel kaydının sağlanması ve detaylarının daha iyi belirlenmesi için fotoğraflarında kullanılması önerilmektedir. Özellikle nokta bulutu oluşumunda lazer tarayıcılar daha iyidir fakat bu lazer tarayıcılardaki foto gerçekçilik için üzerlerindeki entegre kamera verileri dijital fotoğraf makinaları kadar verimli değildir. Bu durum ise renklerde soluk bir görünüme sebep olmaktadır[255].

---

[252] Vesna Stojaković, "Terrestrial Photogrammetry and Application to Modeling Architectural Objects" [Yersel Fotogrametri ve Mimari Nesnelerin Modellenmesine Uygulama], *Facta Universitatis Architecture and Civil Engineering Series*, 6(1), 2008, 124, doi: 10.2298/ FUACE0801113S.

[253] F. Rinaudo, F. Chiabrando, A. Lingua, A. Spanò, "Archaeological Site Monitoring: Uav Photogrammetry Can Be An Answer" [Arkeolojik Alan İzleme: İHA Fotogrametrisi Bir Cevap Olabilir], *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 39(B-5), 2012, 578.

[254] Raphaële Héno Laure Avize, 107-108.

[255] Justin J.L. Kimball, 56.

Lazer tarama, kenarlardan ziyade yüzey bilgilerinin kaydedilmesi için en uygun yöntemlerden biridir[256]. Lazer tarama teknolojisi ile elde edilen veriler incelendiğinde, fotogrametrik tekniğe göre daha hassas çalıştığını görmek mümkündür. Ancak hem veri dosyalarının çok büyük olması hem de çok fazla ilgisiz nokta bulutunun bulunmasından dolayı veri oluşturan için iş yükünü artırmaktadır. Ayrıca yoğun nokta bulutu veri kapasitesinden dolayı çok daha güçlü sistemlere sahip bilgisayarlara ihtiyaç duyulmaktadır. Fotogrametrik modelleme tekniğinde ise bu durum hem yersel hem de İHA ile elde edilen verilerin kullanılması sonucu oluşturulan verilerin hata payı neredeyse lazer tarama tekniğine yakındır. Bunun yanı sıra İHA veya yersel fotogrametri lazer tarama tekniğine göre daha ekonomiktir ve arazi işi daha kısa sürmektedir[257].

Günümüzde İHA teknolojisi, fotogrametri de olduğu gibi üzerine entegre edilen çoklu sensörlü sistemler ve kameraların sağladığı avantajın yanın sıra birde lazer tarama kitinin eklenmesi ile havadan lidar[258] sisteminde de yoğun olarak kullanılmaktadır[259]. Havadan Lidar Teknolojisi[260] özellikle yüzey araştırmalarında fotogrametri gibi zemin bilgisi ve arazi analizi konusunda yapısal unsurların ortaya çıkarılmasında günümüzde yaygın olarak kullanım olanağına sahiptir. Genellikle yapısal modellemelerin yanı sıra orman dokusunun yoğun olduğu alanlarda bitki örtüsü altında kalan zemin bilgisi hakkında daha detaylı veriler elde edilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca Lidar teknolojisi, ormanlık alanlarda benzersiz bir kayıt olanağı sağladığı gibi, zorlu atmosfer koşullarında; sisli, bulutlu havalarda ve ışığın yetersiz olduğu alanlarda yüzey dokusu oluşturmada fotogrametriye göre büyük bir potansiyele sahiptir[261].

Lidar teknolojisi, doğrusal özellikleri ortaya çıkarmada daha etkilidir. Fotogrametrik yöntemler özellikle yoğun orman dokusunun olduğu alanlarda zemin bitki

---

256 Clive Boardman, Paul Bryan, 6.

257 Yunus Kaya, Abdurahman Yasin Yiğit, Ali Ulvi, Murat Yakar, "Arkeolojik Alanların Dokümantasyonununda Fotogrametrik Tekniklerinin Doğruluklarının Karşılaştırmalı Analizi: Konya Yunuslar Örneği'' *Harita Dergisi*, 87 (165), 2021, 68-69.

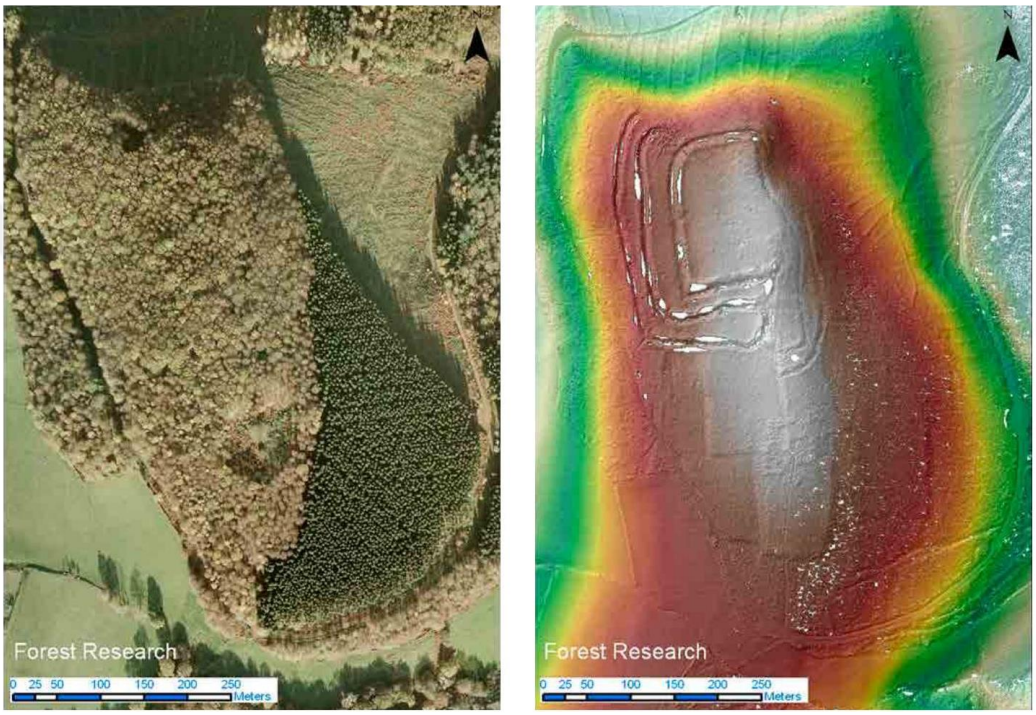
258 Lidar: Bir yüzeyin veya bir nesnenin lazer ışınları kullanarak uzaklığının çapının ve üç boyutlu nokta bulutu verisinin doğru şekilde kaydının gerçekleştirildiği sistemdir. Tahsin Uygun, Mehmet M. Özgüven, Ziya Altaş, "Lidar (Light Detection and Ranging) Sensörlerin Tarımda Kullanımı", *International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference Proceedings Book*, 2019, 483.

259 Hıristiyan Heipke, 3-4.

260 Peter Crow, Using Airborne Lidar in Archaeological Survey: The Light Fantastic [Arkeolojik Araştırmalarda Havadan Lidar Kullanımı: Fantastik Işık], *Historic England*, Swindon 2018, 1.

261 Hasan B. Makineci, "İnsansız Hava Araçları Lidar Etkileşimi", *Geomatik Dergisi*, 1(1), 2016, 19-22; Peter Crow, 56-57.

örtüsünün altına inmesi durumu genellikle yazılım programlarının gelişimi ile gerçekleştirilse de zeminde bulunan arkeolojik alanlar, yapı kalıntıları vb. unsurlar hakkında verilere ulaşabilmesi çok zordur. Ama bu durum lazer tarama tekniğinde kolayca ortaya çıkmaktadır. Çünkü lazer ışınları bitkisel doku aralarından zemine çarparak geri döndüğü için daha sağlıklı veri oluşturmaktadır. Aşağıda yoğun bir orman dokusu altında normalde hiç görülmeyen sur duvarlarının bulunduğu bir kale kalıntısının varlığı havadan lidar teknolojisi ile ortaya konulduğu görülmektedir (Fotoğraf 4.2)[262].



Fotoğraf 4.1. Havadan Lidar Teknolojisi Orman Dokusu Altındaki Kültürel Kalıntılar (Peter Crow'dan)

Fotogrametri ile karşılaştırıldığında lidar sitemler, özellikle esneklik, maliyet ve teslimat süreleri açısından çeşitli yönlerden dezavantajlıdır. Günümüzde fotogrametri, özellikle doğruluk ve güvenilirlik açısından hâlâ lazer sistemlere karşı rekabetçi olmayı devam ettirmektedir[263].

Arkeolojik kazı alanlarında yapılan araştırmalarda İHA kullanarak fotogrametri ve lazer tarama verilerinin karşılaştırması ile elde edilen sonuçlara göre yükseklik değerlerinin büyük oranda tutarlı ve doğru olduğu, oluşturulan verilerde güvenli olduğu hatta model oluşumunda YKN'ler (yer kontrol noktaları) olmasa bile doğru sonuçlar

[262] Peter Crow, 62.
[263] Joseph L., vd., 173.

vereceği tespit edilmiştir[264]. Aynı şekilde YKN kullanımı olmadan kentsel alanlarda CBS verilerinin elde edilmesi için doğruluk oranlarının fazlasıyla yeterli olduğu görülmüştür[265].

Lazer tarama ve fotogrametri yöntemi ayrıca endüstriyel alanlarda obje modellemeleri içinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalara göre, nokta konum doğruluğu açısından yersel fotogrametrik yöntemin daha doğru sonuç verdiği, donanım, yazılım ve veri işleme açısından lazer tarama sistemlerinin daha yüksek maliyetli ve fotogrametriye göre dört kat büyük veri boyutuna sahip olduğu, ayrıca malzeme olarak fotogrametrinin fotoğraf makinasına karşı lazer tarama cihazları ve bunların tripod kullanım zorunluğu, ergonomi açısından da bir zorluk ortaya koyduğu görülmektedir[266].

Bu alanda yapılan araştırmalarda, metrik ve metrik olmayan (dijital) kameralar kullanılarak yakın mesafe fotogrametri tekniği uygulanmış ve sonuçlara göre ucuz dijital veya mobil kameralarla bile, fotogrametrik ölçüm ve mühendislik uygulamalarında kolaylıkla kullanılabileceği görülmüş, kamera çözünürlüğü yükseldikçe hata yüzdesinin azaldığı ve buna paralel olarak doğruluk oranlarının arttığı belirtilmiştir[267].

Lazer tarama ve fotogrametride ışığın etkisi zorunlu bir öğedir. Fotogrametrik modelleme yöntemi, lazer tarayıcılara kıyasla üç boyutlu kayıt için daha uygun maliyetli bir yöntem olmasının yanı sıra, renk ve dokusal bilgileri daha iyi kaydetme, ayrıca birçok alana yönelik uygun doğrulukta çıktılar sağlamaktadır[268]. Özellikle bezemesel detaylar freskler veya mozaik uygulamaları geometrik veya yazı uygulamalarında kalemişi süslemelerde ışığın yeterli olması detaylandırma açısından çok önemlidir. Lazer tarama

---

[264] Emre Şenkal, Gordana Kaplan, Uğur Avdan, "Accuracy Assessment of Digital Surface Models From Unmanned Aerial Vehicles' İmagery on Archaeological Sites" [İnsansız Hava Araçlarının Arkeolojik Alanlardaki Görüntülerinden Dijital Yüzey Modellerinin Doğruluk Değerlendirmesi], *International Journal Of Engineering And Geosciences*, 6(2), 2021, 81; Emre Şenkal, vd., 87.

[265] G. Forlani, L. Pinto, R. Roncella, D. Pagliari "Terrestrial Photogrammetry Without Ground Control Points" [Yer Kontrol Noktaları Olmadan Yersel Fotogrametri], *Earth Sci Inform*, 7, 80, 2014. https://doi.org/10.1007/s12145-013-0127-1.

[266] Zaide Duran, Muhammed Enes Atik, Mehmet Furkan Çelik, "Yersel Fotogrametrik Yöntem ile Yersel Lazer Taramanın Karşılaştırılması ve Doğruluk Analizi", *Harita Dergisi*, 158, 2017, 25; Justin J.L. Kimball, 10.

[267] Mariem A. Elhalawanı, Zaki M. Zeıdan, Ashraf A. Beshr, "Implementatıon of Close Range Photogrammetry Usıng Modern Non-Metrıc Dıgıtal Cameras for Archıtectural Documentatıon" [Mimari Dokümantasyon İçin Modern Metrik Olmayan Dijital Kameralar Kullanarak Yakın Mesafe Fotogrametrisinin Uygulanması", *Geodesy and Cartography*, 47(1), 2021, 53. doi.org/10.3846/gac.2021.11269.

[268] Jon Bedford, 73.

da ışık yetersiz olsa da nesnenin formu ortaya çıkarmak mümkündür, ama bezemesel renk barındıran unsuralar için bu durum sorun oluşturmaktadır[269]. Bu duruma örnek olarak Venedik'te bulunan San Marko Bazilikası'nın restorasyon projelendirme çalışmasında lazer tarama ile cephe yüzey modeli oluşturulmuş fakat ışığın yetersiz olduğu alanlarda fresk ve mozaiklere ait renk ve bezemesel detayların oluşturulması için sorun oluşturduğu görülmektedir (Fotoğraf 4.1).



Fotoğraf 4.2. San Marco Bazilikası Lazer Tarama Karanlık Alanlarda Bezemesel Unsurlarda Uygulama (Luigi Fregonese Vd.)

4.2. ÜÇ BOYUTLU FOTOGRAMETRİK MODELLEME YÖNTEMİNİN ARKEOLOJİ DEKİ KULLANIM ALANLARINA GÖRE ÖNEMİ

Üç boyutlu fotogrametrik modelleme yöntemi, arkeoloji ile ilgili birçok konuda kullanımı ile giderek artan bir grafiğe sahiptir. Kazı alanlarına ait verilerin dijital kayıtlarının oluşturulmasında, sanal restorasyon ve sanal müzecilik alanlarında ayrıca web uygulamalarında, teknolojik gelişimle birlikte birçok yenilikle karşımıza çıkmaktadır. Özellikle kazı alanlarının modellenmesi, Arkeoloji ye büyük bir kolaylık ve avantaj kazandırmıştır.

---

[269] Luigi Fregonese, Laura Taffurelli , Andrea Adam, "BIM Application for the Basilica of San Marco in Venice: Procedures and Methodologies for the Study of Complex Architectures"[Venedik'teki San Marco Bazilikası için BIM Uygulaması: Karmaşık Mimarilerin İncelenmesi için Prosedürler ve Metodolojiler], (Ed.) Fabio Remondino, Andreas Georgopoulos, Diego González Aguilera, *Panagiotis AgrafiotisLatest Developments in Reality-Based 3D Surveying and Modelling*, MDPI AG, Basel 2018, 369, doi:10.3390/books978-3-03842-685-1/17.

Öncelikle arkeolojik koruma ve belgeleme amacıyla oluşturulan üç boyutlu modeller, arkeolojinin bilimsel sunumunda, dijital müzelerde veya geleneksel müzelerin dijital sergi bölümlerinde önemli bir kullanıma sahiptir[270]. Bu sayede risk altında olan birçok önemli kültürel mirasın, doğru bir şekilde korunması ve dijital ortamda saklanması sağlanmıştır. Günümüzde pek çok müze, ziyaretçilerini daha çok etkilemek için sanal gerçeklik ve üç boyutlu modellerin kullanımının artmasına katkıda bulunmaktadır[271].

4.2.1. Arkeolojik Kazı Alanlarında Kullanımının Önemi

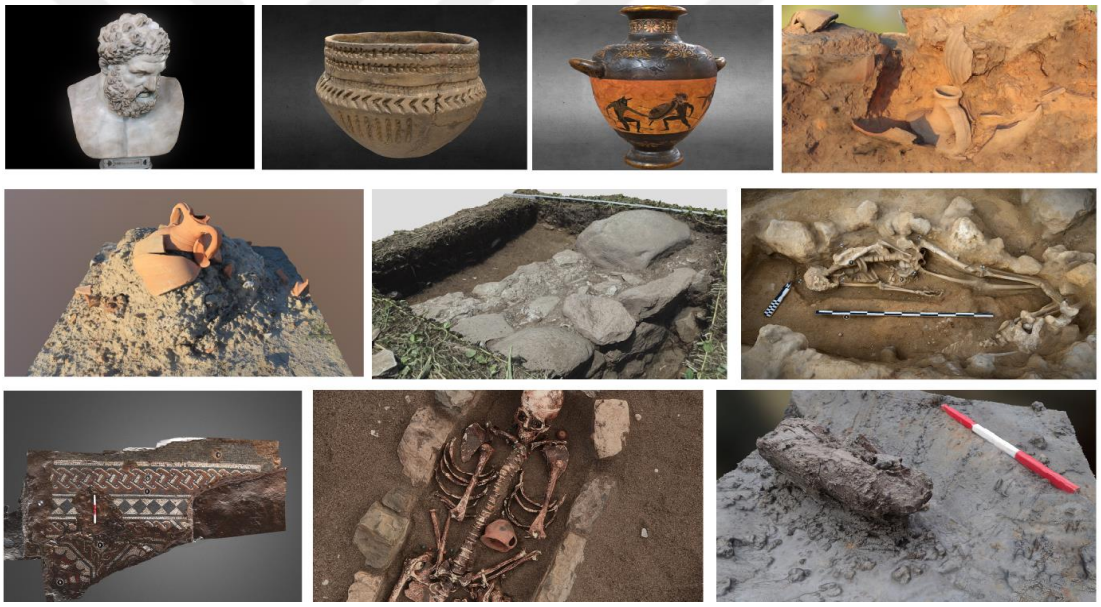
Fotogrametrinin arkeolojik kazılarda potansiyel uygulama alanları çoktur. Farklı zamanlarda kazılan bitişik veya üst üste binen kazı açmalarından edilen sonuçları tek bir modelde birleştirmeye olanak tanıyarak, aynı anda görülmeyen nesnelerin ve alanların mekânsal ilişkilerinin daha iyi anlaşılmasına olanak tanımaktadır.

Fotogrametrik modelleme yöntemi, yapılan Arkeolojik kazıların yanı sıra kurtarma kazılarında, sit alanları veya koruma alanlarında yapılan sondaj kazılarında karşımıza çıkan materyallerin bulunduğu alanda ve sonrasında kaydının daha sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu modelleme yöntemi maliyetli ve daha sağlam bilimsel temellere ait veriler oluşturma konusunda oldukça verimli bir iş ortaya koymaktadır. Yapılan araştırmalarda kazı süreci sırasında üç boyutlu modelleme çalışmalarında lazer tarayıcıların kazılarda kullanılmasının çok pahalı ve zaman alıcı olduğu belirtilmiş, bu nedenle, daha maliyetli ve daha kolay imkanlar sağladığı için kazı çalışmalarında fotogrametri yöntemi tercih edilmiştir. Yine yapılan araştırmalarda üç boyutlu dijital modellerin, geleneksel yöntemlere kıyasla genel kayıt kalitesinde önemli bir artış sağladığı sonucuna varılmış, ayrıca üç boyutlu modellerin, arkeolojik verilerin var olduğu haliyle üç boyutlu olarak kaydedilmesi nedeniyle anlaşılmayı daha kolaylaştırdığı ortaya konulmuştur. Ayrıca üç boyutlu modellerin diğer arkeolojik belgeleme verileriyle birleştirildiğinde, kazıda bulunmayan arkeologlar tarafından da kazıların belirli aşamalarla sanal olarak ziyaret edilmesine olanak sağlaması açısından çok önemli olduğu belirtilmiştir[272].

---

[270] Matthew D. Howland, vd., 106.
[271] Elisabetta Donadio, vd., 95.
[272] Justin J.L. Kimball, 14-15.

Kazı süreci detaylı ve sürprizlerle dolu olduğu için kazı açmalarında karşımıza çıkan *in situ* durumdaki kültür varlıklarının yerinden kaldırmadan mevcut dokusu ve yapısal bütünlüğünün bozulmadan üç boyutlu olarak kaydının yapılaması, kazılardaki katmanların modellenerek bir sonraki katmana inmeden mevcut katmanın dijital kayıtlarının üç boyutlu olarak oluşturulması çok önem arz etmektedir. Aynı şekilde arkeolojik kazılarda ortaya çıkarılan heykeller, seramik ve metal malzemeler, mezar yapılarındaki iskeletler, bir yapı kazısında ortaya çıkan mozaik zemin veya duvar dokuları gibi birçok kültür varlığının oksijen ile teması sonrası ve yerinden çıkarılma esnasında görebileceği deformasyon veya zarar görme gibi durumların riskine karşılık, bulunan nesnenin o anki modelinin bize oldukça önemli veriler sunması sebebiyle fotogrametri tekniği, nesnelere dokunmadan üç boyutlu olarak veri oluşumunu sağlayan bir yöntem olmasından dolayı giderek daha çok tercih edilmeye başlanmıştır[273]. (Fotoğraf 4.3).



Fotoğraf 4.3. Arkeoloji de Üç Boyutlu Model Oluşum Alanları (Sketchfab)

4.2.2. Müzelerde Üç Boyutlu Modelleme Yöntemini Kullanmanın Önemi

Günümüzde artık arkeolojik çalışmaların tanıtımında (betimsel sınıflandırmalar, envanter kayıtları, morfolojik karşılaştırmalı analizler, koruma, varsayımsal yeniden

[273] Fatih, Pulat, Murat, Yakar, Ali, Ulvi, "Arkeolojik Alanların Dokümantasyonununda Fotogrametrik Tekniklerinin Doğruluklarının Karşılaştırmalı Analizi: Konya Yunuslar Örneği" *Harita Dergisi,* 87 (165), 2021, 57-72.

yapılandırmalar, bilimsel popülerleştirme, sanal müzeler, vb.) eserlerin ve alanların üç boyutlu modelleri kullanmaktadır. Bu nedenle elde edilen bulguların dijital modellerini üretmek için makul ve maliyeti düşük sistemlerin bulunmasına büyük ihtiyaç duyulmaktadır[274]. İşte bu ihtiyaçlara karşılık fotogrametrik modelleme yöntemi, kültür varlıklarının dijital olarak üç boyutlu bir şekilde arşivlenmesi için çok uygun ve doğru bir tekniktir. Özellikle küçük eserlerin modellenmesi arşiv kayıtlarına farklı bir boyut kazandırmıştır[275].

Günümüzde müzelerdeki tarihi eserlerin sanal ortama konulması için üç boyutlu modellemede farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu kapsamda fotogrametri gibi metrik sonuçlar veren yöntemler kullanılması ve tüm cismin geometrik özellikleri belirlenmesi özellikle bilimsel çevreler için büyük önem taşımaktadır[276]. Yakın fotogrametrik modelleme yöntemi ile oluşturulan üç boyutlu modellerin özellikle sanal müze ortamlarında yayınlanması ile bu durum dahada ön plana çıkmıştır. Günümüzde sanal ortamlara erişim imkânlarının artmasıyla birlikte, ölçülebilir doğru bilgiye daha hızlı ve kolay bir şekilde ulaşmaktadır[277]. Müzelerin birçoğunda dijital sergi olanaklarının bulunmaması, birçok eserin araştırma çalışmalarında kullanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebeple oluşturulan modelleme yöntemi ile birlikte, müzelerin resmî web siteleri üzerinden eserlerin gösterime açılması, bilimsel birçok alanda kullanım imkânı da sağlamış olacaktır[278].

Aşağıda bu yöntemlerle elde edilen birçok örneğin dijital ortamda sergilendiği web sitesi örnek olarak verilmiştir. (Fotoğraf 4.4.).

---

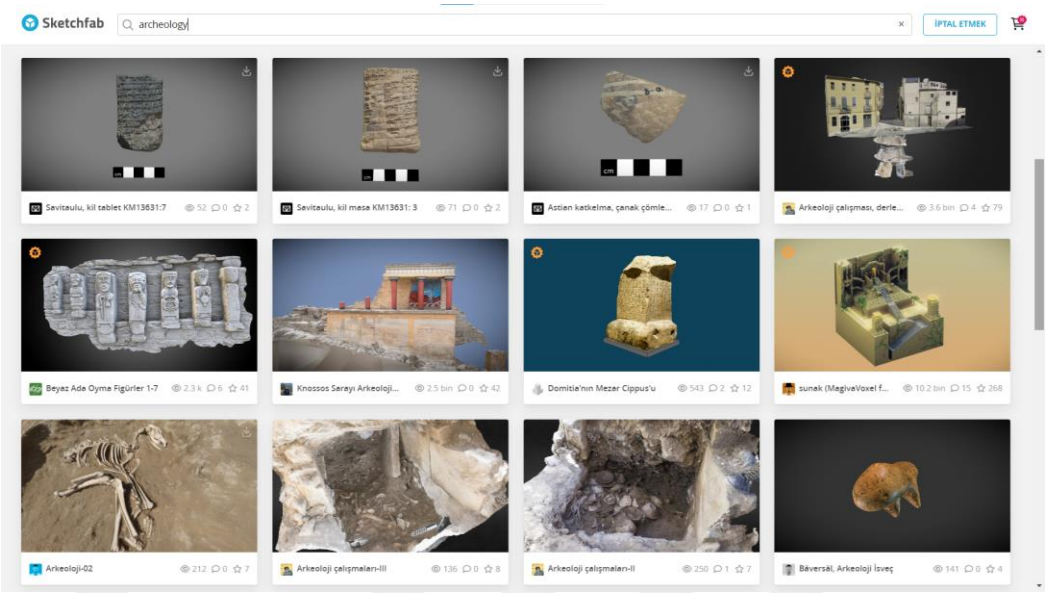
[274] Grazia, Tucci, Daniela, Cini, Alessia, Nobile, "Effective 3d Digitization of Archaeological Artifacts for Interactive Virtual Museum" [Etkileşimli Sanal Müze için Arkeolojik Eserlerin Etkili 3D Dijitalleştirilmesi], *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-5/W16, 2011, 413.

[275] Özlem, Kum, "Kültürel Mirasın Fotogrametrik Yöntemle 3D Modellenmesi: Tokat Yazma Kalıbı Örneği", *Türkiye Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 7(1), 2022 237-252.

[276] V. Tsioukas, P. Patias, P. F. Jacobs, "A Novel System for the 3D Reconstruction Of Small Archaeological Objects" [Küçük Arkeolojik Nesnelerin 3B Yeniden İnşası İçin Yeni Bir Sistem], *ISPRS XX. Congress, Proceedings*, 35(5), 2004, 632

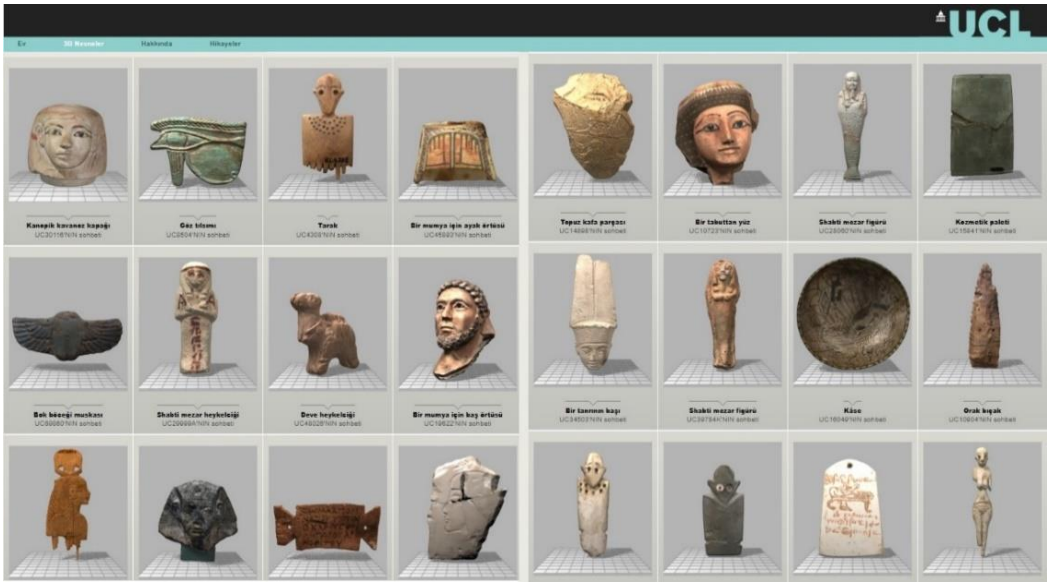
[277] Georgopoulos, A., "3D Reconstruction and Rendering For a Virtual Visit" [Sanal Ziyaret İçin 3D Yeniden Yapılandırma ve Görselleştirme], *XX. Congress, Proceedings*, 35(5), 2004, 636.

[278] Ahmet, Uslu, Murat, Uysal; "Arkeolojik Eserlerin Fotogrametri Yöntemi ile 3 Boyutlu Modellenmesi: Demeter Heykeli Örneği", *Geomatik Dergisi*, 2 (2), 2017, 60-65.



Fotoğraf 4.4. Web Sitesi Arkeolojik Üç Boyutlu Modeller Sitesi (Sketchfab) [279]

Yine aynı şekilde günümüzde birçok arkeolojik kazının kendi web siteleri üzerinden tanıtımı ve bilimsel çalışmaları yayınlanmaktadır. Kazı alanı hakkında bilgilerden kazılarda çıkarılan eserlere kadar üç boyutlu modelleme yöntemi kullanılarak gerek bilim dünyasına gerekse ziyaretçilere yönelik tanıtım çalışmalarına yer verilmektedir. Bu çalışmalara örnek olarak Antik Mısır Medeniyeti' ne ait Petrie Mısır Arkeolojisi Müzesi üç boyutlu eserlerinin yer aldığı web sitesi gösterilebilir. (Fotoğraf 4.5.)[280]



Fotoğraf 4.5. Petrie Mısır Arkeolojisi Müzesi Web Sitesi (www.ucl.ac.uk)

[279] https://sketchfab.com/search?q=archeology&type=models (E.T. 05.10.2024)
[280] https://www.ucl.ac.uk/3dpetriemuseum/3dobjects.html.(E.T. 05.10.2024).

4.3. FOTOGRAMETRİK MODELLEME YÖNTEMİ İLE SANAL BÜTÜNLEME ÇALIŞMALARI

Fotogrametrik modelleme yönteminin günümüzde yaygın olarak kullanıldığı bir diğer uygulama alanı ise eser ve yapı kalıntılarının bütünleme ve restorasyon çalışmaları öncesi mevcut durumlarının modellenmesi sonrası bilgisayar ortamında sanal olarak bütünleme çalışmalarında kullanılmasıdır. Bu yöntem gerek eserlerin gerekse arkeolojik kalıntıların dokunmadan ve zarar vermeden modellenerek bilimsel veriler eşliğinde bilgisayar ortamında birleştirilmesi sonrası restorasyon çalışmalarına referans olabilecek verilere ulaşma imkânı sağlamaktadır. Günümüzde bu yöntem arkeolojide özellikle eser bütünlemesi ve yapısal bütünleme çalışmalarında kullanılmaktadır. Bu çalışmalara tez konumuz kapsamında Pulur Höyük alanında kazılar sonucu elde edilen kutsal ocakta yaptığımız gibi özellikle seramik eserlerin bütünleme çalışmalarında daha çok görülmektedir. Bu yöntemle birlikte kazılarda ortaya çıkarılan eserlerin, müzelerin sergi salonlarında veya depolarda bulunan birçok eserin modellenmesi ve bu modellerin sanal ortamlarda ziyaretçiler ve bilimsel çalışmalar için web ortamında erişilebilir olması büyük önem arz etmektedir. Böylece aynı anda birden fazla kullanıcıya uzaktan çalışma imkânı sağlandığı gibi eserler hakkında tipolojik veya tarihi açıdan geniş bir değerlendirme yapılmasına da olanak tanınacaktır. Ayrıca bu çalışmalara ait dijital üç boyutlu kopyaların, sanal birçok multimedya eğitim ve tanıtım uygulamasında kullanılması, kültürün tanıtımı açısından önemli bir rol oynamaktadır[281].

Yunanistan'ın Selanik şehri, Karaburun kazılarında ortaya çıkarılan ve antik döneme ait kantharos parçalarının bilgisayar ortamında birleştirildikten sonra restore edildiği bu çalışmalara bir örnek olarak verilmektedir (Fotoğraf 4.6.).

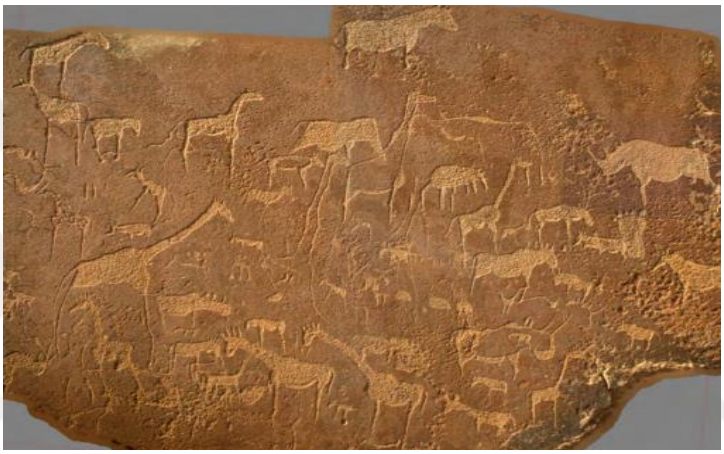


Fotoğraf 4.6. Kazılarda çıkarılan kantharos parçalarının dijital ve gerçek restore edilişi (Despoina Tsiafaki vd.)

[281] Despoina Tsiafaki, vd.,19-20.

Müzelerin depolarında koruma amaçlı tutulan ve sadece arkeolojik bir yayın ile bilim dünyası tarafından farkına varılabilecek birçok esere, bu modelleme yöntemi ile dijital olarak sanal erişim imkânı sunulması, arkeolojik araştırmalara büyük bir katkı sağlamış olunacaktır[282].

Fotogrametrik modelleme yöntemi, göreceli kullanım kolaylığı nedeniyle dijital arkeolojide oldukça yararlı bir araçtır. ThinkSee3D ve British Müzesi birlikte, Afrika kaya sanatına ait birçok parçanın üç boyutlu modelleri ile üç boyutlu baskıları oluşturmuş ve bu üç boyutlu baskılar, görme engelli veya az gören ziyaretçilere yönelik etkinliklerde kullanılmıştır[283] (Fotoğraf 4.7.).



Fotoğraf 4.7. Üç Boyutlu Rölyefi Yapılan Güney Afrika Hayvan Petroglifleri British Müzesi (Steven Dey)

Arkeoloji de geleneksel yöntemlere bağlılığımızı korurken aynı zamanda gelişen teknolojik imkanların bizlere ve bilim dünyasına ne derece fayda sağlayacağı konusunda da ön görüşlü ve yenilikçi olmak bir gerekliliktir[284].

Sanal bütünleme alanında sadece arkeolojik bütünleme değil, birçok antik yapının veya bir şehir kalıntısının da yeninden oluşturulması mümkün hale gelmiştir. Bu konuda İtalya' Pompei'de Caecilius Iucundus'un Evi olarak bilinen kalıntıların üç boyutlu modellemesi sonrası bilimsel veriler eşliğinde sanal olarak yeniden yapılandırılması oluşturulmuş ve evin antik dönemde bu şekilde olabileceği ortaya konulmuştur[285]. (Fotoğraf 4.8.).

---

[282] Despoina Tsiafaki, vd.,19-20.
[283] Steven Dey, 21.
[284] Justin J.L. Kimball, 46.
[285] Nicolò Dell'Unto, 20.



Fotoğraf 4.8. Pompei Caecilius Iucundus Evi Sanal Yeniden Yapılandırma (Dell'Unto)

Yapılan bazı araştırmalarda Arkeolojide üç boyutlu modelleme yönteminin özellikle kopya eser üretimi konusunda sorunlara yol açabileceği konusu gündeme gelmiş, bu konuda üç boyutlu veri oluşumu sonrası bu verilere nasıl ulaşım sağlanacağı, etik durumlar yani kutsal yerlerin özel durumları ve konum bilgileri gibi önemli hususlar ile kimlere erişim sağlanacağı konusunda tartışmalar yapılmıştır. Bu konuda bilimsel amaçlı kullanım için sınırlandırma getirilmesi ve izinle bakılabilir bir imkân sağlanması gündeme gelmiştir[286]. Ayrıca bu durumun sahte eser üretimi için veri sağlama niteliği taşıması da etik açıdan sorunsal bir durum ortaya koyduğundan, çözüm olarak ziyaretçiler için sınırlı erişimi ile bu durumların bir nebzede olsa engellenmiş olunacağı vurgulanmıştır[287].

4.4. FOTOGRAMETRİK MODELLEME YÖNTEMİ KULLANILAN BİLGİSAYAR PROGRAMI (AGISOFT METHASHAPE)

Gelişen teknoloji ile birlikte bilgisayarlı görme sistemlerinin fotogrametriye entegre olması, geleneksel fotogrametriden çok daha düşük maliyetle kullanıcı dostu yazılımların geliştirilmesine yol açmıştır[288]. Yapılan araştırmalarda Agisoft Methashape Programı'nın, fotogrametrik üç boyutlu model oluşturmak için doğruluk ve pratikliği

[286] Heather Richards-Rissetti, "Technological Challenges to Practicing 3D Ethics in Archaeology" [Arkeolojide 3D Etik Uygulamasının Önündeki Teknolojik Zorluklar], (Ed.) Ethan Watrall, Lynne, Goldstein, *Digital Heritage and Archaeology in Practice*, The University Press of Florida, 2022, 164.
[287] Heather Richards-Rissetti, 175.
[288] Clive Boardman, Paul Bryan, 52-53; Alpay Özdural, 228.

kanıtlanmış, bu çalışmalar için yeterli ve uygun bir yazılım olduğu ortaya konulmuştur[289]. Agisoft Methashape Programı, sıralanmamış fotoğrafları, geometrik olarak doğru ve coğrafi referanslı bir üç boyutlu modele dönüştürme becerisine sahip, hareketten kapsamlı bir yapı yaklaşımı sağlayan kullanıcı dostu bir yazılım paketidir.[290].

Üç boyutlu modeller üretebilen başka birçok yazılım olmasına rağmen Agisoft Methashape Programı, hepsi bir arada kapsamlı bir program olarak öne çıkmaktadır. Program, özellikle arkeologlara çeşitli faydalar sunmaktadır. Bu faydaların başında arkeologların tam gelişmiş üç boyutlu bir model oluşturmak için diğer yazılım programlarını kullanmak zorunda kalmaması gelmektedir. Basitçe bir model oluşturmanın ötesinde, üç boyutlu modellerin çeşitli birçok alanda kullanım imkânı tanıyan formatlarda dışa aktarım yapma imkânı sunan, geniş kapsamlı format çeşitliliğine sahip kullanışlı bir programdır[291].

4.5. PULUR HÖYÜK KAZI ALANI FOTOGRAMETRİK UYGULAMALARI DEĞERLENDİRME

Yapılan tez çalışmamız kapsamında Pulur Höyük ve höyükteki kazı alanının, ayrı ayrı fotogrametrik üç boyutlu modellemesi gerçekleştirilmiş, bu kapsamda alanın ortofotosu, dem haritası ve bu harita üzerinden 20 cm aralıklara sahip koordinatlı olarak eş yükselti (izohips) haritası oluşturulmuştur. Bu çalışmalar üzerinden alana ait vaziyet planı, cephe çizimleri yapılmıştır. Yine aynı alanda kazı açmalarının üç boyutlu modellemesi, *in situ* durumda kazıda ortaya çıkarılan fırın yapıların yer aldığı katmanların üç boyutlu modellemeleri ve kazıdan elde edilen kutsal ocak parçalarının sanal olarak yeniden yapılandırılması tamamlanmıştır. Elde edilen bilgiler kullanılarak birçok farklı bilimsel veriye ulaşılmış ve yapılan çalışmalarda fotogrametrinin çalışmaları ne derece

---

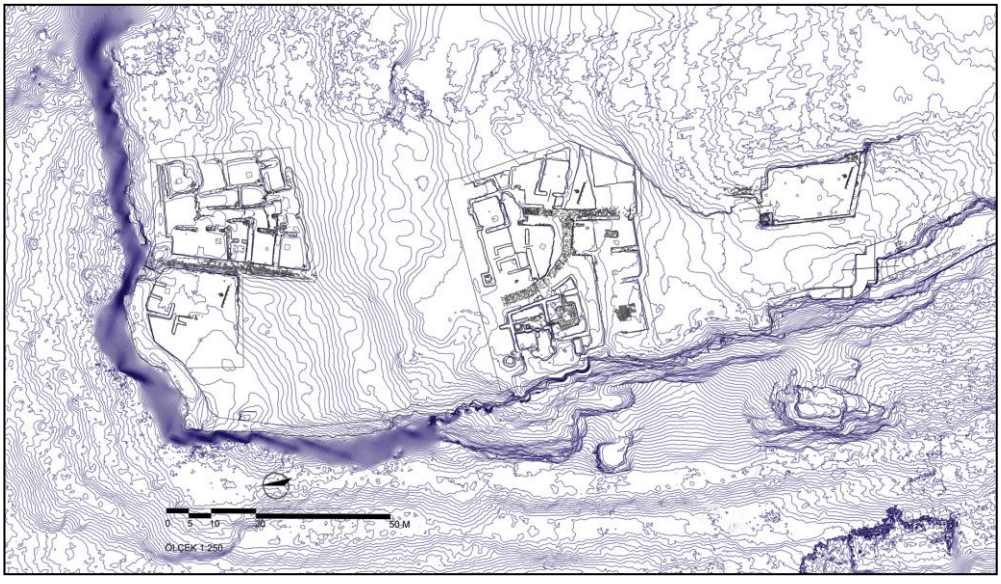
[289] Despoına Tsıafaki, Anestis Koutsoudis, Natasa Michailidou, Fotıs Arnaoutoglou, "From a Buried Fragment to the Virtual Artefact: A Case Study of Greek Pottery"[Gömülü Bir Parçadan Sanal Esere: Yunan Çanak Çömlekleri Üzerine Bir Vaka Çalışması], (Ed.) Anna Bentkowska, Lindsay Macdonald, *Digital Techniques For Documenting And Preserving Cultural Heritage*, Arc Humanities Press, 2017, 23; F. Alidoost, H. Arefi, Comparison Of Uas-Based Photogrammetry Software For 3d Point Cloud Generation: a Survey Over a Hıstorıcal Site" [Üç Boyutlu Nokta Bulutu Oluşturma için UAS Tabanlı Fotogrametri Yazılımlarının Karşılaştırılması: Tarhi Bir Alan Üzerinde Bir Araştırma], *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4(4), 2017, 61.

[290] Matthew D. Howland, Falko Kuester, Thomas E. Levy, "Photogrammetry in The Field: Documenting, Recording, And Presenting Archaeology" [Sahada Fotogrametri: Arkeolojiyi Belgeleme, Kaydetme ve Sunma], *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 14(4), 2014, 103.

[291] Justin J.L. Kimball, 22.

kolaylaştırdığı ortaya konulmuştur. Arkeoloji de bir kazı alanı veya bir antik kalıntının mevcut durumunu ortaya koyan vaziyet planı veya kesitlerinin teknik 2dCAD çizimlerini yapmak geçmiş dönemlerde el ile ölçümleme sistemleri kullanıldığı için oldukça zor ve yoğun bir uğraş gerektiriyordu. Ayrıca bu verileri oluşturmak için iş gücü mimarlık ya da mühendislik alanlarından destekler ile sağlanmaktaydı. Günümüzde gelişen teknolojik imkanların sağladığı olanaklar ile bu durum artık otomasyon sistemleri ile daha kolay elde edilebilir bir seviyeye ulaşmıştır. Önemli olan veri oluşum sürecini öğrenerek bilgisayarlı dijital sistemlerin sağladığı imkanları kullanabilme kabiliyetine sahip olmaktır. Bu durumun kolaylığı çalışmamızın ikinci bölümünde detaylı olarak ortaya konulmuş ve veri oluşum süreci aşama aşama gösterilmiştir.

Tez çalışmamızda fotogrametrik modelleme yöntemi koordinatlı ve ölçekli olarak Pulur Höyüğün yer aldığı alanın haritaları oluşturulmuş ve bu haritalar üzerinden hem höyük alanı hem de kazı alanı vaziyet planı çizimleri tamamlanmıştır. Günümüzde birçok kazı çalışması ve araştırmaya ait teknik çizimler yaygın olarak kullanılmaya başlanan bu yöntem ile oluşturulmuştur. Bunlardan biri Atatürk Üniversitesi Sanat Tarihi Bölümü tarafından kazı çalışmaları yürütülen Erzincan Kemah Kalesi Kazılarıdır. 2019 yılı kazı çalışmaları sonrası kazı alanının fotogrametrik modelleme yöntemi ile vaziyeti ve harita çalışmaları yapılmıştır[292] (Fotoğraf 4.9.).

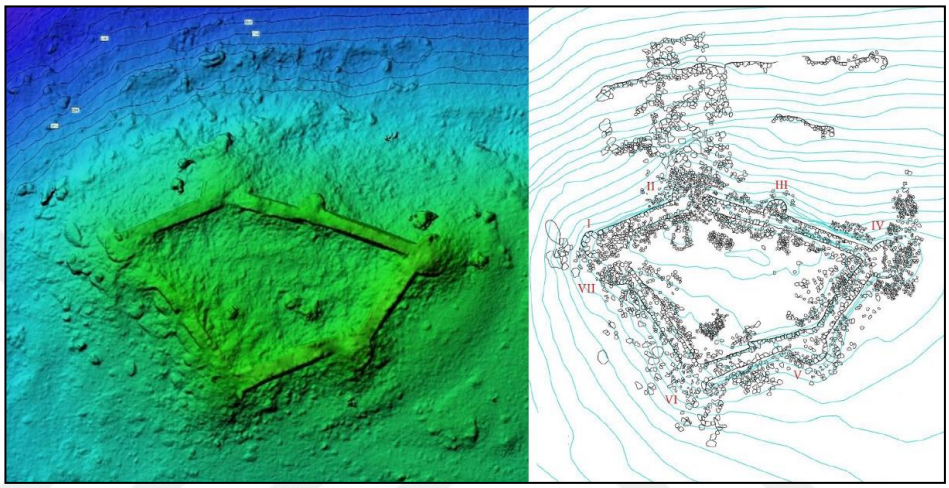


Fotoğraf 4.9. Kemah Kalesi Kazı Alanı Vaziyet Planı (H. Yurttaş Vd.)

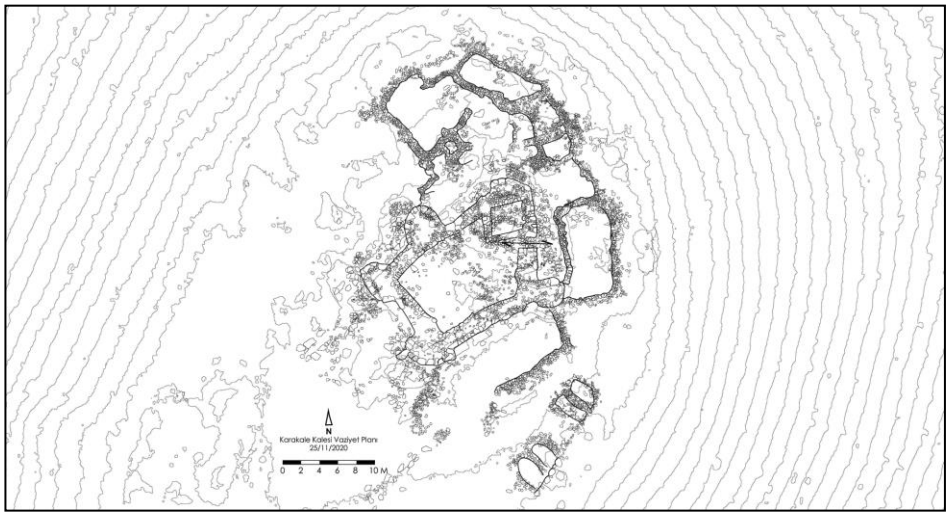
[292] Hüseyin Yurttaş, Haldun Özkan, Zerrin Köşklü, vd., *Erzincan Kemah Kalesi Kazıları*, Erzincan Valiliği Kültür Yayınları, 2020, Erzincan, 117.

Sadece kazı araştırmaları değil aynı zamanda yüzey araştırmalarında da bu yöntem giderek yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Özellikle Erzurum ve civarındaki Demir Çağ ve tarihi mimarisi üzerine yapılan yüzey araştırmalarında kullanılan bu yöntem ile birçok kale yapısı arkeolojik alanların tespiti ve vaziyet plan çalışmalarına yer verilmiştir. Bunlara örnek olarak Erzurum Tortum İlçesi, Kapıkaya Kalesi[293] ve Pasinler İlçesi, Karakale (Baldızı) Kalesi[294] çalışmaları gösterilebilir (Fotoğraf 4.10.-4.11).



Fotoğraf 4.10. Erzurum Tortum Kapıkaya Kalesi Dem Haritası ve Vaziyet Planı (H. İbrahim ÜN)



Fotoğraf 4.11. Erzurum Karakale (Baldızı) Kalesi Vaziyet Planı (İshak K.)

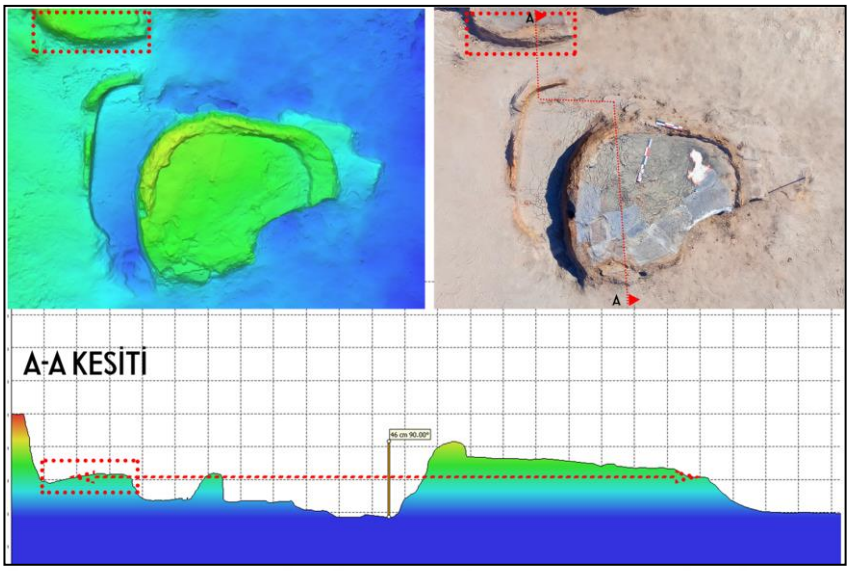
[293] Halil İbrahim Ün, *Erzurum Tortum İlçesinde Bulunan Mimari Eserler*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum 2019, 179.

[294] İshak Küçükyıldız, *Kazı ve Yüzey Araştırmaları Işığında Erzurum ve Çevresinde Demir Çağ Mimarisi,* (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum 2022, 160.

Yapmış olduğumuz çalışmadaki önemli konulardan bir diğeri ise *in situ* durumdaki nesneler ve katmanlı kazı açmalarının modellenmesidir. Kazı çalışmasının doğası gereği bir alt katmandaki kültürel dokuya ulaşabilmek için üstte bulunan katmandaki veriler mümkün olduğu kadar kayıt işlemi yapıldıktan sonra kaldırılmaktadır. Bu çalışmalarda her ne kadar koruma çalışması yapılarak işlemler gerçekleştirilse de alttaki kültür katmanı ile üstteki katmanın ilişkisi ortadan kaldırıldığı için belli bir oranda veri kaybı yaşanmaktadır. İşte bu veri kaybını mümkün olduğu kadar en aza indirebilmek için, kazı alanlarında *in situ* durumda olan her ne varsa bu bir katman veya kültür varlığı da olabilir, üç boyutlu olarak modelinin oluşturulması ile bu veri kaybı hem en aza indirgenmiş olur hem de üstteki katman ile alttaki katman arasında bulunan ilişkinin ortaya konulması adına büyük bir kolaylık sağlayacaktır.

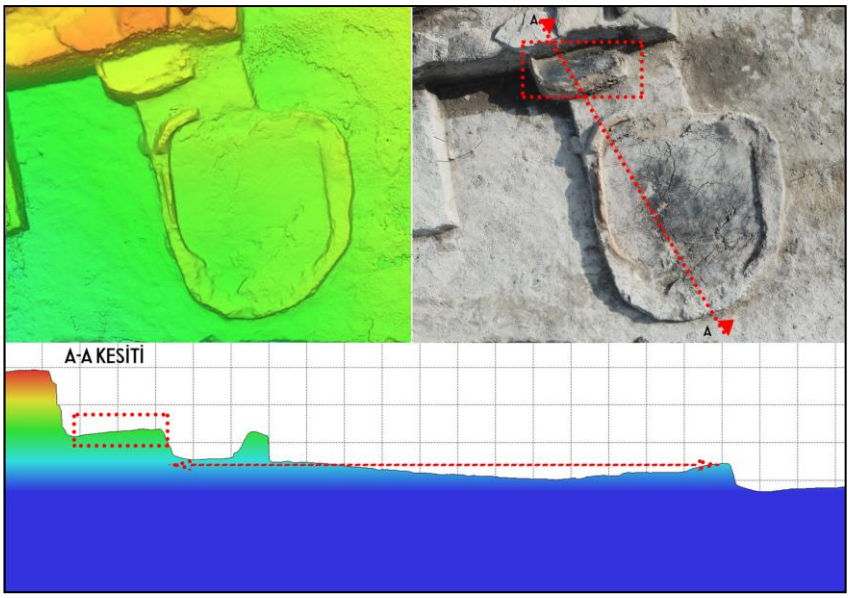
Çalışmamız kapsamında ortaya çıkarılan ve *in situ* durumda iken üst üste bulunan iki fırın kalıntısının fotogrametrik modelleme yöntemi ile üç boyutlu olarak modellenmesi, mevcut verilerin korunmasının yanı sıra bu iki fırın yapısı arasında bir değerlendirme yapabilme imkânı da sağlamıştır. Aşağıda bu çalışamaya ait gerçekleştirilen işlemler ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

Çalışmalarda ilk olarak R17B plankaresi içinde bulunan Fırın-1 yapısı ortaya çıkarılmış, daha sonra bunun 40 cm kadar altında bir başka fırın kalıntısının daha var olduğu tespit edilmiştir. Fakat üstte yer alan fırın yapısı, alttaki fırının mahiyetini %70'e varan bir oranda kapattığından dolayı alttaki fırının durumunu tam olarak ortaya koyabilmek için üstte yer alan fırın kaldırılma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Yapılan modelleme çalışmaları sonrası veriler karşılaştırıldığında, Fırın 1 ve 2 yapısının hemen 50 cm kadar güneydoğusunda yer alan daha küçük boyutlarda ve tamamı ortaya çıkarılmamış kırmızı çerçeve içine alınan üçüncü bir fırın yapısının da bu fırın yapıları ile beraber değerlendirilmesine karar verilmiştir. Oluşturulan dem haritası ve A-A yan kesit çalışmasında bulunan zemin renk ölçeğinde de açıkça görüldüğü gibi, üstte bulunan Fırın-1 yapısı ile bu küçük fırın yapısının zemin kotları nerdeyse aynı olduğu ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca bunların ikisinin de zemininde ateş yakılmasından dolayı oluşan is tabakasının siyahlık oranının daha altta bulunan Fırın-2 yapısından daha koyu bir renkte olduğu tespit edilmiştir. Fırın-2 yapısının açıkta kalan zemin dokusunda bu is kalıntısı neredeyse yok denecek kadar azdır (Fotoğraf. 4.12.).



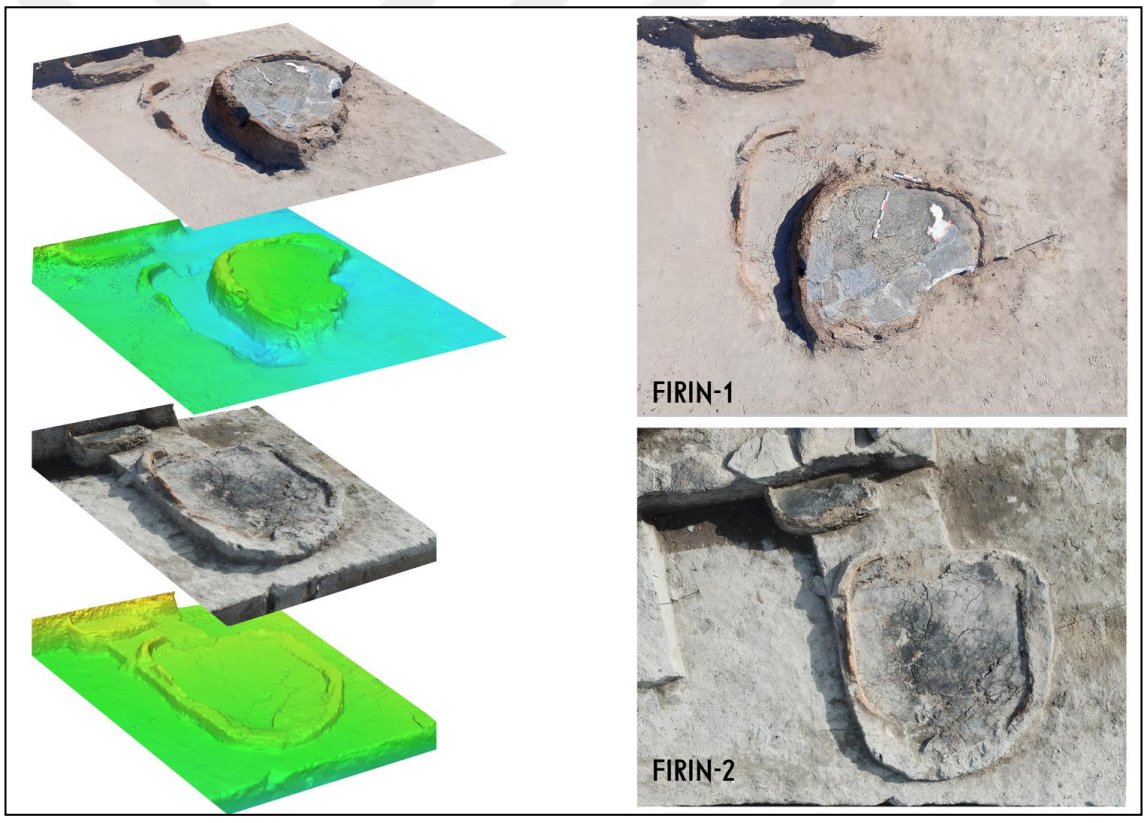
Fotoğraf 4.12. Fırın-1 Yapısı ile Diğer Fırın Yapıları Arasındaki Kot Farkı ve Mahiyeti

Bu durum, Fırın-1 yapısı ile diğer küçük formlu 3. fırın yapısının aynı dönemde kullanılmaya devam edildiğini, altta bulunan Fırın-2 yapısının ise muhtemelen daha önceki dönemlerde kullanıldığı ve bir şekilde zarar görmesinden dolayı bulunduğu yere aynı form ve ölçülerde üst katmandaki Fırın-1 yapısının yapıldığını ortaya koymaktadır. Fırın-2 yapısının modelinden elde edilen dem haritası ve A-A yan kesitine bakıldığında bu durum yine açıkça görülmektedir. Fırın-2 yapısının zemin kotunun 3.fırın yapısından 15-20 cm aralığında değişik oranlarda daha alçakta olduğunu ortaya koymaktadır (Fotoğraf 4.13.).



Fotoğraf 4.13. Fırın-2 Yapısı ile 3. Fırın Yapısı Arasındaki Kot Farkı ve Mahiyeti

Fırın olarak değerlendirilen bu kalıntılarına yakın bir mesafede 2022 ve 2023 yılı kazı çalışmalarında R18C1 ve R18C2 kazı açmalarında farklı renklerde kil toprak ile bu kil toprak renginde seramik parçaların elde edilmesi ve üretime yönelik aletlerin bulunması, höyüğün bu bölümünde bir seramik üretim atölyesinin var olabileceği doğrulamaktadır[295]. Dolayısıyla fırın olarak değerlendirilen bu iki pişmiş toprak zemine sahip kalıntı, burada yapılan seramik kapların üretiminde kullanılma ihtimalini güçlendirmektedir. Ayrıca aynı alanda üst üste aynı düzenlemeye sahip iki büyük fırın yapısı ve hemen yanlarında daha küçük ölücülerde üçüncü bir fırının daha olması burada bir seramik atölyesinin de varlığını doğrular niteliğe sahiptir. Son yaptığımız çalışmada bu fırın yapılarına ait katmanların modellenmesi ile *in situ* durumları ve birbirleri arasındaki ilişkileri ortaya konulmuştur (Fotoğraf 4.14.).



Fotoğraf 4.14. Fırın-1 ve Fırın-2 Yapıları Dem Modeli Karşılaştırması

Böylece fotogrametrik modelleme yönteminin, arkeolojik kazı alanında gerek nesnelerin gerekse tabakaların birbirleri ile olan ilişkilerini ortaya koymak adına büyük bir kolaylık sağladığı görülmüştür.

[295] Rabia Akarsu, 2023-II, 435; Akarsu, R., H. Genç, vd. 2025 (Baskıda).

SONUÇ

Arkeolojik araştırmalara kolaylık sağlaması ve bilimsel verilerin daha kolay teknikler ile üretilmesi için yapmış olduğumuz bu tez çalışmamızda öncelikle Fotogrametri'nin nasıl bir bilim dalı olduğu, gelişim çizgisi içinde kat ettiği yolculuğu ve bilim insanlarına nasıl imkanlar sunduğu konusunda bilgiler verilmiştir. Bu bilgiler eşliğinde gelişen teknolojik imkanların ne şekilde kullanılacağı anlatılmış ve dijital fotogrametrik yöntemlerin özellikle kazı çalışmalarından sualtı arkeolojisine kadar sağlayacağı kolaylıklar detaylıca ortaya konulmuştur. Böylece yöntemin gerek maliyet gerekse veri oluşumu konusunda birçok yöntemden avantajlı olduğu örnek uygulamalarla gösterilmiştir.

Daha sonra dijital fotogrametrik modelleme çalışmalarında kullanılan Agisof Methashape Programı kullanılarak, bir nesne veya alanın üç boyutlu olarak modellenmesi ve bu modeller üzerinden elde edilecek verilerin oluşum aşamaları, proragram arayüz görüntüleri ile öğretici nitelikte detaylı bir şekilde yansıtılmıştır.

Bu kapsamda Erzurum İli, Aziziye İlçesi, Ömertepe Mahallesi'nde bulunan ve 2021 yılından beri kazı çalışmaları devam eden Pulur Höyük özelinde dijital fotogrametrik modelleme yöntemleri kullanılarak; kazı ve höyük alanı haritaları, yükseklik dem modellemeleri, vaziyet planı ve cephe çizim çalışmaları, kazı açmaları, eserler ve *in situ* durumdaki nesnelerin üç boyutlu modellemeleri, bu modeller üzerinden eserlerin sanal olarak üç boyutlu bütünleme çalışmaları elde edilerek bu yöntemin verimliliği ve oluşturulan modellemelerin doğruluğu ortaya konulmuştur.

Öncelikle yapmış olduğumuz çalışma, Pulur Höyük kazı alanı modeli üzerinden alana ait ortofoto görüntüleri ve koordinatlı olarak dem haritaları oluşturulmuş ve bu veriler kullanılarak alanın vaziyet planı 1/100 ölçekte elde edilmesi sağlanmıştır. Daha sonra dem haritaları kullanılarak alanın eş yükselti eğrileri 20 cm aralıklarla oluşturulmuş ve kazı alanı böylece arazi yüzey dokusu ve yükseklik değerleri elde edilmesi sağlanmıştır. Bu iki veri bize kazı alanında yapılan çalışmaların detaylı olarak mahiyetini ortaya koymamızı ve model üzerinden kazı kültür tabakalarının gösterilmesini sağlamıştır.

Daha sonra alanda özellikle arkeolojik kazıların katmanlar halinde yürütülmesi sebebiyle kazı katmanlarının birbirleri ile olan ilişkilerinin ortaya konulması ve kaldırılan

katmana ait verilerin üç boyutlu olarak korunmasının önemini vurgulamak için kazı açmalarının *in situ* durumda modellemesi yapılmıştır. Bu çalışmamızda ilk olarak alanda R17B plankare içinde *in situ* durumda ortaya çıkarılan Fırın-1 yapısının modellenmesi gerçekleştirilmiş, daha sonra bu fırın yapısının altında aynı düzenlemede ikinci bir fırın yapısının olduğu tespit edilmiştir. Alttaki Fırın-2 yapısının ortaya çıkarılması için üst katmanda olan Fırın-1 yapısı kaldırılmış ve böylece Fırın-2 yapısı ortaya çıkarılmıştır. Yapmış olduğumuz Fırın-1 yapısı ile Fırın-2 yapısına ait modellemeler üzerinden iki *in situ* durumdaki fırın yapısı ve bu fırınların hemen güneyinde bulunan ve daha küçük boyutlarda olan üçüncü bir fırın kalıntısınında ortaya çıkarılması ile bu üç fırın yapısı arasında ki ilişki, yapmış olduğumuz üç boyutlu dem haritası ve cephe kesitleri üzerinden ortaya konulmuş, böylece kazı verileri ile birlikte değerlendirme yapılarak alanda bir seramik üretim atölyesinin var olabileceği tezini güçlendiren verilerin elde edilmesi sağlanmıştır.

Fotogrametrik modelleme yöntemini kullanarak elde edilen bir diğer önemli konu ise kazıda bulunan bütünlüğü bozulan veya eksik olarak ortaya çıkarılan eserlerin üç boyut modellenerek sanal olarak bütünleme çalışmalarının yapılmasıdır. Bu kapsamda 2021 yılında Pulur Höyük kazısında ortaya çıkarılan ve üç parçadan oluşan kutsal ocağın modelleme çalışmaları tamamlanmış ve bu model üzerinden sanal ortamda bütünleme çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmada kutsal ocak parçalarının iç ve dış yüzeylerinden paralel olarak elde edilen referans çizgileri doğrultusunda kutsal ocağın bölgede yoğun olarak elde edilen üç ayaklı kutsal ocaklardan olmadığı ve dört ayaklı bir kutsal ocak olabileceği böylece ortaya konulmuştur.

Tez çalışmamızda ayrıca fotogrametrik üç boyutlu modelleme yönteminin kültür envanterinin oluşumunda, sanal müzecilik alanında ve gelişen teknolojik yeniliklerde ne şekilde kullanılabileceği yönünde değerlendirmelerde bulunulmuştur. Fotogrametrik yöntemin birçok yönteme göre maliyetli oluşu, zaman yönünden büyük bir avantaj sağladığı ve arkeolojik kazılar için önemi vurgulanarak diğer yöntemlerle olan farkları ve avantajları konusunda karşılaştırmalara yer verilmiştir.

Yapmış olduğumuz çalışma bize göstermektedir ki, fotogrametrik modelleme yöntemi Arkeoloji ve kazı çalışması yürüten birçok bilim dalı için (Sanat Tarihi-Antropoloji vb.) sağladığı kolaylıklar ve imkanlardan dolayı mutlaka kazı ve kazı sonrası

sürece dahil edilmesi gereken bir bilim dalıdır. Bu kapsamda doğruluğu ve kolaylığı ispatlanan Dijital Fotogrametri'nin Arkeoloji bölümlümü Teknik Resim derslerine dahil edilmesi, gelişen teknolojinin hızına yetişebilmek adına artık bir gereklilik halini almıştır.

KAYNAKÇA

Aber, James S., Marzolff, I., Ries, Johannes B., Aber, Susan E. W., *Small-Format Aerial Photography And Uas Imagery: Principles, Techniques, and Geoscience Applications, [Küçük Format Hava Fotoğrafçılığı ve İHA Görüntüleri: İlkeler, Teknikler ve Yerbilim Uygulamaları]*, (Second Edition), Elsevier, Cambridge 2019. . doi.org/10.1016/B978-0-12-812942-5.00002-1.

Akarsu, R., " Pulur Höyük (Erzurum) 2021 ve 2022 Yılı Kazılarında Tespit Edilen Karaz Kültürüne Ait Zoomorfik Taşınabilir Kutsal Ocaklar", *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12(4), 2023, 1511-1535.doi:10.33206/mjss.12 72185.

Akarsu, R., "Pulur Höyük'te (Erzurum) 2021 Yılı Kazı Çalışmalarında Ele Geçen Karaz Kültürüne Ait Grafit Astarlı Seramikler", *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 33 (1), 2023, 33-45. doi: 10.18069/firatsbed.11 91007.

Akarsu, R., Genç H., "Erzurum-Pulur Höyük 2022 Yılı Kazı Çalışmaları", *43. Kazı Sonuçları Toplantısı*, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayını, 2, 2024, 429-446.

Akarsu, R., Genç, H., "Erzurum-Pulur Höyük 2021 Yılı Kazı Çalışmaları", T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı 42. Uluslararası Kazı, Araştırma ve Arkeometri Sempozyumu", *Sempozyum Bildiriler Kitabı*, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayını, 4, 2023, 447-458.

Akarsu, R., H. Genç, E. Şener, S. S. Akarsu, F. Kotan Koçli, B. C. Doğan, B. Keleş. "Erzurum-Pulur Höyük 2023 Yılı Kazı Çalışmaları*", 42. Kazı Sonuçları Toplantısı*, 2025, (Baskıda).

Anderson, John, D*., Introduction Toflight [Uçuşa Giriş]*, McGraw-Hill Series in Aeronautical and Aerospace Engineering (3d edition), NewYork 1989. .

Armağan, S., Korumaz, G., Yıldız, F., "Positional Accuracy Assessment of Digital Orthophoto Based on UAV Images: An Experience on an Archaeological Area" [İHA Görüntülerine Dayalı Sayısal Ortofotonun Konumsal Doğruluk Değerlendirmesi: Arkeolojik Bir Alan Üzerinde Bir Deneyim], *Heritage*, 4(3), 2021, 1304-1327. . DOI:10.33 90/heritage4030071.

Ata, M., *Türkiye'de Ulusal Haritacılığın Kurumsallaşma Süreci*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Türk İnkılap Tarihi Enstitüsü, Ankara 2007.

Awange, Joseph L., Kiema, John B. K., *Environmental Geoinformatics Monitoring and Management, [Çevresel Jeoenformatik İzleme ve Yönetimi]*, Springer, Heidelberg 2013, . doi.10.1007/978-3-642-34085-7.

Aydın, İ., Oso, C., Yaşar, M., Polat, N.; "Tarihi Kızılkoyun Nekropol Alanında M.54 No.lu Kaya Mezarının Fotogrametri ile 3B Modellenmesi", *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5(1), 2023, 36-42.

Bedford, J., *Photogrammetric Applications for Cultural Heritage: Guidance for Good Practice [Kültürel Mirasa Yönelik Fotogrametrik Uygulamalar: İyi Uygulama Rehberi]*, Historic England, 2017.

Bingöl, A., "Kars ve Çevresinde Karaz Yerleşmeleri", *Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18, 2016, 487-502.

Blersch D., Held C., Mettenleiter M., Fröhlich C., "Towards Sustainable Digitization: Technology Solutions for Complex and Challenging Survey Projects" [Sürdürülebilir Dijitalleşmeye Doğru: Karmaşık ve Zorlu Araştırma Projeleri için Teknoloji Çözümleri], Ioannides, M., Patias, (Ed.), *P3D Research Challenges in Cultural Heritage III. Lecture Notes in Computer Science*, Springer Cham., 2023.

Buğdaycı, İ., "Optik Yanılsama" *Bilim ve Teknik Dergisi*, TUBİTAK, 488, 2008, 14-17.

Burdziakowski, P., "Uav in Todays Photogrammetry Applicatıon Areas and Challenges", [Günümüz Fotogrametrisinde İha Uygulama Alanları ve Zorluklar], *18th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference*, SGEM, 2018, 241-248.

Buzón, C. Marín, Romero, A., Pérez, Castro, J. L. López, vd. "Photogrammetry as a New Scientific Tool in Archaeology: Worldwide Research Trends" [Arkeolojide Yeni Bir Bilimsel Araç Olarak Fotogrametri: Dünya Çapındaki Araştırma Trendleri], *Sustainability*, 13, 2021, 2-27. doi.org/10.3390/su13095319.

Canlı, G. Ali, Kurtoğlu İ., Canlı, M. Ozan, Tuna, Ö. Selman, "Dünyada ve Ülkemizde İnsansız Sualtı Araçları (İsaa-Auv&Rov) Tasarım ve Uygulamaları", *Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri (GİDB) Dergisi*, 4, 2015, 43-75.

Castagnetti, C., Rossi, P., Capra, A., "3D Reconstruction of Rock Paintings: A Cost-Effective Approach Based On Modern Photogrammetry For Rapidly Mapping Archaeological Findings" [Kaya Resimlerinin 3 Boyutlu Yeniden İnşası: Arkeolojik Bulguların Hızlı Haritalandırılması İçin Modern Fotogrametriye Dayalı Uygun Maliyetli Bir Yaklaşım], *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 364, 2018, 1-8.

Cepeda, M. F., Sang, M., M. de S. Freitas, Barbosa, F. H. Sousa, Vd., "Exploring Autonomous and Remotely Operated Vehicles in Offshore Structure Inspections" [Açık Deniz Yapı Denetimlerinde Otonom ve Uzaktan Kumandalı Araçların Araştırılması], *Journal of Marine Science and Engineering*, MDPI, 2023, 1-27. doi.org/10.3390/jmse 1111 2172.

Chatzistamatis, S., Tsekouras, G. E., Anagnostopoulos C. N., "The Quality in 3D Acquisition of Cultural Heritage Assets: Challenges and Risks" [Kültürel Miras Varlıklarının 3 Boyutlu Ediniminde Kalite: Zorluklar ve Riskler], I. Marinos, P. *Patias* (Ed.), *3D Research Challenges in Cultural Heritage III*, 2023, 65-76. https://doi.org/10.1007 /978-3-031-35593-6_4.

Costas A., Patias, P., *Unmanned Vehicle Systems for Geomatics: Towards Robotic Mapping*, [Geomatik İçin İnsansız Araç Sistemleri: Robotik Haritalamaya Doğru], Whitles Publishing, Scotland 2019.

Costas, A., Li-Chee-Ming, J., Persad R. Ancil, "Fundamentals For Uvs Data Collection and Processing" [UVS Veri Toplama ve İşlemenin Temelleri], *Unmanned Vehicle Systems for Geomatics Towards Robotic Mapping*, Scotland 2019, 28-66.

Crone, D. R., *Elementary Photogrammetry, [Temel Fotogrametri]*, Frederick Ungar Publishing Co., NewYork 1968.

Cuny, H., David, *Photography of Archaeologıcal Artefacts, The Basic Know-How For The Non-Photographer, [Arkeolojik Eserlerin Fotoğrafı, Fotoğrafçı Olmayanlar için Temel Bilgi Birikimi]*, 2021. doi:10.13140/ RG.2.2.21019.80168.

Çetinkaya, S. Göktürk, Koç, M., "Türkiye'nin İnsansız Hava Araçları Serüveni", *Anadolu Strateji Dergisi*, 5(1), 2023, 1-27.

Çınar, A. Özgür, *Levant Havzasında Bulunan Doğal Gaz Kaynaklarının İsrail-Ürdün İlişkilerine Etkileri*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul 2019.

Çolak, Ş.T., Çolak, A. T.; "Aksaray Müzesinde Bulunan Asklepios ve Kartal Heykelinin 3B Modellenmesi", *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5(1), 2023, 1-6.

Dallas, R. W. A., "Architectural and Archaeological Photogrammetry" [Mimari ve Arkeolojik Fotogrametri], K. B. Atkinson, (Ed.) *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*, Whittles Publishing, London 1996, 440-470.

Deep, B. Vikas, Sarkar T., "Holographic Projection and Its Applications in Future" [Holografik Projeksiyon ve Gelecekteki Uygulamaları], *International Journal of Science Technology & Management*, 4(1), 2015, 525-535.

Dell'Unto, N., Landeschi, G., *Archaeological 3d Gis, [Arkeoloji de 3 Boyutlu CBS]*, Taylor&Francis Group, London 2022. doi: 10.4324/9781003034131.

Donadio E., Sambuelli L., Spanò, A., Picchi D., "Three-Dimensional (3D) Modelling and Optimization for Multipurpose Analysis and Representation of Ancient Statues" [Antik Heykellerin Çok Amaçlı Analizi ve Üç Boyutlu (3B) Gösterimi için Modelleme ve Optimizasyon], F. Remondino, A. Georgopoulos, D. G. Aguilera, (Ed.), *Panagiotis AgrafiotisLatest Developments in Reality-Based 3D Surveying and Modelling*, MDPI AG, Basel 2018, 95-118. doi:10.3390/books978-3-03842-685-1/6.

Doneus, M., Wieser, M., Verhoeven, G., Vd. "Automated Archiving of Archaeological Aerial Images" [Arkeolojik Belgelerin Otomatik Arşivlenmesi Hava Görüntüleri], *Remote Sensing*, Molecular Diversity Preservation International MDPI, 8 (209), 2016, 1-22. doi:10.3390/rs8030209.

Döş, M. Emre, Yiğit, A. Yasin, "Küçük Ölçekli Tarihi Eserlerin Fotogrametri Yöntemi ile 3B Modellenmesi ve WEB Tabanlı Görselleştirilmesi", *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5(1), 2023, 20-28.

Duran, Z., Atik M. Enes, Çelik, M. Furkan, "Yersel Fotogrametrik Yöntem ile Yersel Lazer Taramanın Karşılaştırılması ve Doğruluk Analizi", *Harita Dergisi,* 158, 2017, 20-25.

Eisenbeiss, H., Sauerbier, M., "Data Acquisition and Mapping", [Veri Toplama ve Haritalama], *Unmanned Vehicle Systems for Geomatics Towards Robotic Mapping*, Scotland 2019, 176-194.

Enterprises, E., *Aerial Photogrammetry, [Hava Fotogrametrisi]*, Ezekiel Enterprises LLC, Florida 2023.

Erkan, H., Seylam, S. Gökşün, Yaşayan, A., *Arazi Yönetimi Terimleri,* TMMOB Yayınları, Ankara 2010.

Ersoy, N., Çetin, İ., "Tarihi Yapılarda Dron Kullanarak Fotogrametrik 3B Nokta Bulutu Üretimi ile Rölöve Yapımı", *Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Dergisi*, 4 (2), 2023, 29-39.

Evinay, K., *Haritacılık Terimleri Sözlüğü*, Harita Genel Müdürlüğü Matbaası, Dikimevi, Ankara 2003.

Forlani, G., Pinto, L., Roncella, R., Pagliari, D., "Terrestrial Photogrammetry Without Ground Control Points" [Yer Kontrol Noktaları Olmadan Yersel Fotogrametri], *Earth Sci Inform*,7, 2014, 71-81. https:// doi. org/10.1007/s12145-013-0127-1.

Fritsch, D., "The Photogrammetric Week Series A Centennial Success Story" [Fotogrametrik Hafta SerisiAsırlık Bir Başarı Hikayesi], *Photogrammetric Week '05*, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg 2005, 1-12.

Geodetic System, *Basics of Photogrammetry, [Fotogrametrinin Temelleri]*, Geodetic Services, Inc., Melbourne 2023, 4.

Gonzalez, Rafael, C., Woods, Richard, E., *Digital Image Processing, [Dijital Görüntü İşleme]*, (Thirt Edition), Pearson Education, Inc., New Jersey 2008, .

Grip, W. M., Grip, R. W., Morrison, R. D., "Application of Aerial Photography and Photogrammetry in Environmental Forensic Investigations", [Hava Fotoğrafçılığı ve Fotogrametri Uygulamaları Çevresel Adli İncelemeler], *Journal of Environmental Forensics*, 1, 2000, 121-129. doi:10.1006/enfo.2000.0014.

Guery, J., Hess, M., Mathys, A., "Photogrametry" [Fotogrametri], A. Bentkowska, L. Macdonald (Ed.), *Digital Techniques For Documenting And Preserving Cultural Heritage,* Arc Humanities Press, 2017, 229-236.

Gül, M. Samet, *Sualtı Kültür Mirası'nın Belgelenmesinde Güncel Fotogrametri Yöntemleri*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi Akdeniz Uygarlıkları Araştırma Enstitüsü, Antalya 2021.

Gündoğdu, H., Bayhan, A. Ali, Arslan, M., *Sanat Tarihi Açısından Erzurum,* Zafer Ofset, Erzurum 2010.

Güneri, A. Semih, "Erzurum Karaz, Pulur ve Güzelova'da Geç Karaz Kültürü Evresi Yerleşmeleri ile İlgili Arkeolojik Keşifler, *Doğudan Yükselen Işık Arkeoloji Yazıları Atatürk Üniversitesi 50. Kuruluş Yıldönümü Arkeoloji Bölümü Armağanı*, B. Can-M. Işıklı (Ed.), 2007, 267-324.

Gürel B., *Phaselis Kuzeybatı Nekropolis: Tipoloji Belgeleme ve Arşivleme*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi Akdeniz Uygarlıkları Araştırma Enstitüsü, Antalya 2016.

Hallert, B., *Photogrammetry: Basic Principles and General Survey, [Fotogrametri: Temel Prensipler ve Genel Bakış]*, McGraw-Hill Book Company, Inc., London 1960.

Hamal, S. N., Gamze, Ulvi, Vd., "Su Altı Yapılarının 3B Modellemesi ve Dokümantasyonunda Kullanılan Video ve Fotoğraf Çekimi Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi", *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(4), 2022, 2262-2275. https://doi.org/10.2 1597/jist.1086297.2263-2264.

Hamilton T., *Photography: Equipment, Techniques, [Fotoğrafçılık: Donanım, Teknikler]*, Britannica Educational Publishing, NewYork 2017, .

Heipke, C., *Photogrammetrie und Fernerkundung, [Fotogrametri ve Uzaktan Algılama],* Springer Spektrum, Berlin 2017, 11-14. doi.10.1007/978-3-662-47094-7.

Heno, R., Chandelier, L., *3D Modeling of Buildings, [Binaların 3D Modellenmesi]*, A., Ruas, (Ed.), ISTE Ltd., Londra 2014.

Howland, M. D., Kuester, F., Levy, T. E., “Photogrammetry in The Field: Documenting, Recording, And Presenting Archaeology” [Sahada Fotogrametri: Arkeolojiyi Belgeleme, Kaydetme ve Sunma], *Mediterranean Archaeology and Archaeometry,* 14(4), 2014, 101-108.

Howland, Matthew, D., Kuester, F., Levy, Thomas, E., “Photogrammetry in The Field: Documenting, Recording, and Presenting Archaeology” [Sahada Fotogrametri: Arkeolojinin Belgelenmesi, Kaydedilmesi ve Sunulması], *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 14(4), 2014, 101-108.

Ioannides, M., Patias, P., *3D Research Chalanges in Cultural Heritage III*, [Kültürel Mirasta 3 Boyutlu Araştırma Zorlukları], Springer International Pulishing, Cham 2023. doi: https://doi.org /101 007/978-3-031-35593-6.

Işıklı, M., Can, B., “Türk Tarih Kurumu Adına Erzurum Bölgesinde Yürütülen Araştırmaların Son Dönem Verileri Işığında Genel Bir Değerlendirmesi”, *XV. Türk Tarih Kongresi Bildiriler Kitabı*, Türk Tarih Kurumu Basımevi, 1, 2010, 43-50.

De Reu, J., De Clercq, W., Sergant, J., Deconynck, J., Laloo, P., "Orthophoto Mapping and Digital Surface Modeling for Archaeological Excavations an İmage-Based 3D Modeling Approach" [Arkeolojik Kazılar İçin Ortofoto Haritalama ve Dijital Yüzey Modelleme, Görüntü Tabanlı 3D Modelleme Yaklaşımı], *2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*, 2013, 205-208. doi:10.1109/DigitalHeri tage.2013.6743734.

Joshua, J., *The Practıce Of Perspective: Being The Second Book of Dr. Brooke Taylor's Method Of Perspective Made Easy [Perspektif Uygulaması: Dr. Brooke Taylor'un İkinci Kitabı Perspektif Yöntemi Artık Daha Kolay]*, Second Book, Londra 1755.

Kaçarlar, Z., "Küçük Objelerin Üç Boyutlu (3B) Modellenmesinde Kullanılan Teknikler", *Türkiye Lidar Dergisi*, 5(1), 2023, 8-16. doi.org/10.51946/ melid. 129788.

Kafel, Anna B., McDonald L., *Digital Techniques for Documanting and Preserving Cultural Heritage*, [Kültürel Mirasın Belgelendirilmesi ve Korunması İçin Dijital Teknikler], Arc Humanties Press, Bradford, 2017.

Kahveci, M., Can, N., "İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, Tanımı, Dünyada ve Türkiye'deki Yasal Durumu*", Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4), 511-535.

Kasser, M., Egels, Y., *Digital Photogrammetry, [Dijital Fotogrametri]*, Taylor&Francis Group, Londra 2004.

Kavruk, M. Nadir, *Dijital Topoloji Üzerine*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın 2019.

Kaya, Y., Yiğit, A. Yasin, "Dijital El Kameraları Kullanılarak Kültürel Mirasın Belgelenmesi*", Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2020, 2(2), 33-38.

Kelly, K., Wood, Rachel K. L., *Digital Imaging of Artefacts: Developments in Methds and Aims, [Eski Eserlerin Dijital Görüntülenmesi: Yöntem ve Amaçlardaki Gelişmeler]*, Archheopress Publishing Ltd., Oxford 2018.

Kersten, T. P., Tschirschwitz, F., Deggim, S., Lindstaedt, M., "Step into Virtual Reality-Visiting Past Monuments in Video Sequences and as Immersive Experiences" [Sanal Gerçekliğe Adım Atın-Geçmiş Anıtları Video Dizilerinde ve Sürükleyici Deneyimler Olarak Ziyaret Etmek], F. Remondino, A. Georgopoulos, Diego González Aguilera (Ed.), *Panagiotis AgrafiotisLatest Developments in Reality-Based 3D Surveying and Modelling*, 2018, 192-218. . doi:10,3390/ books978-3-03842-685-1/10.

Kıvanç, H., *Kültürel Miras Belgeleme Çalışmalarında Fotogrametrik Yöntem ile Yersel Lazer Tarama Yönteminin Karşılaştırılması*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya 2019.

Kimball, Justin, J. L., *3D Delineation: A Modernisation of Drawing Methodology For Field Archaeology [3B Tasvir: Saha Arkeolojisi İçin Çizim Metodolojisinin Modernizasyonu]*, Archaeopress Publishing, Oxford 2016, (www.archaeopress.com e-kitap), .

Konyalı, İ. Hakkı, *Abideleri ve Kitabeleri ile Erzurum Tarihi*, İstanbul 1960.

Kork, Elif, S., *Arkeolojik Araştırmalarda Kültürel Mirasın Belgelenmesi ve İzlenmesi Sürecinde Fotogrametri'nin Uygulama Alanları*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Muğla 2006.

Koşay, H. Zübeyir, "Pulur Kazısı 1960*", Türk Arkeoloji Dergisi*, 16, 1961, 25-28.

Koşay, H. Zübeyir, *Erzurum ve Çevresinin Dip Tarihi*, Ayyıldız Matbaası, Ankara 1984.

Koşay, H. Zübeyir, Turfan, K., "Erzurum Karaz Kazı Raporu", *Belleten Dergisi*, Türk Tarih Kurumu Yayınları, 23(91), 1959, 349-414.

Koşay, H. Zübeyir, Vary, H., *Pulur Kazısı 1960 Mevsimi Çalışmaları Raporu*, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara 1960.

Koşay, H. Zübeyir, Vary, H., *Pulur Kazısı 1960 Mevsimi Çalışmaları Raporu*, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara, 1964.

Küçükyıldız İ., *Kazı ve Yüzey Araştırmaları Işığında Erzurum ve Çevresinde Demir Çağ Mimarisi*, (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum 2022.

Linder, W., *Digital Photogrammetry a Pratical Course, [Dijital Fotogrametri Uygulamalı Bir Kurs]*, Springer Science and Business Media, Düsseldorf 2006.

Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S., Boehm, J., *Close-Range Photogrammetry and 3D Imaging*, [Yakın Mesafe Fotogrametrisi ve 3D Görüntüleme], (Two Edition), Berlin/Boston 2014.

Madani, M., "Importance of Digital Photogrammetry For a Complete GIS", [Eksiksiz Bir CBS İçin Dijital Fotogrametrinin Önemi], *5th Global Spatial Data Infrastructure Conference*, 2001, 1-10.

Magnani, M., Douglass, M., Schroder, W., Vd. "The Digital Revolution to Come: Photogrammetry in Archaeological Practice" [Dijital Devrim Geliyor: Arkeolojik Uygulamalarda Fotogrametri], *American Antiquity*, 85(4), Cambridge University Press, 2020, 737-760.

Makineci, Hasan B., "İnsansız Hava Araçları Lidar Etkileşimi", *Geomatik Dergisi*, 1(1), 2016, 19-23.

Mande, S., *Étude Sur La Photogrammétrıe Applıquée Aux Monuments Hıstorıques, [Tarihi Anıtlarda Fotogrametri Uygulamaları]*, İnternational of Monument and Sites, Paris 1969. (Fransızca).

McCarthy, John, K., Benjamin, J., Winton T., Duvenvoorde, W. von, *3D Recording and Interpretation for Maritime Archaeology,* [Sualtı Arkeolojisi İçin 3 Boyutlu Kayıt ve Yorumlama], 3D Modelling and Interpretation for Undervater Archaeology Workshop, Flinder Univercity, Cham 2019. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-03635-5.

McCarthy, John, K., Benjamin, J., Winton T., Duvenvoorde, W. von, "The Rise of 3D in Maritime Archaeology" [Denizcilik Arkeolojisinde 3B'nin Yükselişi], *3D Recording and Interpretation for Maritime Archaeology*, Springer, 2019, 1-10. doi. 10.1007/978-3-030-03635-5.

McGlone, J. C., Mikhail, E. M., Bethel, J., *Manual Of Photogrammetry, [Fotogrametrinin El Kitabı]*, (Fifth Edition), American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Maryland 2004, .

Menna, F., Nocerino, E., Remondino, F., "Photogrammetric Modelling of Submerged Structures: Influence of Underwater Environment and Lens Ports on Three" [Batık Yapıların Fotogrametrik Modellenmesi: "Sualtı Ortamının ve Mercek Portlarının Üç Boyutlu (3D) Ölçümlere Etkisi], *Dimensional (3D) Measurements*, MDPI, 2018, 279-307, . https://doi.org/10.3390/books978-3-03842-685-1-13.

Metroloji, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü, Kocaeli 2013, 16-23.

Moffit, F. H., Mikhail, E. M., *Photogrammetry*, [Fotogrametri], (Third Edition), Harper & Row, Publisher Inc., NewYork 1980.

Moffit, F. H., *Photogrammetry*, [Fotogrametri], Russel C. Brinker (Ed.), Univercity of Calofornia, Calofornia 1967.

Özdural, A., "Bir Mimari Fotogrametri Uygulaması-Karacabey Türbesi", *Vakıflar Dergisi*, 9, 2006, 227-238.

Papers From the 37th Annual Meeting, [37. Yıllık Toplantı Bildirileri], *American Society of Photogrammetry,* Virginia 1971.

Patias, P., "Cultural Heritage Documentation" [Kültürel Miras Belgelendirmesi], J., Fryer, H., Mitchell, J. Chandler, (Ed.) *Applications of 3D Measurement from Images*, 2007, 225-258.

Pehlivan, S., “Erzurum İlinde Yapılan Kazılar Hakkında Bir Değerlendirme”, *Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17, 2016, 241-265.

Pierre Drap, “Underwater Photogrammetry for Archaeology” [Arkeoloji için Sualtı Fotogrametrisi], D. Carneiro da Silva, (Ed.), *Special Applications of Photogrammetry*, InTech, 2012, 111-136, .

Polidori L., “On Laussedat’s Contribution to the Emergence of Photogrammetry” [Laussedat'ın Fotogrametrinin Ortaya Çıkmasına Katkısı Üzerine], *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* XLIII (B2), 2020, 893-899. Doi:10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-893-202.

Principles Of Photogrammetry and Remote Sensing, [Fotogrametri İlkeleri ve Uzaktan Algılama], *Department of Geography and Natural Resource Management School of Earth and Environmental Science Uttarakhand University,* Uttarakhand, India 2023, .

Romandino, F., Georgopoulos, A., Gonzales A. Diego, Agrafiotis. P., *Latest Developments in Reality Based 3D Surveying and Modelling,* [Gerçeğe Dayalı Üç Boyutlu Ölçme ve Değerlendirmede Son Gelişmeler], MDPI, Basel 2018.

Schenk, T., *Digital Photogrammetry, [Dijital Fotogrametri]*, The Ohio State University, TerraScience, Ohio 1999.

Schindler, K., Förstner, W., “Photogrammetry”, K. Ikeuchi (Ed.), *Computer Vision A Reference Guide, [Bilgisayarla Görme Referans Kılavuzu]*, (Second edition), Springer Nature, 2021, 968-975. doi.org/10.100 7/978-3-030-63416-2.

Schwidefsky, K., Ackermann, F., *Photogrammetrie: Grundlagen, Verfahren, Anwendungen, [Fotogrametri: Temel Bilgiler, Yöntemler, Uygulamalar]*, B. G. Teubner Stuttgart, (7 Aufl), 1976, 21-63. Doi. 10.1007/978-3-322-94008-7.

Sertalp, E., “Stereoscopic Fotoğrafın Üretim Süreci ve Günümüzdeki Uygulamasına Bir Örnek: “Ayağıma Gelen Tarih” Projesi”, *Hacettepe Üniversitesi İletişim Fakültesi Kültürel Çalışmalar Moment Dergisi*, 3(1), 2016, 248-264. doi:10.17572/mj2016.1.248264.

Stojaković, V., "Terrestrial Photogrammetry and Application to Modeling Architectural Objects" [Yersel Fotogrametri ve Mimari Nesnelerin Modellenmesine Uygulama], *Facta Universitatis Architecture and Civil Engineering Series*, 6(1), 2008, 113-125. doi: 10.2298/FUA CE0801113S.

Strunz, G., Martinis, S., Schöpfer, E., "Beiträge der Fernerkundung zur Unterstützung des Katastrophenmanagements und der Humanitären Hilfe", [Afet Yönetimi ve İnsani Yardıma Uzaktan Algılamanın Katkıları], *Photogrammetrie und Fernerkundung*, C. Heipke (Ed), Springer Spektrum, 2017, 813-830.

Suarez, M., Parke, F., Castro F., "A Procedural Approach to Computer Aided Modelling in Nautical Archaeology" [Denizcilik Arkeolojisinde Bilgisayar Destekli Modellemeye Prosedürel Bir Yaklaşım], J. McCarthy, J. Benjamin, T. Winton, W. van Duivenvoorde (Ed.), 3D Recording and Interpretation for Maritime Archaeology, Springer, 2019, 123-134. doi. 10.1007/978-3-030-03635-5.

Sürmen, H. K., "Fotogrametri ile Üç Boyutlu Tarama-3B Fotogrametri", *Mühendislik Alanında Uluslararası Araştırmalar I*, C. Özalp, E. Hürdoğan, (Ed.), Serüven Yayınevi, İzmir 2022.

Şenkal, E., *İnsansız Hava Aracı ile Elde Edilen Görüntülerden Üretilen Ortofoto ve Sayısal Yüzey Modellerinin Doğruluğunun Araştırılması*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir 2018.

Taylan, Ö., Deniz, R., Üstüner, M. "İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektörü ve İHA Fotogrametrisinin Ölçme Bağlamında Konumlandırılması", *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 3-6 Mayıs 2017 Bildirileri,* 2017, 1-8.

Teague, J., Miles, J., Connor, D., Vd., "Offshore Hydrothermal Venting Using Low-Cost ROV and Photogrammetric Techniques: A Case Study from Milos Island", [Düşük Maliyetli ROV ve Fotogrametrik Teknikler Kullanarak Açık Deniz Hidrotermal Havalandırmasını Keşfetmek: Yunanistan, Milos Adası'ndan Bir Vaka Çalışması], *Greece Preprints*, 2017, 1-18. doi.org/10.20944/preprints201710.0014.v1.

Teague, J., Scott, T. B., "Underwater Photogrammetry and 3D Reconstruction of Submerged Objects in Shallow Environments by ROV and Underwater GPS" [Sualtı Fotogrametrisi ve Sığ Ortamlarda Su Altındaki Nesnelerin ROV ve Sualtı GPS ile 3 Boyutlu Yeniden Oluşturulması], *Journal of Marine Science Research & Technology*, Open Access, 2017, 1-6.

Thampson, Morris, M. (Ed.), *Manual of Photogrammetry*, [Fotogrametrinin El Kitabı], America Society of Photogrammetry II, (Thirt Edition), Wisconsin 1966.

Tucci, G., Cini, D., Nobile, A., "Effective 3d Digitization of Archaeological Artifacts for Interactive Virtual Museum" [Etkileşimli Sanal Müze için Arkeolojik Eserlerin Etkili 3D Dijitalleştirilmesi], *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-5/W16, 2011, 413-420.

Uslu Koçyiğit, F., *Arkeolojik Alanlarda İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İçin Veri Tabanı Oluşturma: Anemurium Antik Kent Örneği*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya 2020.

Uygun, T., Özgüven, M. M., Altaş, Z., "Lidar (Light Detection and Ranging) Sensörlerin Tarımda Kullanımı", *International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference Proceedings Book*, 2019, 482-488.

Ün, H. İbrahim, *Erzurum Tortum İlçesinde Bulunan Mimari Eserler*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum 2019.

Villi, O., Yakar, M., "İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Sensör Tipleri" *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 4(2), 2022, 73-100. doi.10.51534/tiha.1189263.

Vlachos, M., Berger, L., Mathelier, R., Vd., "Software Comparison for Underwater Archaeological Photogrammetric Applications" [Sualtı Arkeolojik Fotogrametrik Uygulamaları için Yazılım Karşılaştırması], *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII (2), 2019, 1195-1201. doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-271-2019.

Wiśniewski, M., Wiśniewska, K., Zeman, "Photogrammetric Documentation of Archaeological Artefacts: The Current State of the Art and FutureProspects" [Arkeolojik Eserlerin Fotogrametrik Belgelenmesi: Sanatın Mevcut Durumu ve Gelecek Beklentileri], *Raport 14*, Narodowy Instytut Dziedzictwa, 2019, 167-176.

Wolf, Paul, R., *Elements of Photogrammetry (With Air Photo Interpretatıon and Remote Sensing)*, [*Fotogrametri Unsuru (Hava Fotoğrafı Yorumlama ve Uzaktan Algılama)]*, McGraw-Hill, Inc., NewYork 1974.

Yalçın, H. Gönül, "Karaz-/Kura-Aras-/Khirbet Kerak-Kültür Olgusu ve Tarihöncesi Bölgelerarası İlişkiler", *Colloquium Anatolicum*, Türk Eskiçağ Bildirileri Yayınları, 19, 2020, 169-182.

Yamafune, K., *Using Computer Vision Photogrammetry (Agisoft Photoscan) To Record and Analyze Underwater Shipwreck Sites, [Bilgisayarla Görme Fotogrametrisi Kullanarak (Agisoft Photoscan) Sualtı Gemi Enkazı Alanlarını Kaydetmek ve Analiz Etmek]*, (Yayımlanmamış Doktora Tezi) Texas A&M Üniversitesi Antropoloji Bölümü, Teksas 2016.

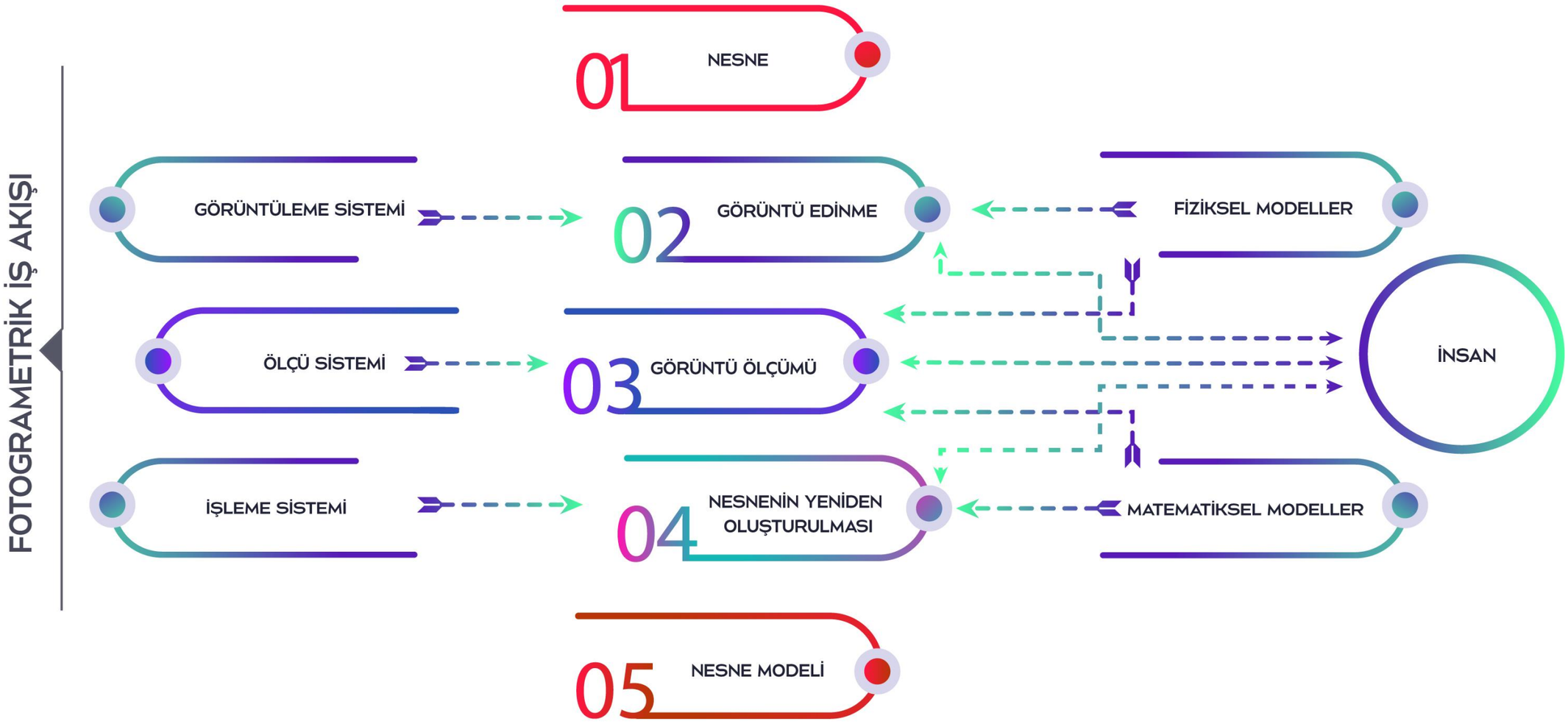
Yılmaz, A. Egemen, "Maviliklerde ki Neferler İnsansız Su Altı Araçları", *Bilim ve Teknik Dergisi*, 8, 2012, 60-64.

Yılmaz, H. Murat, Karabörk, H., Yakar, M., "Yersel Fotogrametrinin Kullanım Alanları", *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(1), 2000, 18-28.

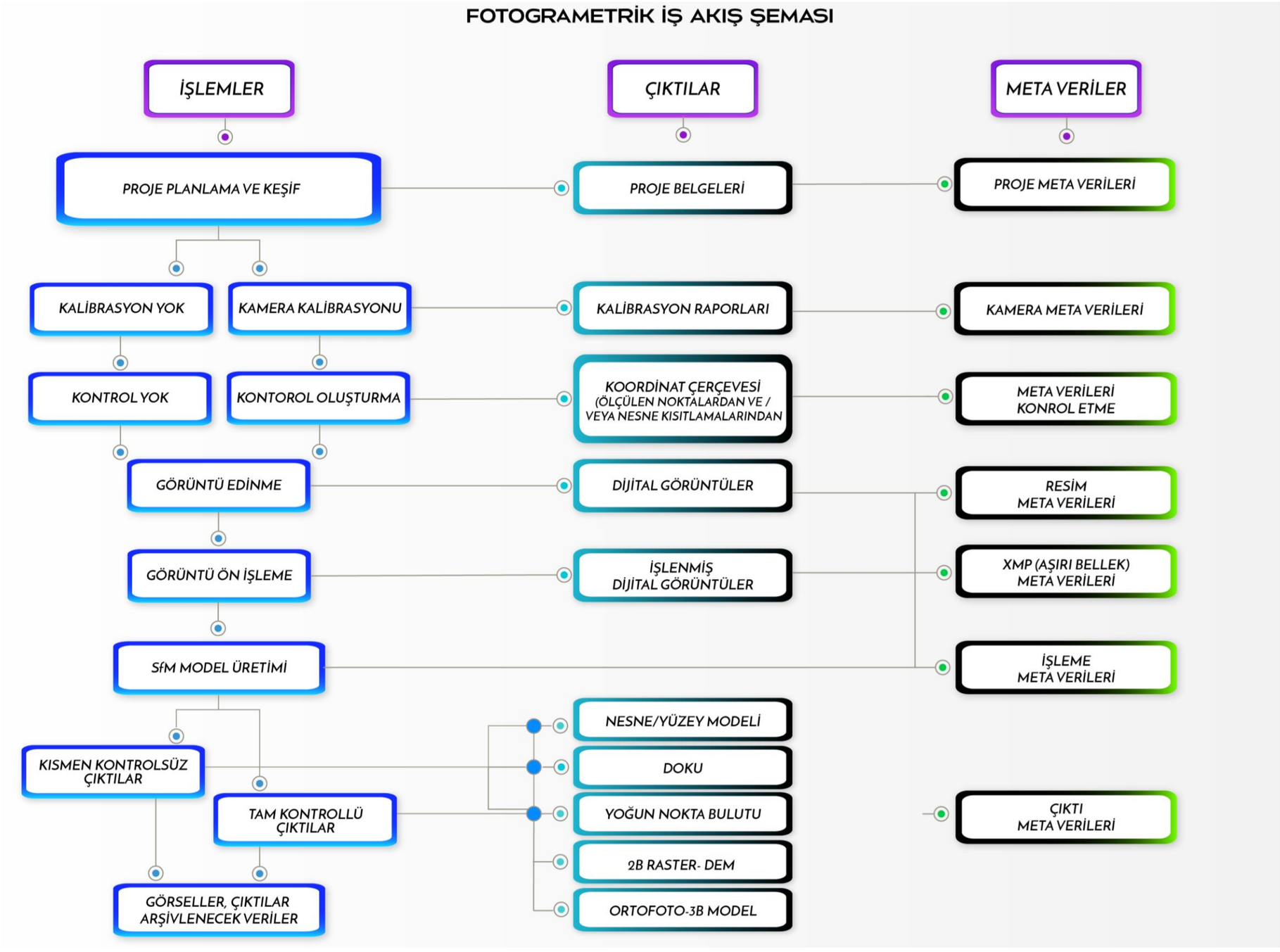
Zeller, M., *Text Book Of Photogrammetry, [Fotogrametri Metin Kitabı]*, (İng. Çev. E. A. Miskin, R. Powell), Londra 1952, .

EKLER

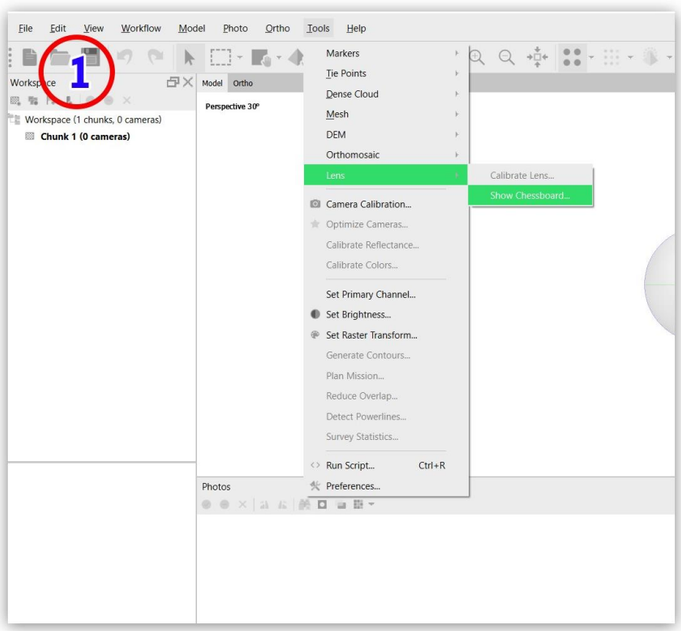
EK 1. Fotogrametrik İş Akış Şeması-I

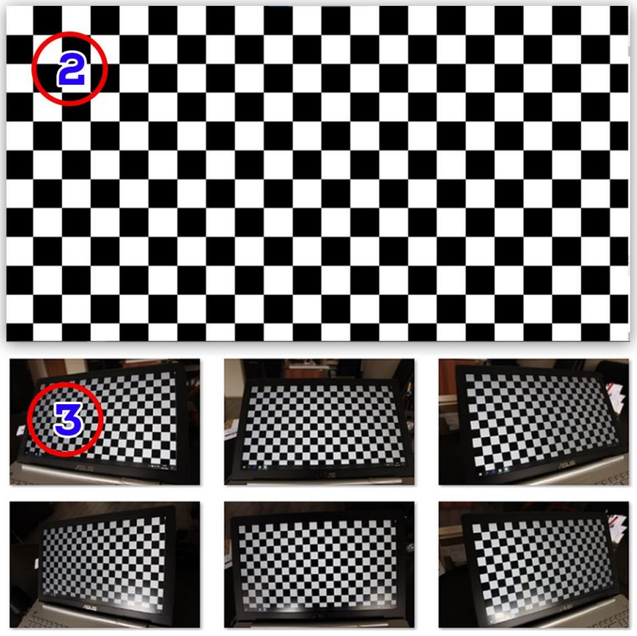


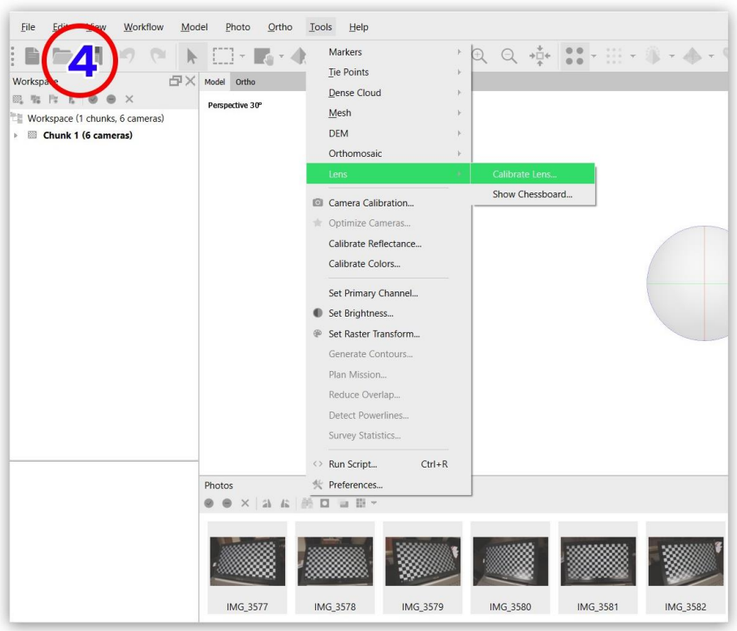
EK 2. Fotogrametrik İş Akış Şeması-II

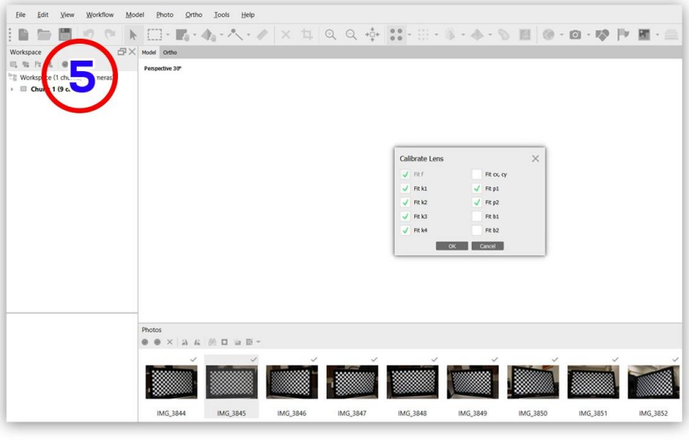


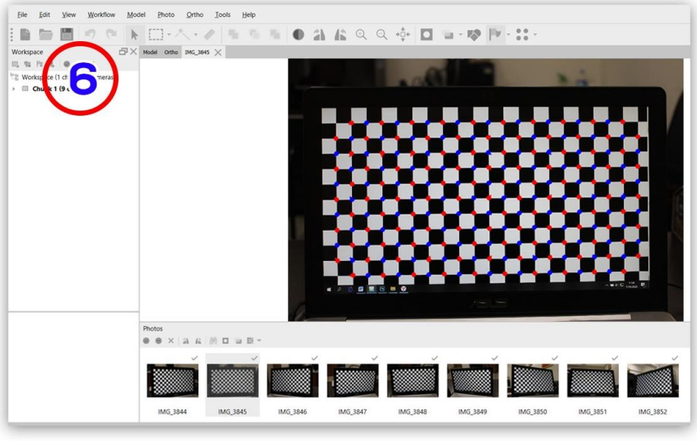
EK 3. Kamera Kalibrasyon Ayar Tablosu

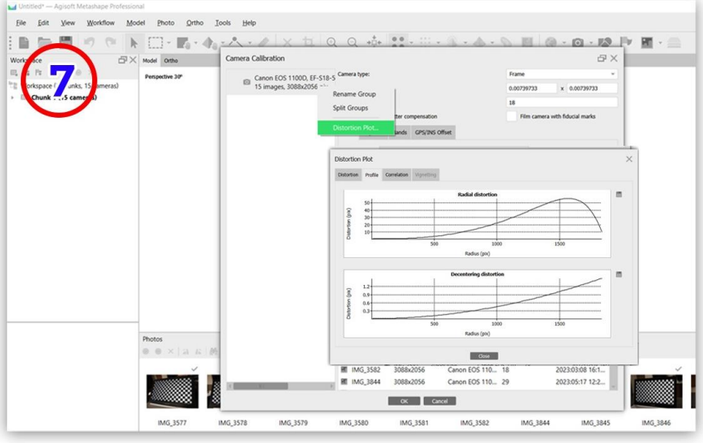




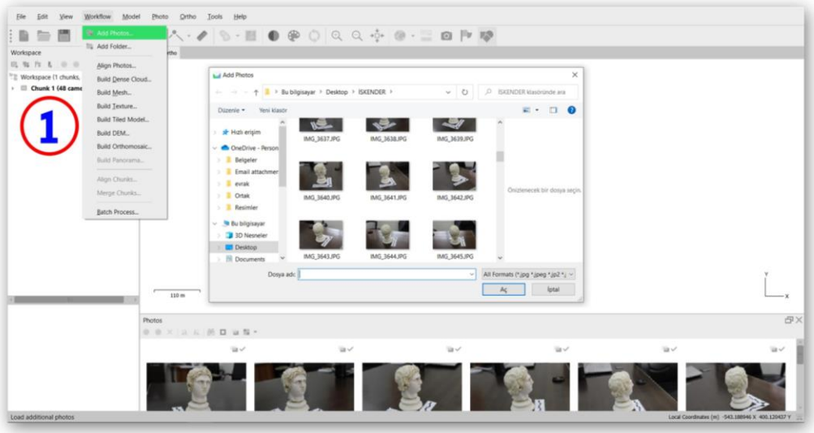


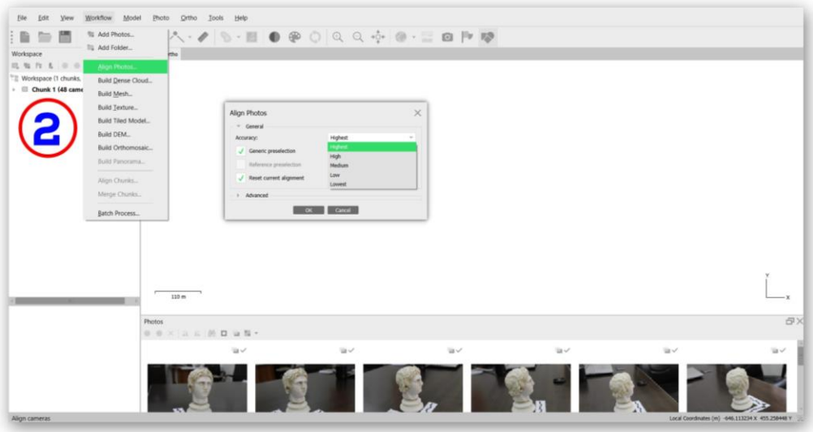


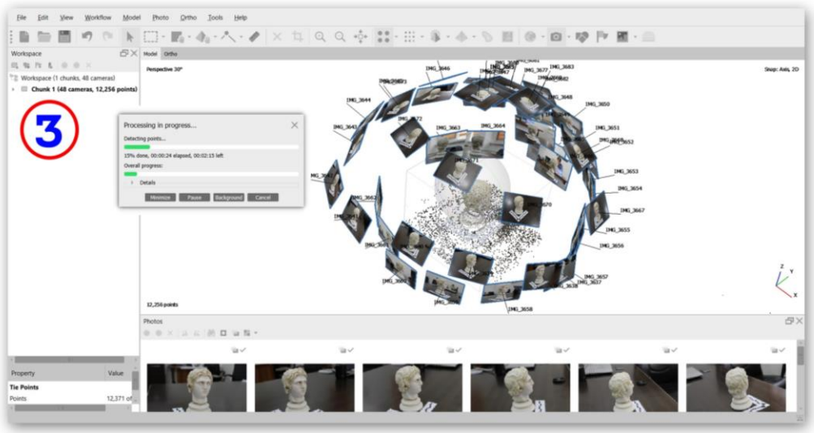


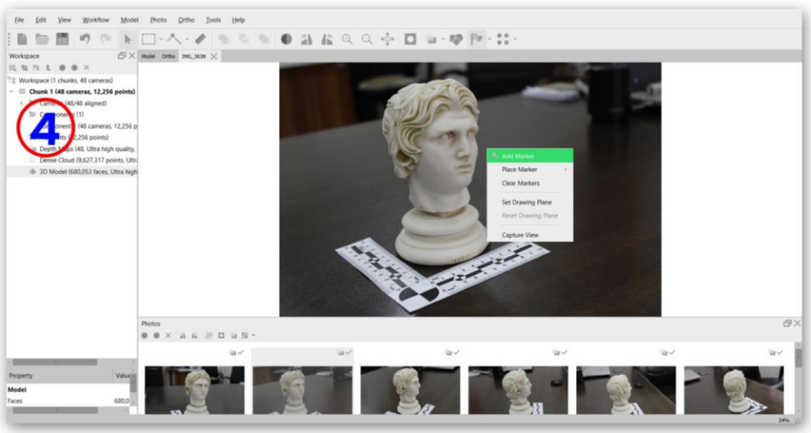


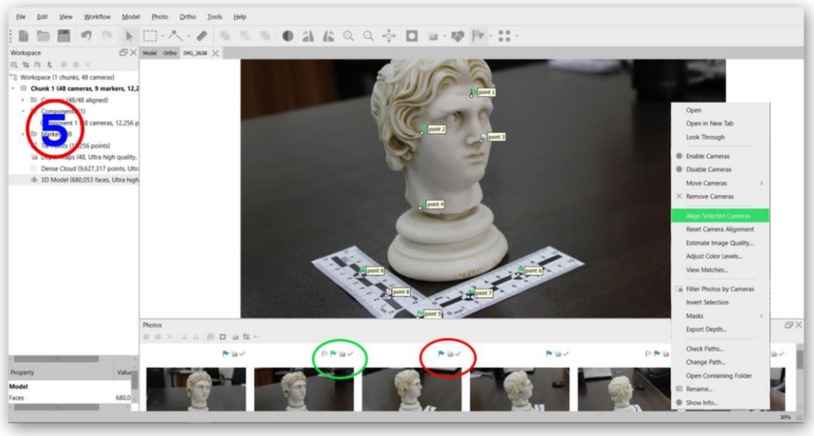
EK 4. Fotoğrafların Programa Yüklenmesi Ve Seyrek Nokta Bulutu Oluşumu

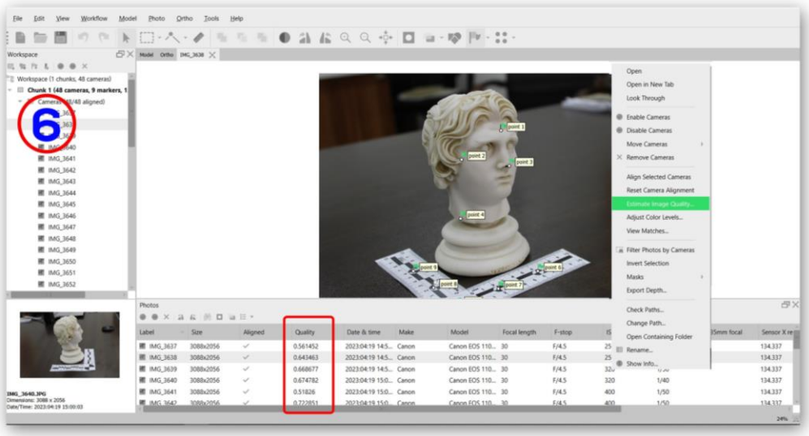




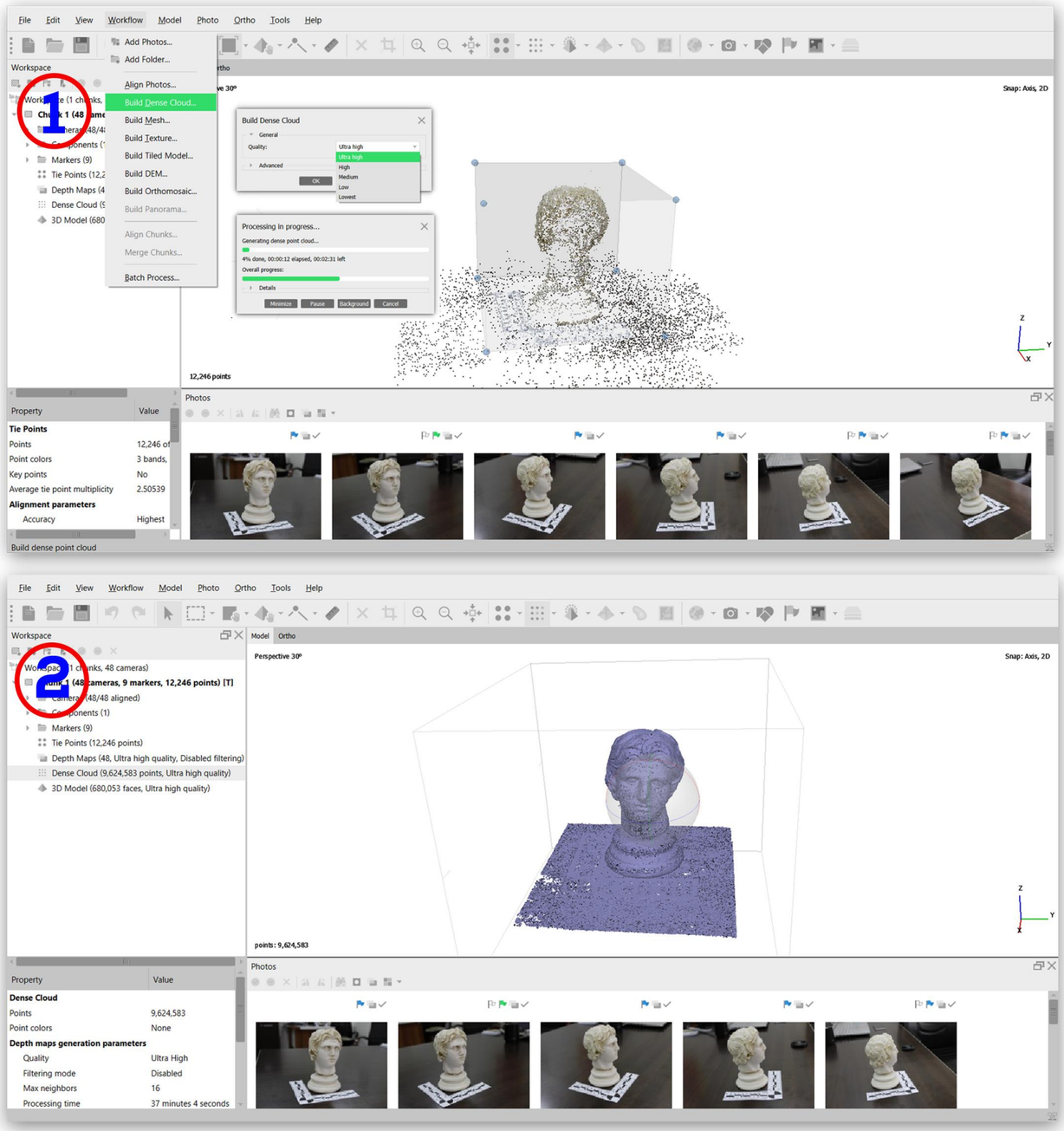




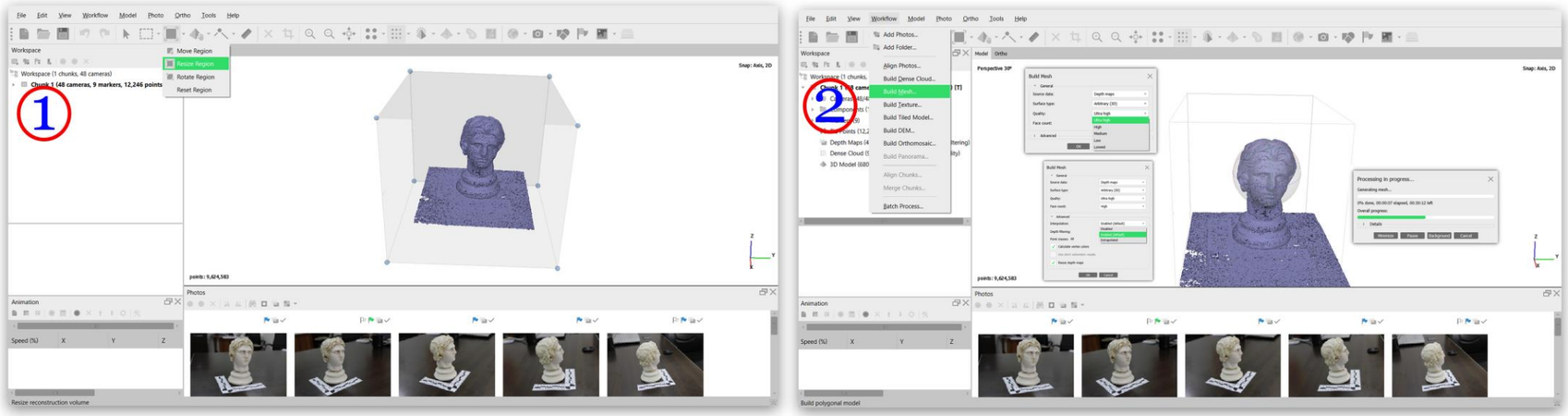




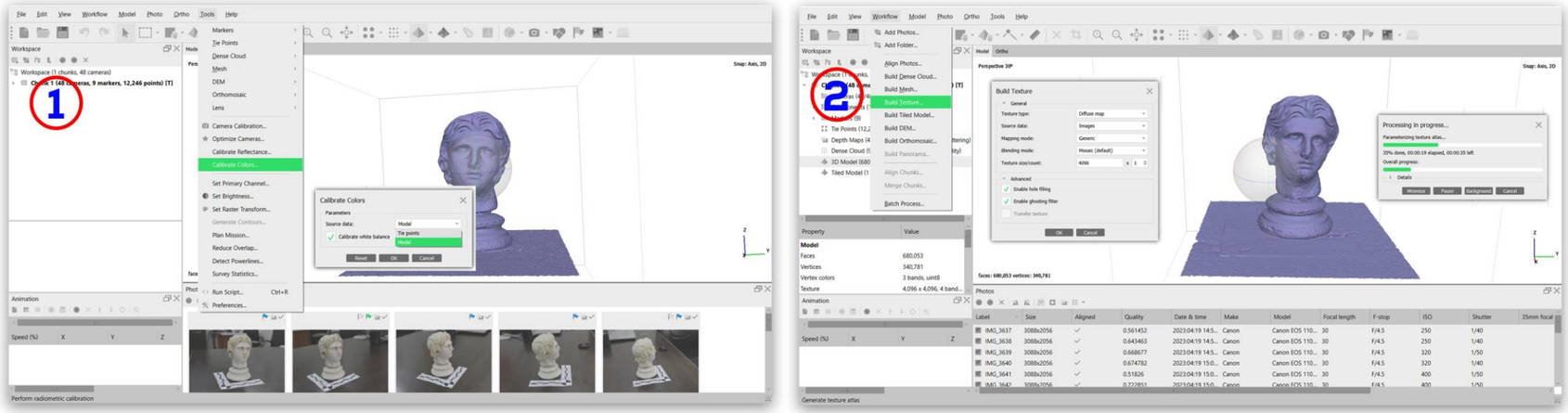
EK 5. Yoğun Nokta Bulutu-Model Modelinin Oluşumu



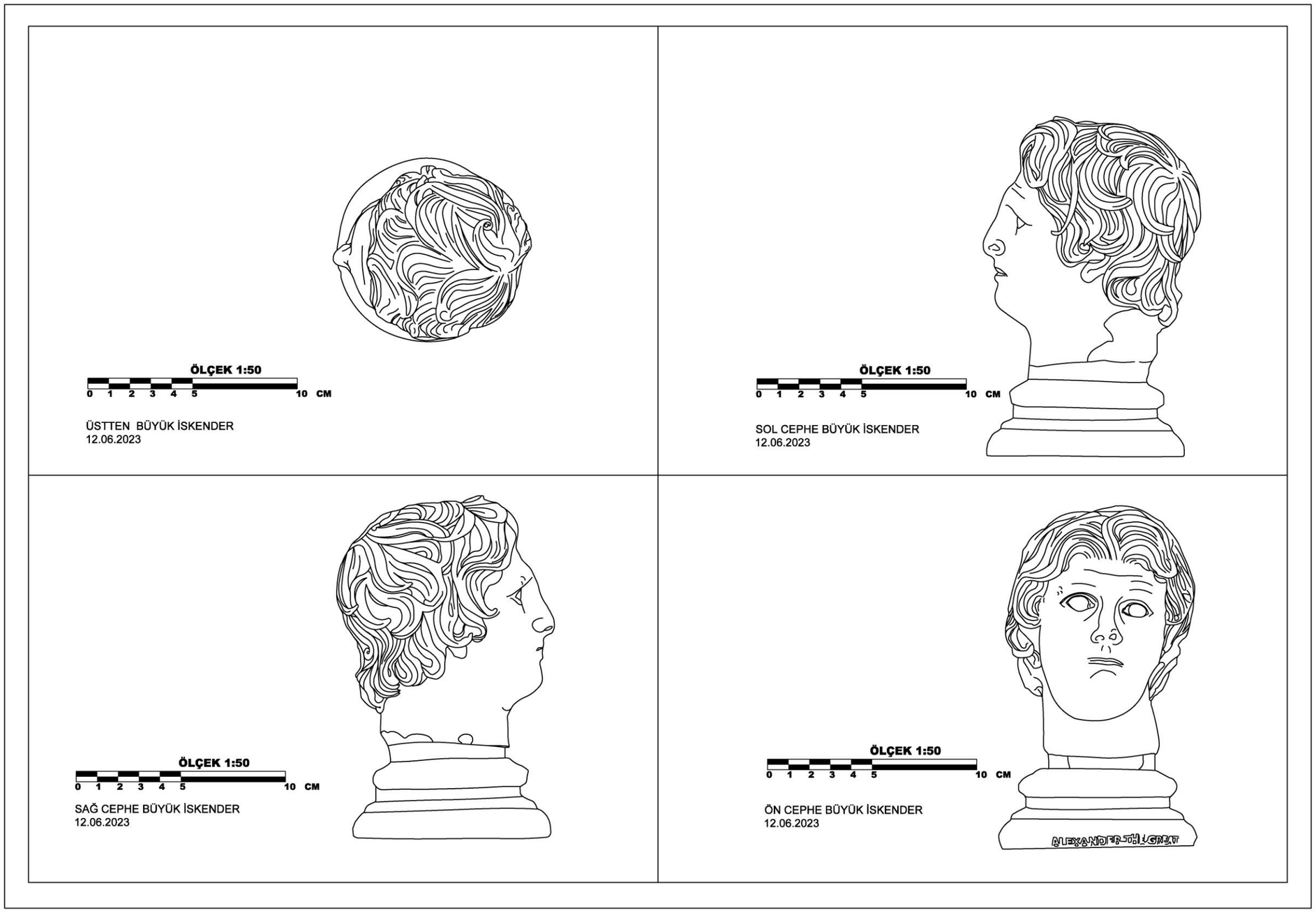
EK 6. Nokta Bulutu Verileri İle Model Ağı Oluşumu



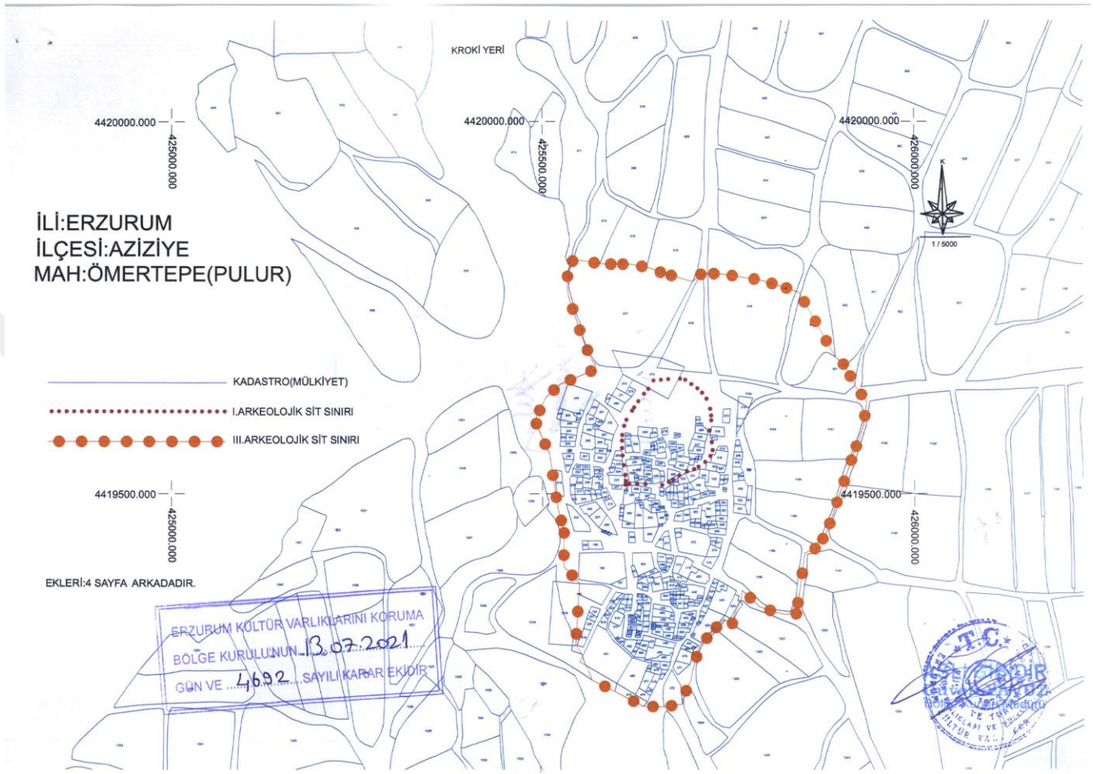
EK 7. Nokta Bulutu Verileri İle Yüzey Doku Modeli Oluşumu



EK 8. Ortofoto Görüntüleri Üzerinden Autocad İle Çizim Yapma



EK 9. Pulur Höyük Sit Sınırları ve Tescil Fişi



AVRUPA KONSEYİ — TÜRKİYE

DOĞAL VE KÜLTÜREL VARLIKLARI KORUMA ENVANTERİ
ESKİ ESERLER VE MÜZELER GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

D.K.V.K.E. SİT

ENVANTER NO : 25.00.2/0.2
HARİTA NO. : -

İLİ : Erzurum | İLÇESİ : İLİCA | MAHALLE, KÖY veya MEVKİİ : Ömertepe(Pulur) | KADASTRO PAFTA | ADA : | PARSEL :

ADI : Pulur Höyük

GENEL TANIM :

Erzurum'un 17km batısında Erzurum-Erzincan karayolunun 5km.güneyinde yer alır.1960 yıllarında Atatürk Üniversitesince H.Zübeyir Koşay ve Hermann Varey tarafından kurtarma kazısı yapılmıştır.Kalkolitik ve İlk Tunç devri eserleri ele geçmiştir.Ele geçen buluntulara dayanılarak buranın M.Ö.2700 yıllarında iskan edildiği Mafirler tarafından belirtilmiştir.

Köyün girişinde yer alan höyük güneyden ve doğudan köy evleritarafından işgal edilmiştir.Batı ve kuzey tarafıda köylülerce toprak çekilerek harman haline getirilmiştir.Höyükten bügün 80m. çapında 14-15m.yüksekliğinde bir tepe kalmıştır.Bu tepenin batı tarafında 7m. uzunlukta 2m.yükseklikte mağara şaklinde oyuk açılmıştır.Bügün ayakta kalan kısım üzerinde 1960 da yapılan kurtarma kazısından kalan yarmalar mevcuttur.Höyükköylülerce kaçak kazılar yapılmaktadır.Acilen koruma altına alınmalıdır.

ŞİMDİKİ TEHLİKELER : 1) Yapılaşmanın devam etmesi
2)Define aramak maksadıyla yapılan kaçak kazılar
3)Toprak çekilmesi

ŞİMDİKİ DURUM : Büyük çapta tahribata uğramış ,höyüğün 3/1 ancak ayakta kalmıştır.

SİT POTANSİYELİ : 1960 da yapılan kazıda ele geçen buluntular Karaz,Güzelova buluntularıyla benzer oluşu veM.Ö.2700 yılları kalkolitiğini ihtiva eden kültürü merkezi olması

KORUMA DERECESİ : 1.derece Sit alanı

HAZIRLAYANLAR : 2 / 10 / 1983
Ömer Severoğlu,Arkeolog

ŞİMDİKİ KORUMA : Herhangi bir koruma önlemi yoktur.

ÖNERİLEN KORUMA : Emniyetinin sağlanarak etrafının tel örgü ile çevrilerek koruma altına alınması.

KONTROL EDEN Sezap Yaylalı / 1983
Müze Müdürü
G. M. E. E. A. Y. K. KARARLARI NO. 3193 / 1987

YAYIN DİZİNİ : Dr Koşay,Hamit Zübeyr-Dr Vary,Hermann
:Pulur Kazısı 1960 mevsimi çalışmaları raporu.

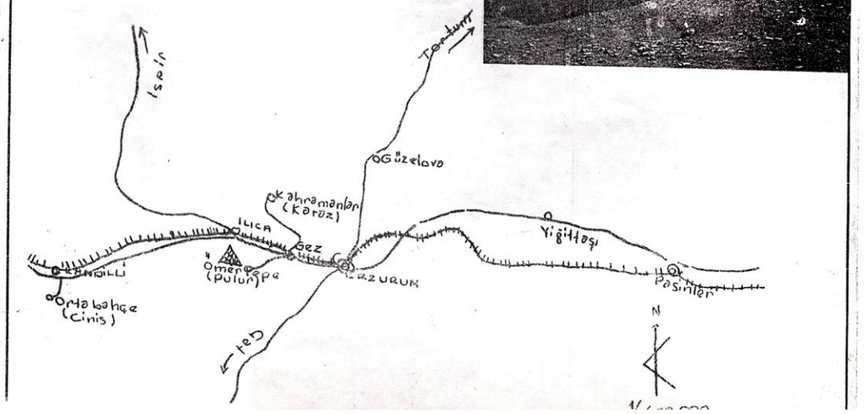
GÖZLEMLER : Fazlaca tahrip edilmiş kuzey ve batı yönünden toprak alınarak harman ve basmalık(Hayvan artıklarının döküldüğü yer)haline getirilmiştir.

REVİZYON

G. M. E. E. A. Y. K. ONAYI : / / 19

HARİTALAR, FOTOĞRAFLAR :





III.ARKEOLOJİK SİT ALANININ KOORDİNE ÖZET ÇİZELGESİ

Nokta No	Y	X	Nokta No	Y	X
48	425845064	4419770573	49	425893718	4419683824
50	425907522	4419671244	51	425920064	4419645031
52	425936148	4419623188	53	425931348	4419589323
54	425916948	4419549325	55	425880950	4419445328
56	425867884	4419426663	57	425852157	4419419738
58	425846602	4419377518	59	425840602	4419337741
60	425835521	4419337088	61	425812688	4419339867
62	425791283	4419347546	67	425767740	4419369732
68	425766904	4419358857	69	425764347	4419352342
70	425758179	4419329383	71	425754150	4419323466
72	425743110	4419330726	73	425736120	4419316438
74	425716216	4419300548	75	425701419	4419262810
76	425698837	4419248112	77	425687714	4419225072
78	425687392	4419216596	79	425662620	4419212809
80	425634936	4419213626	81	425596761	4419234030
82	425566085	4419249545	83	425562246	4419259979
84	425558169	4419268740	85	425549926	4419273492
86	425552446	4419284100	87	425544412	4419296087
88	425549809	4419378785	89	425528549	4419402175
90	425529112	4419449288	91	425520895	4419480188
92	425509905	4419552687	93	425490257	4419598163
94	425504784	4419628935	95	425524168	4419647014
96	425570062	4419666601	97	425571454	4419670414
98	425571257	4419674541	99	425567028	4419679031
100	425555226	4419705359	101	425535589	4419764315
102	425533968	4419776723	103	425534199	4419798915
104	425536354	4419805596	105	425541709	4419813665
106	425555229	4419812753	107	425575732	4419809213
108	425577497	4419809022	109	425595579	4419808180
110	425619244	4419808180	111	425640174	4419804150
112	425644909	4419803312	113	425659069	4419797265
114	425701892	4419784647	115	425715867	4419796568
116	425733477	4419795131	117	425740476	4419795103
118	425794474	4419786643	119	425814157	4419780546
120	425710556	4419294490	122	425553453	4419280874
123	425548680	4419364305			

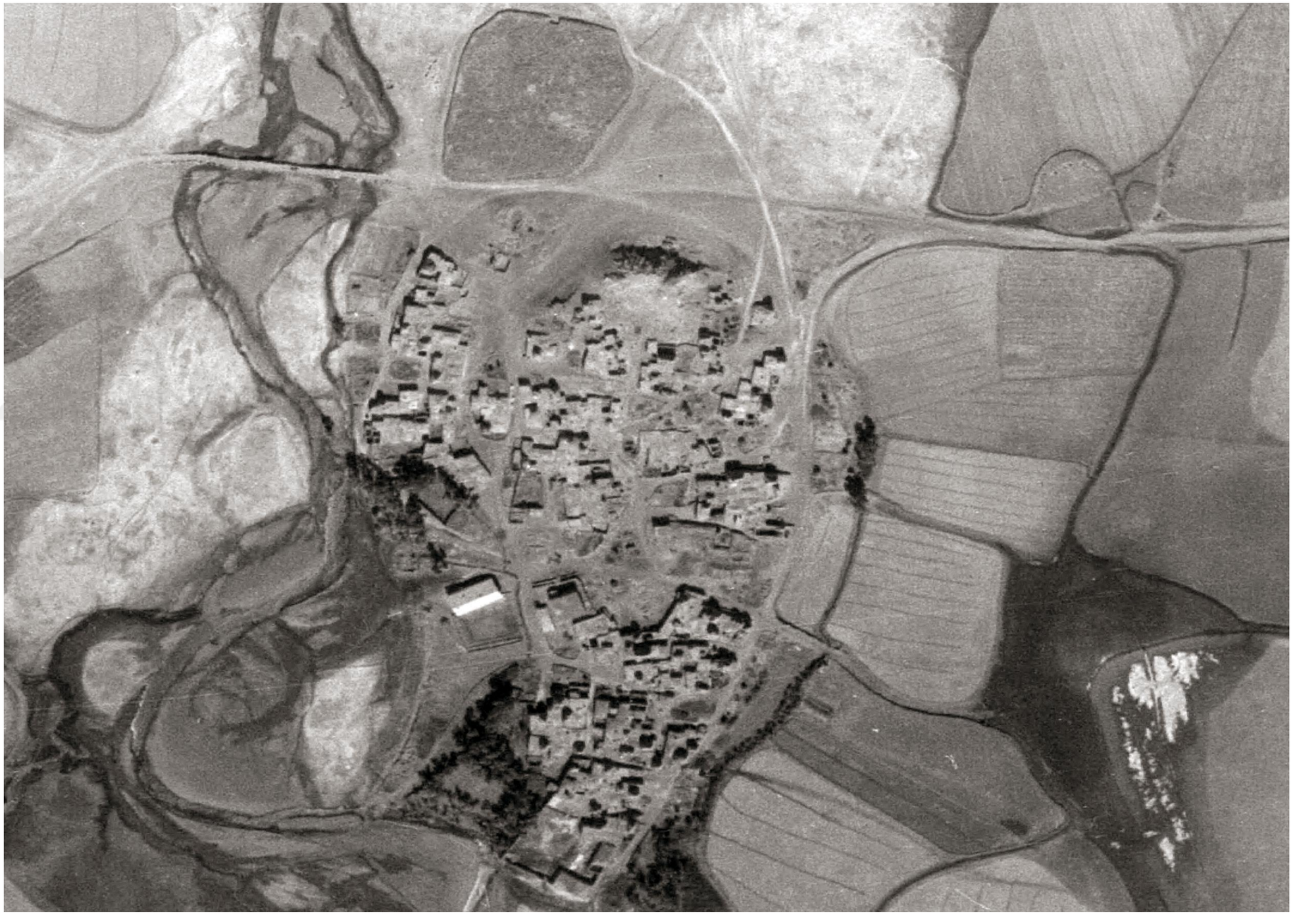
ERZURUM KÜLTÜR VARLIKLARINI KORUMA
BÖLGE KURULUNUN 13.07.2021
GÜN VE 4692 SAYILI KARAR EKİDİR

I.ARKEOLOJİK SİT ALANININ KOORDİNE ÖZET ÇİZELGESİ

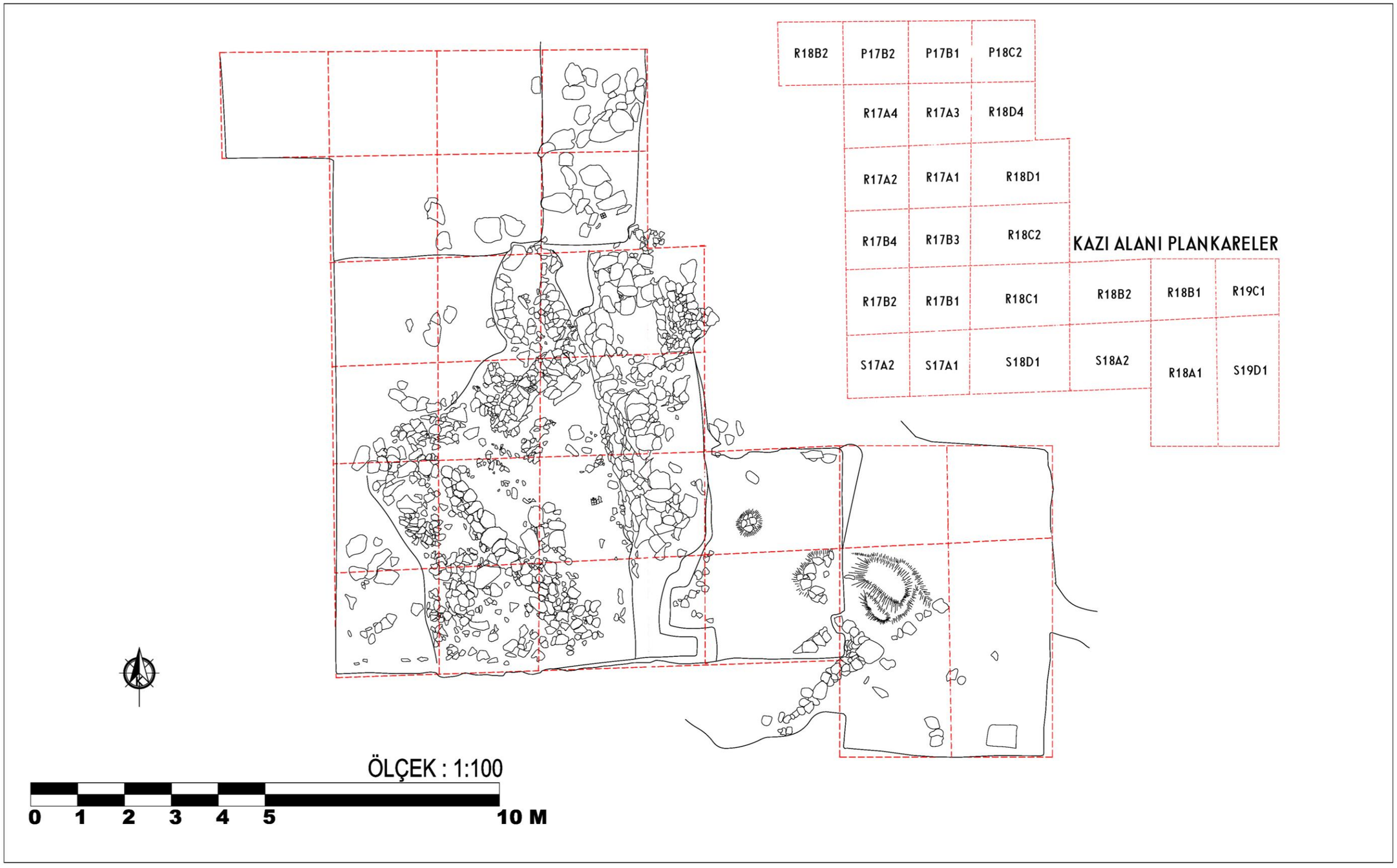
Nokta No	Y	X
1	425690.125	4419654.468
2	425712.539	4419638.659
3	425723.659	4419623.552
4	425726.417	4419609.080
5	425727.453	4419600.008
6	425725.339	4419593.805
7	425724.264	4419579.840
8	425724.827	4419575.390
9	425726.976	4419571.567
10	425728.730	4419564.314
11	425728.983	4419559.674
12	425727.496	4419553.667
13	425723.115	4419546.345
14	425714.819	4419539.431
15	425705.472	4419533.606
16	425689.473	4419528.379
17	425671.108	4419516.255
18	425656.034	4419509.867
19	425654.396	4419509.479
20	425652.950	4419509.486
21	425651.859	4419509.651
22	425650.995	4419509.748
23	425648.557	4419510.842
24	425647.035	4419511.721
25	425644.990	4419512.566
26	425633.281	4419513.327
27	425622.157	4419513.298
28	425617.588	4419513.355
29	425611.488	4419511.895
30	425612.155	4419517.086
31	425612.069	4419522.191
32	425610.754	4419530.228
33	425608.737	4419543.363
34	425607.103	4419556.299
35	425607.137	4419576.431
36	425608.161	4419583.886
37	425611.311	4419595.961
38	425615.505	4419603.744
39	425623.333	4419615.654
40	425631.775	4419628.347
41	425639.798	4419638.166
42	425645.754	4419644.491
43	425647.325	4419647.255
44	425648.645	4419650.840
45	425648.763	4419652.165
46	425674.144	4419654.372
47	425676.752	4419654.485

ERZURUM KÜLTÜR VARLIKLARINI KORUMA
BÖLGE KURULUNUN 13.07.2021
GÜN VE 4692 SAYILI KARAR EKİDİR

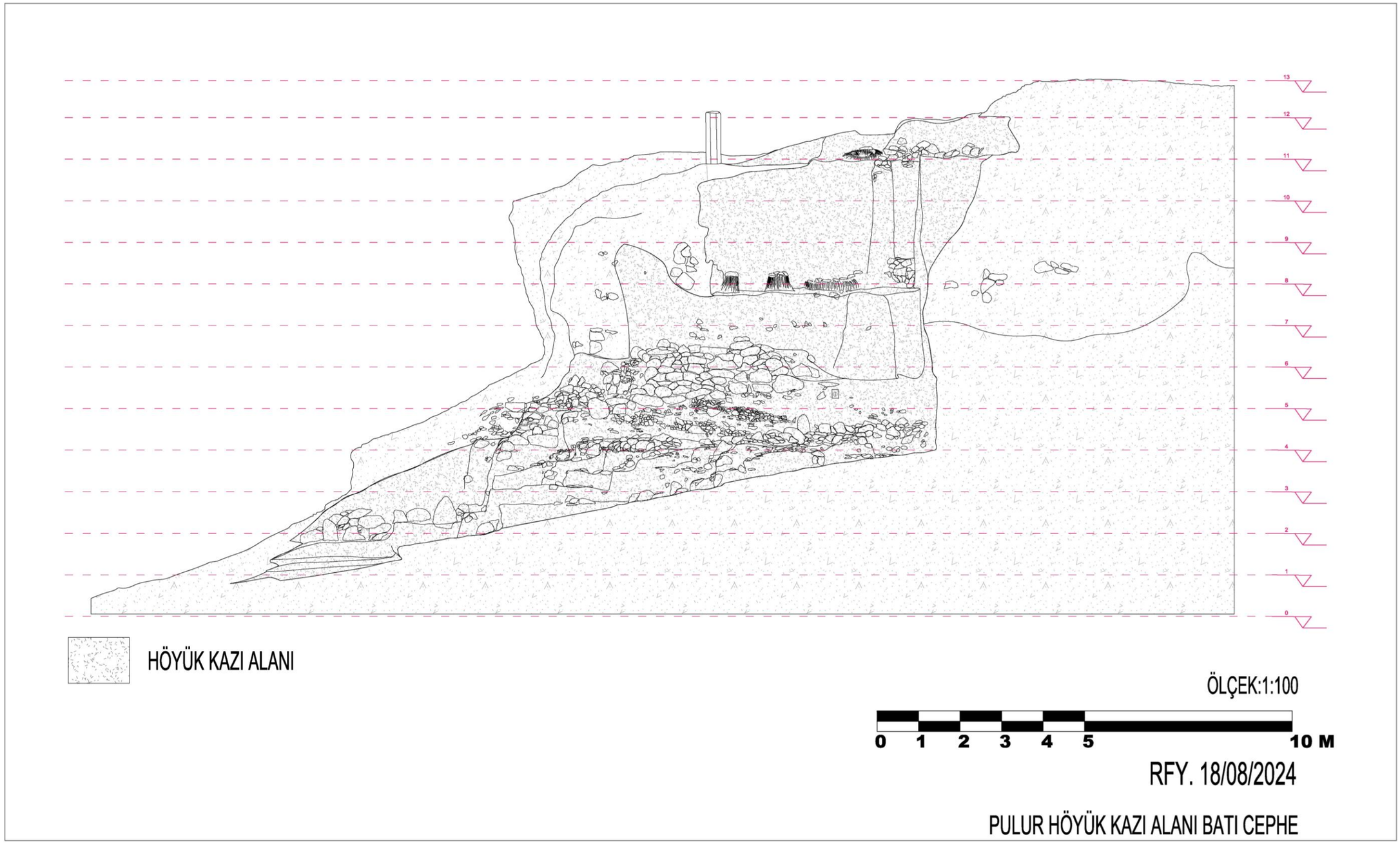
EK 10. Pulur Höyük 1947 Ortofoto Görüntüsü (EBB Arşivi)



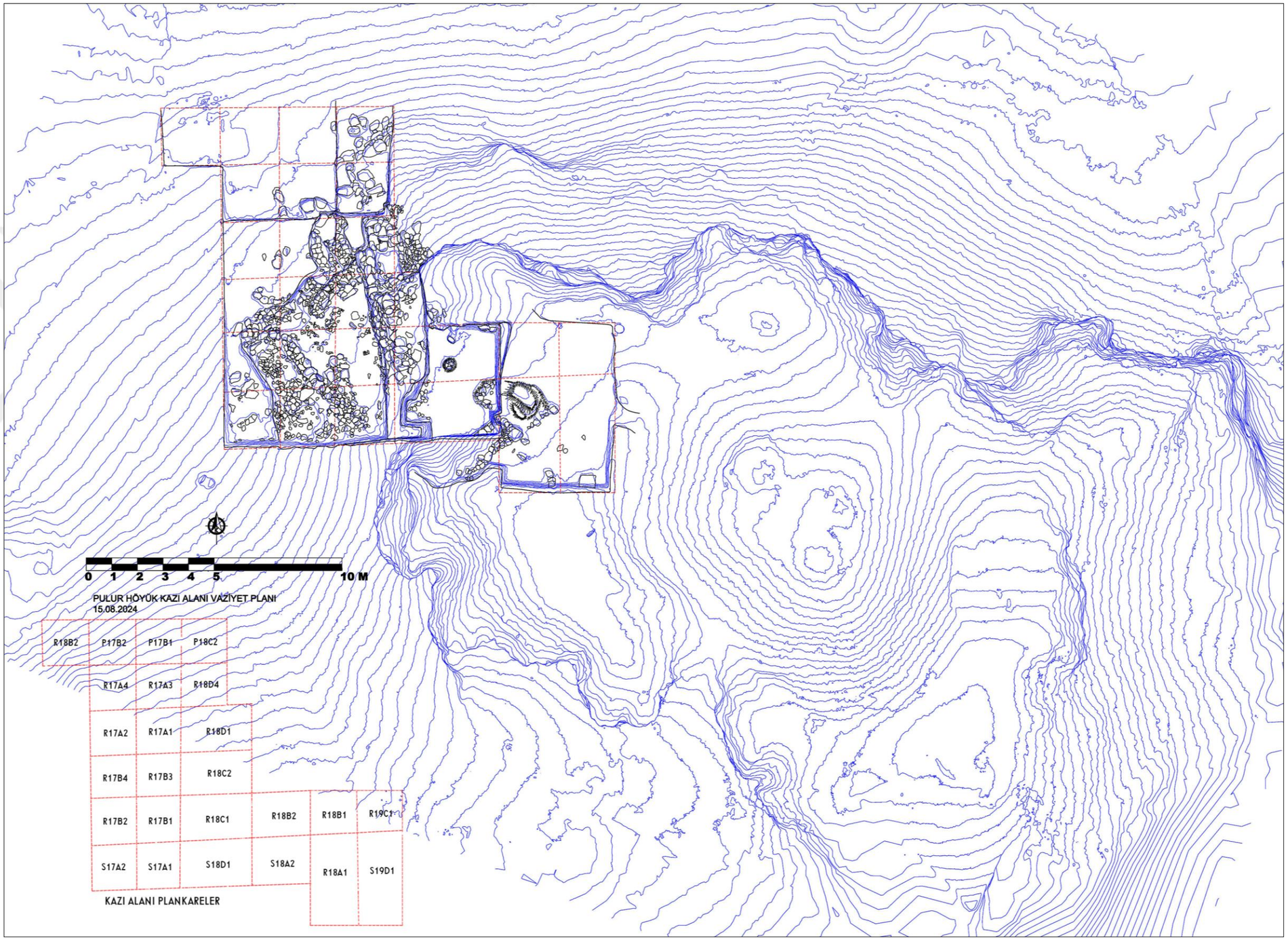
EK 11. Pulur Höyük Vaziyet Planı ve Plankareler



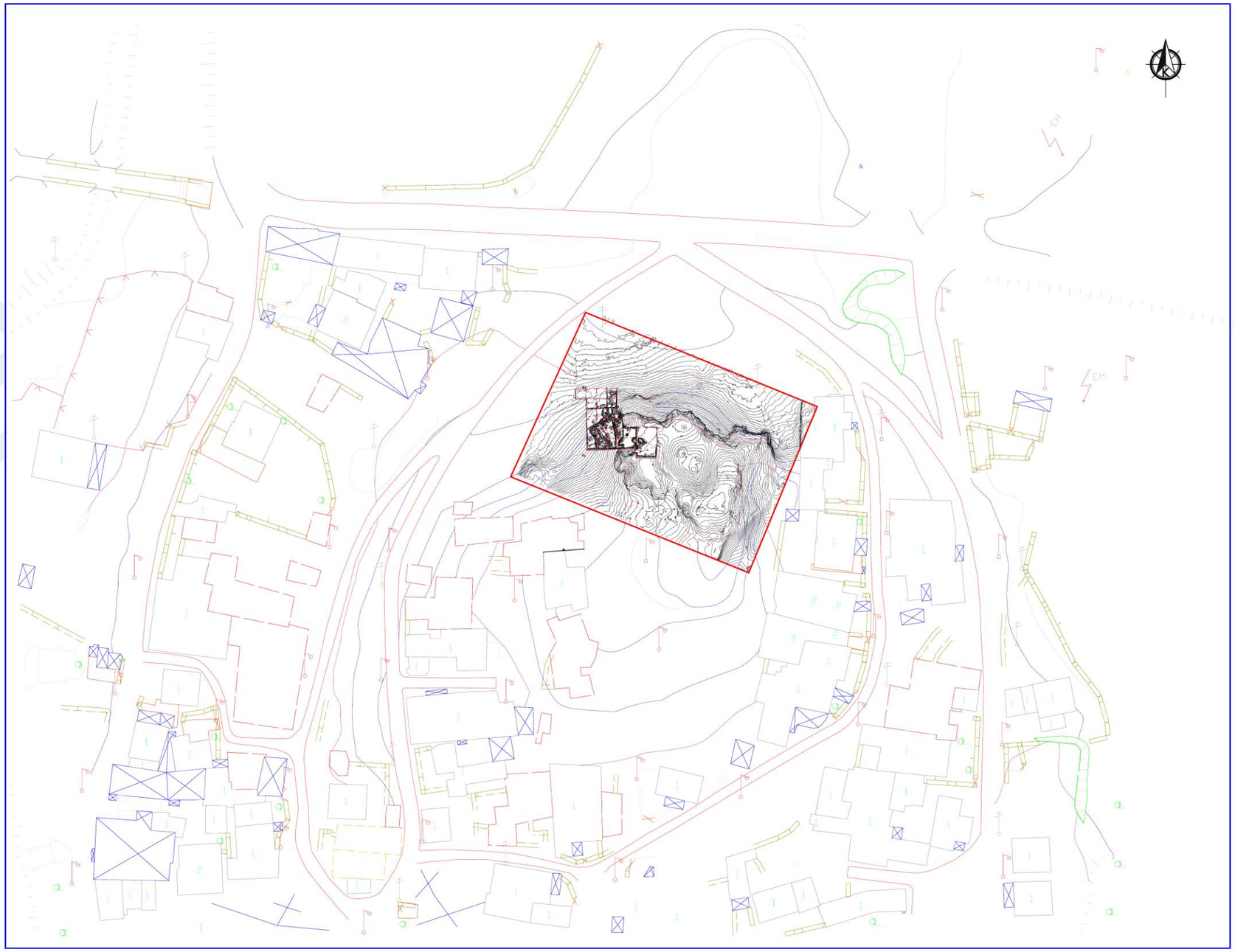
EK 12. Pulur Höyük Batı Cephe Çizimi



EK 13. Pulur Höyük Eşyükselti ve Vaziyet Planı



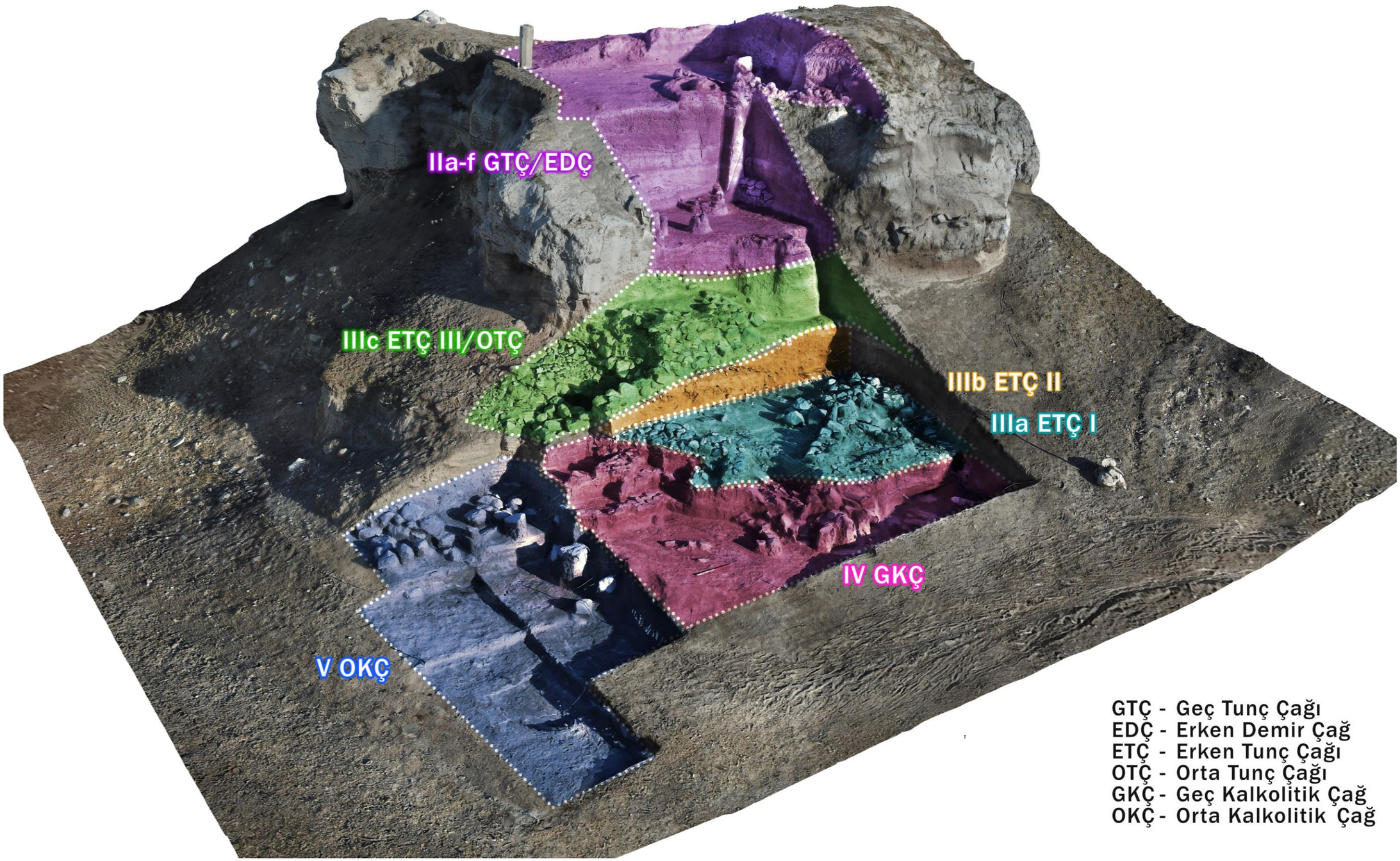
EK 14. Pulur Höyük Halihazır ve Vaziyet Planı



PULUR HÖYÜK HALİHAZIR HARİTA

0 10 20 30 40 50 100 M

EK 15. Pulur Höyük Kazı Alanı Kültür Tabakaları



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Revşan FIRAT YAŞAR
Doğum Yeri ve Tarihi	
Eğitim Durumu	
Lisans Öğrenimi	Atatürk Üniversitesi-Edebiyat Fakültesi-Arkeoloji Bölümü
Bildiği Yabancı diller	İngilizce
Bilimsel Faaliyetler	
İş Deneyimi	
Stajlar	
Projeler	
Çalıştığı Kurumlar	
İletişim	
E-posta	
Tarih	2024