

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
ARKEOLOJİ ENSTİTÜSÜ

Yüksek Lisans Tezi
Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Anabilim Dalı
Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Yüksek Lisans
Programı

AİZANOİ TİYATRO-STADİON YAPI KOMPLEKSİ
DİJİTAL ARKEOLOJİ VE ARKEOMETRİ ÇALIŞMALARI

Hazırlayan
Aykut Ege ÖZCEBE

Danışman
Dr. Öğr. Ü. Eylem GÜZEL

Haziran 2024
DENİZLİ

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmaların yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atıfta bulunulduğunu beyan ederim.

Aykut Ege ÖZCEBE

ÖNSÖZ

Teknoloji çok hızlı bir şekilde gelişmektedir. Birçok arkeolojik kazı ve yüzey araştırması, bu bilim dalında yeni teknoloji ve yaklaşımların kullanımı konusunda ne yazık ki yurtdışındaki meslektaşlarımıza göreceli şekilde geri kalmış durumdadır. Özellikle yapılan bu çalışmaların ışığında, mevcut durumu değiştirmek, gelişen teknolojiye adapte olup kullanmak ve kullanılması gerektiği konusunda teşvik etmek üzerinde durularak, Türkiye’de yürütülen arkeolojik çalışmalara yeni teknikler ve teknolojik yaklaşımlarla yeni bir düzen kazandırabileceği öngörülmektedir.

Bu tez çalışmasında, Dijital Arkeoloji; Bilgisayar destekli, yazılım bilgisi ve yüzey araştırmalarını tek çatı altında birleştiren yeni bir yaklaşım üzerinde durulmuştur. Dijital Arkeoloji ve bu sistemin içerisinde kullanılan yazılım, donanım, teçhizat ve koordineli kullanımı üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Dijital Arkeoloji, çağın getirdiği bir yenilik ve yaklaşım olarak gözükse de, günümüzde arkeolojik çalışmaların vazgeçilmez bileşeni haline almıştır. Çalışma kapsamında tüm bu yeniliğin yanı sıra, Aizanoi Kazısı Envanteri içerisinde yer alan TotalStation, GPS sistemleri, UAV sistemleri ve LiDAR tarama verileri vasıtasıyla Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapı Kompleksi üzerinde çalışmalar yürütülmüştür. Dijital Arkeoloji bünyesinde bir araya getirilen sistemler bütünü sadece arkeoloji değil, koruma onarım disiplini ve müzecilik için de oldukça kullanışlıdır. Dolayısıyla bu yenilik, Koruma Onarım ve Arkeoloji başlıkları altında devrim niteliğinde bir oluşum ve bu disiplinlerin geleceği niteliğini taşımaktadır.

Öncelikle değerli hocalarım Dr. Öğr. Ü. Eylem GÜZEL, Prof. Dr. Gökhan COŞKUN, Doç. Dr. Fikret ÖZBAY ve Dr. Öğr. Ü. Çağrı Murat TARHAN başta olmak üzere tezimi yazarken her zaman yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen annem ve kardeşime, amcam Emekli Kurmay Albay Fikret SAVAŞ’a, dostlarım Yalın PEKVAR, Fikret AKSOY, Gülçin KARACAOĞLAN, Gülnur DEDE, Buğra Sait DEDE, İrem KAYA YUKİ, Ergin AKIN, Tamara Sena ARAS, Halil İbrahim SAĞDIÇ ve Mustafa Batuhan BAŞAR’a teşekkürü borç bilirim.

Aykut Ege ÖZCEBE
Denizli, Haziran, 2024

ÖZET

AİZANOİ TİYATRO-STADİON YAPI KOMPLEKSİ DİJİTAL ARKEOLOJİ VE ARKEOMETRİ ÇALIŞMALARI

ÖZCEBE, Aykut Ege

Yüksek Lisans Tezi

Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Anabilim Dalı

Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Programı

Tez Yöneticisi: Dr. Öğr. Ü. Eylem GÜZEL

Haziran 2024, vii +187 sayfa

Dijital Arkeoloji, kendi yöntemlerine ve değişen derecelerde arkeolojinin doğasını şekillendiren, sürekli değişen teknolojik, metodolojik, yazılım, donanım, malzeme ve cihazlara dayanmaktadır. Bu teknolojiler her geçen gün hızla gelişmekte ve değişmektedir. Arkeolojinin dijitalleşmesine bağlı olarak klasik arkeolojinin desteklenmesi, saha çalışmalarında kolaylaştırıcı teknolojilerin uygulanması ve elde edilecek sonuçların gelecek nesillere aktarılmasında istifade şekilleri önemli derecede gelişme kaydetmiştir. Kültürel mirasın aslına zarar verilmeden korunması yanında, buluntunun aranması aşamasından, ulaşılan bilgilerin paylaşılmasına kadar olan süreçte, teknolojik gelişmelerden istifade edilmesinin kaçınılmaz olduğu tüm dünya tarafından kabul edilmektedir. Bu çalışmada dijital teknolojik gelişmelerin arkeolojide kullanım alanları ve şekilleri incelenmiştir. Arkeolojik alanda bilgisayar programları, dijital teçhizat ve cihazların doğru bilgiye kısa zamanda ulaşmada vazgeçilmez hale geldiği anlaşılmıştır. Arkeolojide dijital sistemlerin kullanılması, zamanın verimli kullanılmasını sağlaması yanında eserlere zarar vermeden çalışma imkânı, saha araştırmasına imkân vermeyen bölgelerde de araştırma yapılmasını ve elde edilen bilgilerin gelecek nesillere aktarılmasında alternatifler sağlaması bakımından faydalı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Teknolojide meydana gelen gelişmelerin arkeoloji disiplininde kullanılması “dijital cihaz ve teçhizatı kullanabilen arkeologlara” ihtiyaç göstermektedir. Dijital teknolojinin arkeolojiye yeni bir bakış açısı kazandırdığı düşünülebilir. Sonuç olarak, her geçen gün gelişen bilişim sistemleri ve dijital yöntemlerin hayatın her alanında olduğu gibi akademik disiplinlere de girdiği gerçeği genel olarak kabul gördüğü, önemli olanın arkeolojinin bilimsel temellerine zarar vermeden dijital teknolojilerden en iyi şekilde yararlanmaya çalışmak olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Arkeoloji, Dijital Arkeoloji, Arkeometri, Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapı Kompleksi

ABSTRACT

DIGITAL ARCHAEOLOGY AND ARCHAEOOMETRY STUDIES IN AIZANOI THEATER-STADION STRUCTURE COMPLEX

ÖZCEBE, Aykut Ege

Master Thesis

Conservation and Restoration of Cultural Heritage Department
Conservation and Restoration of Cultural Heritage Programme

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Eylem GÜZEL

June 2024, vii+187 Pages

Digital Archeology is based on its own methods and constantly changing technological, methodological, software, hardware, materials and devices that shape the nature of archeology to varying degrees. These technologies are developing and changing rapidly every day. Depending on the digitalization of archeology, the use of traditional archeology, the application of facilitating technologies in field studies and the transfer of the results to the next generations have significantly improved. In addition to preserving the cultural heritage from its original harm, it is accepted by the whole world that it is inevitable to benefit from technological developments in the process from the search of the find to sharing the information reached. In this study, the usage areas and forms of digital technological developments in archeology were examined. It has been understood that computer programs, digital equipment and devices in the archaeological field have become indispensable in reaching accurate information in a short time. It has been concluded that it is extremely beneficial in terms of using digital systems in archeology, providing efficient use of time, providing opportunity to work without harming the works, providing research in regions that do not allow field research, and providing alternatives for transferring the obtained information to future generations. Using the developments in technology in the discipline of archeology requires "archaeologists who can use digital devices and equipment". It can be said that the use of technology in archeology has become not only a necessity but also a necessity. It can be thought that digital technology gives a new perspective to archeology. As a result, it can be said that the information systems and digital methods developing day by day are generally accepted in academic disciplines as in every field of life, the important thing is to try to make the best use of digital technologies without harming the scientific foundations of archeology.

Keywords: Archeology, Digital Archeology, Archaeometry, Theatre-Stadion Structure Complex in Aizanoi

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	vi
GİRİŞ	8
Amaç	9
Kapsam.....	9
Yöntem.....	9

BİRİNCİ BÖLÜM

DİJİTAL ARKEOLOJİ

1.1.Arkeoloji'nin Dijitalleşmesi ve Dijital Arkeolojik Süreç	10
1.2.Dijital Arkeoloji Kapsamında Kullanılan Cihaz, Teçhizat ve Yazılımlar	19
1.2.1.Dijital Arkeoloji Kapsamında Kullanılan Cihaz ve Teçhizatlar	21
1.2.2.Dijital Arkeoloji'de Kullanılan Programlar ve Nitelikleri.....	38
1.2.2.1.Mimari Çizim İçin Kullanılabilecek Yazılımlar	43
1.2.2.2.Arkeolojik Alanlarda Kullanılan Grafik Tasarım Programları	48
1.3.Programların Ortak Hedefe Yönelik Kullanımları.....	50

İKİNCİ BÖLÜM

DİJİTAL ARKEOLOJİK ÇİZİM, MODELLEME, HARİTALANDIRMA VE TARAMA TEKNİKLERİ

2.1. Dijital Ortamda Çizim Sistemleri ve 3D Modelleme.....	53
2.1.1. Dijital Ortamda Piksel ve Vektörel Çizim	53
2.1.2. Dijital Ortamda 3D Çizim.....	58
2.2. Dijital Ortamda Arkeolojik Bölge Haritalandırması.....	66
2.2.1.Drone İle Haritalandırma	67
2.2.2.GPS Sistemi; Ölçü Hataları ve Doğruluk	77
2.2.3.Yeraltı Taramaları İle Haritalandırma.....	81

2.3.Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Ve Uydular İle Uzaktan Algılama	84
-----------------------------------------------------------------------	----

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AİZANOİ TİYATRO STADİON YAPI KOMPLEKSİ

ÇALIŞMALARI

3.1. Aizanoi'da Bölge Topografyası	94
3.1.1. Lokal Topografik Ölçümler	95
3.1.2. Aizanoi Tiyatro-Stadion Bölge Topografyasının modellenmesi	96
3.2. Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapısının Konumlandırılması	97
3.2.1. Güneşin Kerteliz Hareketi ve Analemma Duvarlarının İncelenmesi.....	97
3.3. Aizanoi Tiyatrosu'nun Yapısı	98
3.3.1. Tiyatro Yapısı Orchestra Bölgesi Koruma Müdahaleleri	99
3.3.2. Aizanoi Tiyatro Yapısı Ölçümleri.....	100
3.3.3. Aizanoi Tiyatro Yapısının Planı	101
3.3.4. Aizanoi Tiyatro Yapısının modellemesi	103
3.3.5. Aizanoi Tiyatro yapısının Rekreasyonu.....	104
3.4. Aizanoi Stadionu'nun Yapısı	105
3.4.1. Aizanoi Stadion Yapısı Ölçümleri	105
3.4.2. Aizanoi Stadion Yapısının Planı	106
3.4.3. Aizanoi Stadion Yapısının modellemesi.....	109
3.4.4. Aizanoi Tiyatro ve Stadion yapılarının 3D ortamda birleştirilmesi.....	110
3.4.5. Tiyatro-Stadion Yapı Kompleksinin Rekreasyonu	111
DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	112
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	118
KAYNAKÇA.....	119
FİGÜRLER LİSTESİ.....	141
FİGÜRLER	144
ÖZGEÇMİŞ	186

GİRİŞ

Kültürel mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılması, titizlikle yürütülen bir dizi çalışmayı gerektirmektedir. Bu süreç, geleneksel arkeolojik yöntemlerin yanı sıra, hızla gelişen teknolojilerin de entegrasyonunu zorunlu kılmaktadır. Günümüzde, dijital teknolojiler arkeoloji bilim dalında önemli bir yer edinmeye başlamıştır ve bu teknolojiler, arkeologların çalışma yöntemlerini köklü bir şekilde dönüştürmektedir.

Arkeoloji, sadece kazı alanlarında fiziksel bulguların toplanması ve analiz edilmesiyle sınırlı kalmamaktadır. Dijitalleşmenin getirdiği yeni teknolojik yelpaze, arkeologların iş akışına entegre edilmiştir. Arkeologlar, veri toplama, analiz etme ve belgeleme aşamalarında dijital araçları yoğun bir şekilde kullanmaktadırlar. Bu araçlar arasında, coğrafi bilgi sistemleri (GIS), 3D modelleme, lazer tarayıcılar ve drone teknolojileri gibi çeşitli dijital platformlar yer almaktadır.

Son yıllarda, dijitalleşmenin arkeoloji üzerindeki etkisi belirgin bir şekilde artmıştır. Dijital uygulamalar, arkeolojik dokümantasyon ve iletişim süreçlerinde daha geniş bir kullanım alanı bulmuş, böylece arkeolojik verilerin daha detaylı, hızlı ve güvenilir bir şekilde kaydedilmesi sağlanmıştır. Örneğin, 3D modelleme teknikleri sayesinde, kazı alanlarındaki eserler ve yapılar, yüksek doğrulukla dijital ortama aktarılabilen ve sanal müzeler aracılığıyla geniş kitlelerle paylaşılabilir.

Dijitalleşmenin hızlı gelişimi, arkeolojik disiplini de derinden etkilemiş ve dijital arkeoloji, bağımsız bir çalışma alanı olarak önem kazanmıştır. Ancak, dijital arkeolojinin, arkeoloji disiplininden ayrı bir şekilde düşünülmemesi gerekmektedir. Dijital teknolojilerin entegrasyonu, arkeolojinin tamamında gözlemlenebilen bir dönüşüm sürecidir¹. Bu dönüşüm, hem saha çalışmalarında hem de laboratuvar ortamlarında arkeologların daha etkili ve verimli bir şekilde çalışmalarını mümkün kılmaktadır.

Dijital teknolojilerin arkeolojiye entegrasyonu, kültürel mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılması konusunda büyük bir potansiyele sahiptir. Bu süreç, hem geleneksel arkeolojik yöntemleri desteklemekte hem de arkeolojik araştırmaların kalitesini ve erişilebilirliğini artırmaktadır. Arkeologlar, dijital araçları kullanarak, geçmişini daha iyi anlayabilir ve geleceğe daha kapsamlı bir miras bırakabilirler.

¹ Gunnarson 2018, 1-154.

Amaç

Gelişen bilişim teknolojileri, birçok bilim dalının çalışma yöntemlerini ve alanlarını yeniden şekillendirmiştir. Bu bilim dallarından biri de arkeoloji ve onunla ilişkili alt dallardır. Arkeoloji, geçmişi anlamak için kullanılan yöntemlerin sürekli olarak evrildiği dinamik bir alandır ve dijital teknolojiler bu evrimde önemli bir rol oynamaktadır. Çalışmamızın esas amacı, dijital teknolojilerin arkeolojinin hangi alanlarında, nasıl ve ne maksatla kullanılabileceğini ve bu kullanımların hangi sonuçlara ulaşabileceğini ortaya koymaktır. Bu kapsamda, dijital araçların arkeolojik süreçlere entegrasyonunun etkileri ve sağladığı avantajlar detaylı bir şekilde incelenecektir.

Kapsam

Sürekli ve hızla gelişen dijital teknoloji, paralel olarak çok sayıda cihaz, teçhizat ve bu ekipmanların kontrolünü sağlayan programların üretilmesine olanak tanımıştır. Araştırmamızda, bu cihaz ve teçhizatların arkeolojinin farklı alanlarında nasıl etkin bir şekilde kullanılabileceği ele alınmıştır. Üretilen programların çeşitleri, işleyişi ve kullanım alanları da detaylı bir şekilde değerlendirilecektir. Özellikle, arkeolojide yaygın olarak kullanılan veya kullanılmasının faydalı olduğu düşünülen programlar incelenmiştir. Bu değerlendirme, programların teknik özellikleri, uygulama alanları ve sağladıkları faydalar açısından yapılacaktır.

Yöntem

Araştırmamızda, dijital arkeoloji hakkında geniş kapsamlı bir literatür taraması yapılmış ve nitel araştırma yöntemleri kullanılmıştır. Mevcut uygulamaları inceleyen bu yöntem kapsamında, açık kaynaklardan, internet ortamından ve ilgili üretici firmaların web sitelerinden veriler toplanmıştır. Toplanan veriler, programlar, cihazlar ve teçhizat/ekipmanlar şeklinde kategorize edilmiştir. Dijital arkeolojide kullanılan ve kullanıma elverişli olan programlar ve makineler maddeler halinde listelenmiş ve literatür taraması ile elde edilen detaylı veriler eklenmiştir.

Bu doğrultuda, Aizanoi kazı envanteri içerisinde yer alan TotalStation, GPS Cors, Drone ve 3D modellemeye uygun bilgisayarlardan faydalanarak Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapı Kompleksi üzerinde uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bu tip teknolojilerin arkeolojik çalışmaların doğruluğunu, verimliliğini ve kapsamını nasıl artırdığı da değerlendirilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

DİJİTAL ARKEOLOJİ

1.1. Arkeoloji'nin Dijitalleşmesi ve Dijital Arkeolojik Süreç

Arkeoloji, “geçmişle ilgili maddi buluntu ve belgeleri inceleyerek geçmiş hakkında bilgi edinmek için yapılan sistematik bir araştırmadır. Saha çalışması verileri, hem sahada hem de sonrasında geçmiş sosyal dinamiklerin yorumlarını oluşturmak için kullanılır. İşlem, bir dereceye kadar tutarlılık ile karakterize edilen tekrarlanan standart operasyonların birçok adımından oluşur. Arkeolojide kazı ve kayıt, maddi kalıntıların ortaya çıkarılmasını, gözlemlenmesini ve yorumlanmasını içerir”². Arkeoloji, bilgi çağında faaliyet gösteren küresel bir beşeri bilimler disiplini³.

Arkeoloji bilimi, “sınırlı sayıdaki yazılı kaynaklarla belirlenebilenler dışındaki boşlukları doldurmak ve tarihi sağlam temeller üzerine oturtmak üzere ortaya çıkmış, insanoğlunun eski çağlarda oluşturduğu maddesel kültür (kültür varlıkları) kalıntılarını inceleyerek geçmişimizi aydınlatmayı amaç edinmiş bir bilim dalıdır”⁴.

Dijital arkeoloji terimi, kültürel miras çalışmalarında teknoloji ve bilgisayarların, internetin ve taşınabilir araçların ve sistemlerin kullanılmasını içerir⁵.

Dijital Arkeoloji, kendi yöntemlerine ve değişen derecelerde arkeolojinin doğasını şekillendiren, sürekli değişen cihazlara (teknolojik, metodolojik, yazılım, donanım, malzeme) dayanmaktadır. “Arkeolojik araştırmalarda, yarı otomatik ve tam otomatik yöntemlerin bir karışımı aracılığıyla verileri yakalamak, kaydetmek ve işlemek için yerleşik algoritmalar kullanan analog seviyelerden ve bantlardan dijital istasyonlara ve elektronik mesafe ölçere geçiş görülmüştür”⁶. Dijital teknoloji, arkeolojik uygulamaların tüm alanlarında ve bilgi üretiminin neredeyse her aşamasında giderek daha fazla görülmektedir.

Arkeolojik araştırmalara dijital yaklaşım, bu alandaki en önemli araştırma eğilimi olarak görünmektedir. Bununla birlikte, Avrupa ve Amerikan akademik topluluklarında algılama şekli farklılık göstermektedir. Dijital Arkeolojinin tam olarak ne olduğu hala belirsizdir, farklı algılanmakta ve uygulanmaktadır. Dijital Arkeoloji esas olarak,

² Hummler 2014, 6240-6245.

³ Huggett et al 2018, 42-54.

⁴ Sevin 1999, 15.

⁵ Brun 2017 181-202.

⁶ Huggett et al. 2018, 42-54.

arkeolojik çalışmalar için bazı bilgisayar bilimleri yöntemlerinin uygulanması ve bir disiplin dalı olarak kabul edilmektedir. Bu karışıklığa ek olarak, genellikle Sanal Arkeoloji, Siber Arkeoloji, Arkeolojik Hesaplama gibi diğer bazı terimlerde tanımlamada kullanılmaktadır⁷.

Dijital teknolojilerin arkeoloji varlıklarını gittikçe belirgin hale getirdiği görülmektedir. Dijital teknolojilerin sağladığı fırsatlar, arkeologların kazıya ya da eserlere yeni bir ışıkla bakmalarını sağlamıştır. Dijital teknoloji, analizler, arkeolojik yönetim ve işlem sonrası aşamaları da kolaylaştırmıştır. Bununla birlikte Dijital teknolojilerin artan bağımlılığı geleneksel arkeolojik araçların yerini almazken, dijital teknolojilerin hem geleneksel hem de daha yeni veri biçimlerini edinme ve yorumlama potansiyeli sayesinde, sonuçların elde edilmesinde önemli ve tamamlayıcı rol oynayabildiğini söylemek mümkündür⁸.

Arkeolojik araştırma projeleri söz konusu olduğunda, sadece arkeolojik süreci daha verimli hale getirmekle kalmayıp aynı zamanda teorik katılım için yeni algılayıcı yerler yaratan yeni yaklaşımlar bulma arayışında deneysel bir itici güç tarafından birleştirilirler. Bilgi geliştirme, yeniden kullanılabilirlik ve açık veriler, arkeolojinin dijitalleşmesine akademik katkı için önemlidir⁹.

Berggren, yaptıkları dijital arkeolojik çalışmada, üç hedef göz önünde bulundurmaya çalıştıklarını belirtmişlerdir¹⁰:

- Kâğıttan dijitalle geçişte hiçbir verinin kaybolmamasını sağlamak;
- Farklı teknolojik altyapıya sahip ekip üyeleri tarafından kullanılabilen, yönetilebilir bir öğrenme eğrisiyle iş akışı oluşturmak;
- Geleneksel kâğıt çizimine kıyasla daha yüksek bir genel verimlilik sağlamak.

Huggett'a göre, "son otuz yıldaki arkeolojik çalışmalardaki anahtar dönüşümlerden biri analogdan dijitalle geçiştir"¹¹. Gunnarsson'a göre ise en önemli dönüşüm, "dijital değil, arkeologların bu dönüşüme ilişkin algıları ve tutumlarıdır"¹².

Arkeolojinin dijitalleşmesinin disiplinin birçok bölümünde farklı düzeyde gerçekleştiği ve büyük araştırma destekli kazı projelerinde, her proje için yeni iş

⁷ Tanasi 2020, 22-36.

⁸ Kimball 2014, 63-64.

⁹ Gunnarsson 2018, 1-154.

¹⁰ Berggren et al. 2015. 433-448.

¹¹ Huggett et al. 2017, 42-54

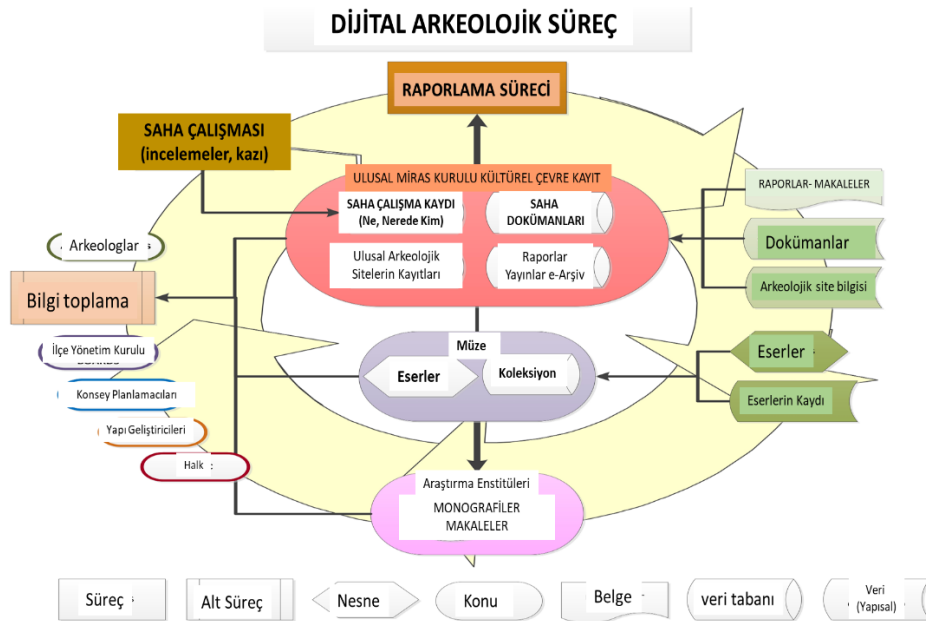
¹² Gunnarsson 2018, 1-154.

akışlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Her araştırma projesi için öngörülen süreler farklı olabileceğinden farklı iş akışları gerekebilir¹³.

Dijital Arkeolojik Süreç kültürel miras sistemi içindeki dijital bilgilerle ilgili veri akışlarının düzenlenmesi, idari sürecin geliştirilmesi ve arkeolojik verilerle ilgili sayısallaştırılmış arkeolojik süreçten bahsedilmektedir¹⁴.

Dijital Arkeolojik Sürecin vizyonu, arkeolojik verileri daha kullanışlı hale getirmektir (Ek 1). Larsson ve ark., yetkililerin karar vermek için daha iyi bir temele ihtiyaç duyduğunu ve sistemin tüm İsveç'te aynı idari süreçlerle yasal olarak doğru olması gerektiğini belirtmektedir¹⁵. Dijital Arkeolojik Sürecin vizyonu, kültürel miras alanlarının ve antik anıtların gelecek nesiller için topluma yeni bilgiler vereceği fikrine bağlı olarak daha büyük bir amaç taşımaktadır¹⁶.

Levy ve Smith'e göre Dijital Arkeolojinin akış şemasında ana olaylar, Dijital Saha Kaydı, Ölçme, Kayıt ve Fotoğraflama bölümlerini kapsamaktadır. Alınan kayıtlar GİS Veri Merkezinde birleştirilmekte ve son rapor haline getirilmektedir. Dijital Arkeolojinin Akış Şeması (Ek 2)'de gösterilmiştir¹⁷.



EK 1 - Dijital Arkeolojik Süreç

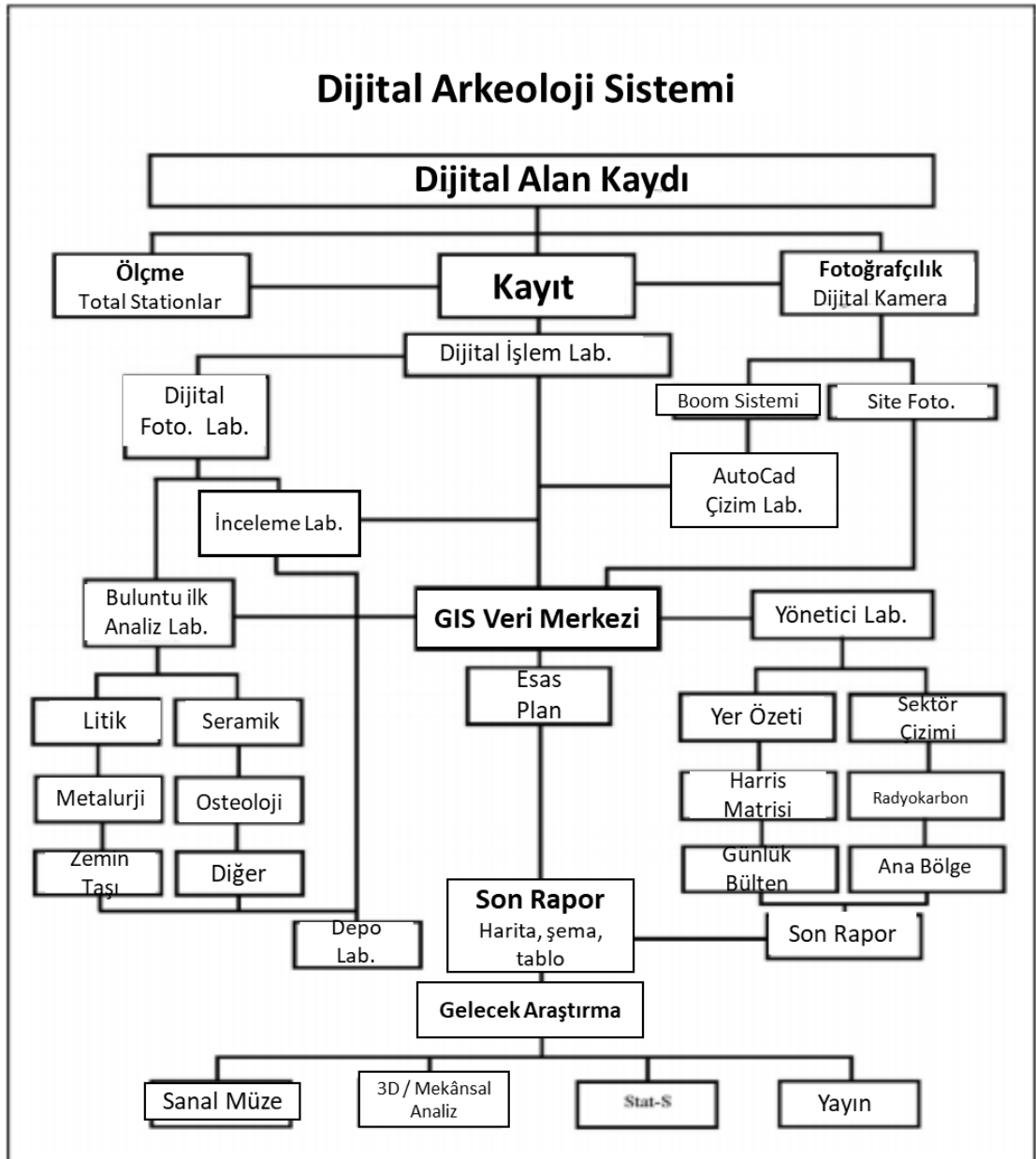
¹³ Gunnarsson 2018, 1-154.

¹⁴ Krantz - Smith 2012, 1-17.

¹⁵ Larsson et al. 2017. 43.

¹⁶ Gunnarsson 2018, 51.

¹⁷ Levy - Smith 2007, 47-58.



EK 2 - Dijital Arkeolojinin Akış Şeması

1.1.1. Dijital Arkeolojik Restitüsyon ve Rekonstrüksiyon

Restitüsyon ve rekonstrüksiyonda bilgisayar kullanımı başlıca şu aşamalara veya kategorilere ayrılabilir:

- Görüntü verilerinin elde edilmesi
- Veri analizi ve otomatik yeniden yapılandırma
- Veri görselleştirme ve sunma.

Dijital ortamların, bilişim teknolojilerinin arkeoloji ile birleşmesi ile üç boyutlu belgeleme teknikleri yaygın şekilde kullanılmaya başlanmış, dijital ortamda resim, lazer tarama gibi teknolojilerin kullanımı da arkeoloji bünyesine katılmıştır¹⁸.

Dijital görüntü elde etme, dokümantasyon amacıyla ya da analiz veya manuel yeniden yapılandırma için bir temel ve referans olarak 3 boyutlu bir gerçeklik modeli elde etme sürecini ifade eder¹⁹.

Saldana'ya²⁰ göre 3D dijital teknolojinin kullanımı, arkeolojik rekonstrüksiyona birçok açıdan yardımcı olmaktadır. Dijital araçlar, görsel materyali coğrafi, metinsel, mimari ve nicel bilgilerin yanında yan yana yerleştiren ayrık veri setlerini hizalamak ve karşılaştırmak için bir araç sağlamaktadır.

Çoğu durumda arkeolojik buluntular ve nesnelere menşee ülkede kalmaktadır. Bu nedenle, bu konumdan uzaktaki potansiyel kullanıcılar için, arkeolojik buluntuların ve nesnelere 3D modelleri, İnternet üzerinden web tabanlı araçlar kullanılarak verimli veri tabanlarında analiz edilebildiği ve görselleştirilebildiği için giderek daha önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Karasal lazer tarama veya diğer projeksiyon sistemleri gibi arkeolojik nesnelere için tipik 3D kayıt teknolojileri hala pahalı, hantal, rahatsız edici ve genellikle uzman bilgisi gerektirdiğinden, kamera tabanlı sistemler uygun maliyetli, basit ve esnek bir alternatif sunmakta ve hemen uygulanabilmektedir²¹.

Geleneksel maketleme ve rölöve sistemleri halen daha işlerken, dijital ortamda geliştirilen modellemenin gelişkinliği ile render sistemlerinin kullanımı vasıtasıyla gerçeğe çok yakın çalışmalar belgelemede kullanılır hale gelmiştir²².

Gerekli ayrıntıların oldukça kuvvetli olması sebebiyle fotogrametri ön plana çıkmaktadır. Bu doğrultuda buluntu ve eserlerin modellenmesi amacıyla fotoğrafları çekilebilmektedir²³.

Çekilen fotoğrafların eklenerek üç boyutlu hale getirilmesi, objenin doğru ölçülerde modellenmesini sağlaması ile beraber, dijital ortamda oluşturulması ve üzerinde işlem yapılabilmesi daha kolay bir hale gelmiştir. Mimarlık ve mühendislik alanında işin rutini haline gelmiş bu programlar arkeolojiye de entegre edilmiştir. Standart modelleme yazılımları MESH ve NURBS modelleme tekniklerini baz almaktadır. MESH, poligon

¹⁸ Richards 1998, 331-382.

¹⁹ Pospíšil 2012, 5-8.

²⁰ Saldana 2015, 148-163.

²¹ Kersten - Lindstaedt 2012, 2-9.

²² Kalay et al. 2008, 1-320.

²³ Kersten - Lindstaedt 2012, 1.

modelleme tekniği, basit formlardan yola çıkararak üç boyutlu model oluşturulmasına olanak tanımaktadır.

NURBS²⁴ modelleme tekniği ise, esnek eđrileri²⁵ baz almaktadır. Her iki sistemde de ışık-gölge kullanımı ve temel görüntüleme ayarı yapılabilir ve daha gerçekçi hale getirilebilir. Geleneksel modelleme yazılımı çokgen örgüye veya NURBS modellemeye dayanır. Çokgen örgü modelleme muhtemelen 3D yazılımının en yaygın biçimidir ve 3DS Max²⁶ ve SketchUp²⁷ gibi popüler yazılımlarla temsil edilir. Poligon modelleme, 3D formu, gerektiği şekilde ölçeklendirilen, döndürülen ve dönüştürülen ilkel geometrik formlardan türetmektedir²⁸.

Kültürel Mirasın Bilgisayar Tabanlı Görselleştirilmesine İlişkin Londra şartı, kültürel mirasın araştırılması ve iletişiminde bilgisayar tabanlı görselleştiriminin kullanıldığı durumlarda gerekli metodolojik titizliği sağlayacak bir dizi ilke sağlamak amacıyla 2006 yılında tasarlanmıştır. Hedefleri²⁹:

- Paydaşlar arasında yaygın olarak tanınan bir ölçüt sağlamak.
- Bu tür kullanımlarda entelektüel ve teknik titizliği teşvik etmek.
- Bilgisayar tabanlı görselleştirme süreçlerinin ve sonuçlarının kullanıcılar tarafından doğru bir şekilde anlaşılabilmesini ve değerlendirilebilmesini sağlamak.
- Kültürel miras varlıklarının araştırılmasına, yorumlanmasına ve yönetilmesine katkıda bulunmak için bilgisayar tabanlı görselleştirmeyi yetkili kılmak.
- Erişim ve sürdürülebilirlik stratejilerinin belirlenmesini ve uygulanmasını sağlamak.

Kültürel miras alanında yapılan sanal gerçeklik uygulamalarını içerik ve alt amaçlarına göre sınıflandırmak mümkün olmaktadır³⁰:

- Sanal rekonstrüksiyon amaçlı uygulamalar,
- Yerinde (in situ) deneyimleme ve rehberlik sağlama amaçlı uygulamalar,
- Bilimsel analiz amaçlı uygulamalar,
- Sanal restorasyon amaçlı uygulamalar,
- Sanal müzeler,
- Eğitici oyunlar (serious games)

²⁴ NURBS, "üniform olmayan rasyonel B-spline" anlamına gelir.

²⁵ Saldana 2015, 148-163 ; Rogers 2000, 44-95.

²⁶ <http://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview> (22.02.2023)

²⁷ <http://www.sketchup.com/> (22.02.2023)

²⁸ Foley et al. 1993.

²⁹ Hermon - Niccolucci 2018, s.38.

³⁰ Sürücü - Başar 2016, 13-26.

Modellenen sanal ortam, VR Gözlükler ve benzeri araçlar ile simülatif bir görüntüyü, kullanıcıya sunacaktır. Bu görüntüler ve katmanlar ile görsellerin sanal ortamda birbirine eklenerek mekân algısı yaratması, üçüncü kullanıcılara, o bölgede ilerliyormuş hissiyatı vermeyi amaçlar³¹.

Sanal rekonstrüksiyon, “geçmişte yapılmış bir bina veya maddi nesneyi görsel olarak kurtarmak için sanal bir modelin kullanılmasını içerir. Süreç, arkeolojik ve tarihi bilim ile ilgili olarak mevcut fiziksel kanıtlara, sıkı karşılaştırmalı çıkarımlara ve arkeologlar ve diğer uzmanlar tarafından yürütülen diğer çalışmalara dayanmaktadır”³².

Genel itibariyle bilgisayar destekli rekonstrüksiyonlarda grafik motoru kullanımı ön plana çıkar. En yaygın grafik motorları *Havoc*, *Unreal Engine*, *CryEngine*, *Valve Source* motorlarıdır.

Grafik motorları vasıtasıyla, elde edilen görüntüler, layerlar halinde üst üste eklenerek sanal görünümün oluşturulması sağlanır. Lazer tarayıcı ve LiDAR ile alınan verilerin, 3DS uzantılı çıktısı bu verilere eklenebilir veya bu verilerde dolaylı yoldan kullanılabilir. Mekânsal veriler ışığında elde edilen taşınmaz eser modelleri, LiDAR vasıtasıyla elde edilir. 2m veya daha küçük eser ve buluntuların modellemeleri ise lazer tarayıcılar vasıtasıyla elde edilen veriler ile modellenir. Eklenen sanal modeller ile son aşamada post-processing işlemi gerçekleştirilerek render işlemi başlatılır. Render işlemi, sanal gerçekliğin son efekt ve fizik motorları kapsamında en gerçekçi haline getirilmesi durumudur. Alınan renderın detayına göre, gerçekçilik ve kalite artar veya azalır.

Lazer tarayıcıların kullanımının yaygınlaşmasıyla, tahrip olmuş buluntu ve eserlerin onarım tekniklerinde de belli başlı teknikler oluşturulmaya başlamıştır. Bunun sebebi, LiDAR ve lazer tarayıcıların, daha kesin bir inceleme şansı vermesi ve dijital ortamda, fiziksel nesneye temas etmeden değişikliklerin yapılması, gözlemlenebilmesi ve olası hataların giderilerek farklı yenilikler ve değişikliklerin kolayca planının oluşturulması ve bu oluşturulan planın hayata geçirilmesi için daha kesin kararlar ve uygulamaların başlanmasına sebebiyet vermesidir. Bu sayede, onarılacak eser veya buluntuların farklı teknikler ile onarımını öngörme imkânı sağlanır. Bu çalışmanın yürütülmesi için başlıca gereken cihaz ve teçhizatlar aşağıda açıklanmıştır.

Bilgisayarın, bu alanda kullanımı oldukça büyüktür. Tarama verileri bilgisayar ortamında CAD tabanlı veya 3DS uzantılı dosyalar üzerinden değişiklik yapmaya olanak tanır. Lazer tarayıcı sürücüsünü kontrol eden ara yüz programından elde edilecek veriler,

³¹ Bruno et al. 2010, 42-49 ; Sürücü - Başar 2016, 15.

³² <http://smartheritage.com/seville-principles/seville-principles>. (21.04.2022)

çalışılacak programın uzantısına göre kaydedilir. Bu dosyalar, üç boyutlu çizim programları vasıtasıyla açılır ve işlenmek üzere incelemeye alınır. İncelenen nesnenin onarımı için gerekli çalışmaların ne anlamda yürütüleceği bu noktada karar kılınmaktadır. Büyük mimari blok ve yapı elemanlarının onarımında, farklı teknik ve onarım sağlayacak malzemenin ne olacağı hakkında plan oluşturmak gerekmektedir. Bu onarım malzemesinin, yapıyı taşıyabilecek kadar sağlam olması, kazı başkanı ve heyetinin isteği doğrultuda belli olacak ya da olmayacak şekilde bir implant oluşturulması gibi proje kapsamında yürütülecek planın oluşturulması gerekmekte ve dijital ortamda bu tekniklerin uygulamasına elverişli olacak şekilde bir çalışma yürütülmesi gerekmektedir.

Dijital Arkeolojik Rekonstrüksiyon

Arkeolojik rekonstrüksiyon genellikle deneysel arkeolojiyle ilişkili olarak tanımlanmaktadır. “*Deneysel arkeoloji, eski toplumların hipotezlerini veya o toplumla ilgili önerilen yorumları ve varsayımları test etmek için kısmen veya bütünüyle yönleri yeniden yaratmak için kullanılan canlı bir analitik süreçtir*”³³.

Rekonstrüksiyonun kendisi hipotezleri test etme imkânı sunmaz, öncelikle sadece sunum için yapılır. Artık tamamen var olmayan bir nesnenin, bir konunun veya bir fikrin (çoğunlukla uzun bir süre boyunca bozulma nedeniyle) bir izleyiciye sunulması gerektiğinde bir rekonstrüksiyon gerçekleştirilir³⁴.

Bir başka tanım şu şekilde yapılabilir: “Rekonstrüksiyonlar, arkeolojik alanların yapı ve diğer özelliklerini parça parça kalıntılardan ya da daha sonra yeniden yapılanma sırasında gömüldükleri yerlerde yeniden yaratırlar.

Orada olanın tam bir reproduksiyonu Casro ve Dostal’a göre Arkeolojik rekonstrüksiyonlar geçmişle ilgili daha iyi ve daha hızlı akıl yürütmemizi sağlayan düşünme araçları olarak algılanabilirler. Bilgisayar grafikleri, rekonstrüksiyon işleminde uzun metinleri, ortografik görüntülerini ve öğrenilmiş tecrübeleri, aktif ve eleştirel bir zihinsel sürece dönüştüren zengin bir öğrenme ortamına taşıyabilirler³⁵.

Arkeologlar çalışmaya başladığı buluntu konusunda bir fikir sahibi olduğunda, aslında zihinsel olarak rekonstrüksiyonu sürecini de başlatmaktadırlar. Bu durum kayıt sürecini de etkilemektedir. Rekonstrüksiyon düşüncesi, kanıtlar ortaya çıktıkça sürekli

³³ Grahame Johnston, <http://www.archaeologyexpert.co.uk> (05.03.2020).

³⁴ Pospíšil 2012, 5-8.

³⁵ Castro - Dostal 2020, 3-21.

gelişen yinelemeli ve yorumlayıcı bir süreçtir. Toplanan buluntuların görselleştirilmesine yardımcı olmak için araştırmacılar genellikle modeller oluşturmaktadırlar. Bu modeller elle çizilmiş veya fiziksel olarak yapılmış olabileceği gibi bilgisayar tabanlı da olabilmektedir. Model oluşturmanın yararları şunlar olabilir ³⁶:

- Daha önce net olmayan ve hatta görünmeyen verilerdeki kalıpları genellikle ortaya çıkarırlar.
- Modeller verilerin gözetimini ve yanlış yorumlarını da ortaya çıkarabilir.
- Modeller, yineleme, hipotez testi ve alternatifleri keşfetmek için de kullanılabilir.

Tarihi yapıların ve alanların dijital olarak yeniden yapılandırılmasının geçmişin hem insani hem de bilimsel yönlerini anlamak için zengin bir varlık olmasına rağmen, doğru modellerin üretilmesini kolaylaştıracak araçlar eksiktir. Önemli tarihi alanların büyük ölçekli, dijital rekonstrüksiyonları dijital ve sanal arkeolojinin önemli bir parçası olsa da, modellerin fizibilitesini sağlamak ve katılabileceklerin tabanını genişletmek için serbestçe kullanılabilen araçların geliştirilmesi de önemlidir. Dijital rekonstrüksiyon araçlarının üç ana kategorisi bulunmaktadır. Bunlar:

1. Model oluşturma,
2. Kullanıcı etkileşimi,
3. Analiz. (Ek 3)'te bu ana dallar ve her biri için alt bölümleri ile soruları açıklamaktadır³⁷.

1. Model oluşturma	2. Kullanıcı etkileşimi
<ul style="list-style-type: none">- 3D form nasıl oluşturulur?- Bina hangi malzemelerden yapılmış olurdu?- Ortaya çıkan model uygulanabilir mi? (tarih, fizik vb. açısından)	<ul style="list-style-type: none">- Model nasıl görülüyor?- Belirsizlikler nasıl iletilir?- Bilinen etkileşimler nasıl entegre edilir (yani ölçüm)- Model nasıl bağlandırtılıyor?
3. Analiz	
<ul style="list-style-type: none">- Bu bina nasıl kullanılmış olabilir?- İnsanlar nasıl hareket ediyordu?- Mevcut hasara ne sebep olmuş olabilir?- Yapı zaman içinde nasıl değişti?	

EK 3 - Dijital rekonstrüksiyon aracı tipolojisine genel bakış ve araştırma soruları

³⁶ Suarez et al. 2019, 123-134.

³⁷ Pospíšil 2012, 5.

Dijital rekonstrüksiyonun faydaları³⁸:

- Çizimin boyutu. Arkeolojik çizimler ve fotoğraflarla tasvir edilen nesnelere iyi temsil edebilmek için daha fazla işlenmesi gerekmesine rağmen dijital rekonstrüksiyonda buna ihtiyaç kalmaz.

-Gelecekte yanlış değişiklik ve düzenleme yapılmasının önlenmesini sağlar.

-Bir rekonstrüksiyonun farklı varyasyonlarını üretmek için dijital araçlar, öğelerin kopyalanmasına ve geri alınabilir değişikliklere izin verir.

-Depolama alanı. Dijital dosyalar kâğıt gibi zarar görebilir, ancak sabit sürücüler çizim kâğıtlarından daha az yer kaplarlar. Ayrıca farklı yedekleme şekilleri dijital dosyalar için de bir seçenektir.

Rekonstrüksiyonda bilgisayar kullanımını başlıca şu aşamalara veya kategorilere ayrılabilir³⁹:

-Görüntü verilerinin elde edilmesi

-Veri analizi ve otomatik yeniden yapılandırma

-Veri görselleştirme ve sunma.

Bonde ve ark.'na göre, sanal rekonstrüksiyonların amaçları şunlar olabilir⁴⁰:

-Mevcut yapıları modellemek ve görüntüleyenlerin bina içinde ve çevresinde hareket deneyimlemelerine olanak tanıyan

-Genellikle kamu tüketimi için

-Bir görselleştirme sağlamaktır.

- Genellikle yıkılan bir yapının üç boyutlu bir incelemesidir. Bu ikinci yaklaşımda, araştırmacı yapıyı yeniden “yeniden inşa ediyor” şeklinde düşünülebilir.

1.2. Dijital Arkeoloji Kapsamında Kullanılan Cihaz, Teçhizat ve Yazılımlar

Kültürel mirasın korunması, bakımı ve değerlendirilmesi işlemlerinde elde edilen buluntuların zarar görmeden muhafazası en önemli konulardan biridir. Arkeolojik buluntuların orijinal durumunun korunması amacıyla kullanılan kimyevi maddeler ve fiziksel yöntemlere ilave olarak “bilgi teknolojilerine dayalı yöntemler” de son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır⁴¹.

³⁸ Pospíšil 2012, 5.

³⁹ Pospíšil 2012, 8.

⁴⁰ Bonde et al. 2017, 288-320.

⁴¹ Karaarslan 2014, 62-70.

Bilişim; TDK tarafından “insanoğlunun teknik, ekonomik ve toplumsal alanlardaki iletişimde kullandığı ve bilimin dayanağı olan bilginin özellikle elektronik makineler aracılığıyla düzenli ve akla uygun bir biçimde işlenmesi bilimi, enformatik”, bilişim teknolojisi ise “bilişimde kullanılan bütün araç ve gereçlerin oluşturduğu sistem” şeklinde tanımlanmaktadır⁴².

Alman bilgisayar bilimcisi Karl Steinbuch, 1957 yılında “*Informatik: Automatische Informationsverarbeitung*/Bilişim: Otomatik Bilgi İşleme” başlığı ile yazdığı makalesinde “bilişim” kelimesi ilk defa kullanılmıştır⁴³. Bilişim günümüzde “bilginin başta bilgisayar olmak üzere her türlü teknolojik donanım ile işlenmesini ifade etmektedir”⁴⁴.

Laudon ve Laudon’a göre ihtiyaç duyulan tüm yazılım ve donanım “bilişim teknolojisi” (*information technology*-IT) olarak adlandırılmaktadır. Bu, bilgisayar, depolama aygıtları ve taşınabilir mobil aygıtları işletim sistemleri, ofis programları ve çok sayıda bilgisayar programını da kapsamaktadır⁴⁵.

Bilgisayarın çalışma şekli, gelişen bilgisayar teknolojisi ağ bağlantıları ve internet sayesinde mekân bakımından çok uzak yerlerde bulunan bilgisayarların irtibatını kolaylaştırmış ve bilginin anında dünyanın her tarafına yayılmasını kolaylaştırmıştır. Teknolojik gelişmeler “bilgisayar, elektronik ve telekomünikasyon alanında” birbiri ile bütünleşik bir yapı göstermektedir. Bilgisayarlarda yazılım ve ağlarda yaşanan dönüşüm sonucunda meydana gelen “yapay zekâ” gelişmesi gelinen son noktaya işaret etmektedir⁴⁶.

“Bilişim toplumunun yolunun açılması ve gerçekleşmesi, "içerik" (bilgi) ve "teknolojinin (bilgi teknolojisi) bütünleşmesiyle sağlanacaktır”⁴⁷. Gelişen teknoloji ile beraber veri işlem, iletişim ve ölçüm aygıtları günümüzde arkeolojik çalışmalarda da yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayar ve ölçüm cihazları, bu cihazların kendi kontrolleri için üretilmiş yazılım ve destek programları ile bilgisayarda veri alışverişlerinin yapılması, hatta doğrudan kazıda kullanılan cihazların bölgeye adaptasyonu için bilgisayarlarla yapılandırılmasına başlanmıştır⁴⁸.

⁴²TDK <https://sozluk.gov.tr/?kelime=bilgisayar> (15.03.2020).

⁴³ Steinbuch 1957, 171.

⁴⁴ Binici 2018, 1-22.

⁴⁵ Laudon - Laudon 2014, 45.

⁴⁶ Geray 1994, 34-35 ; Özgül 2015, 457-473.

⁴⁷Hamza Yıldırım, http://hamzayildirim.meb.k12.tr/icerikler/bilisim-teknolojisi-nedir_399424.html (15.03.2020).

⁴⁸ Eryılmaz - Çakır 2014, 2-6.

Genel olarak, karmaşık yapılar içeren arkeolojik keşiflerin, bilgilerin en iyi şekilde geri kazanılmasını ve korunmasını sağlamak için en son dokümantasyon yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yöntemler, kurtarma zamanından itibaren tüm bilgilerin gelecek kuşak araştırmacılar tarafından kullanılabilir olmasını ve bilgi kaybının asgari düzeyde tutulmasını garanti etmelidir. Bununla birlikte, esasen dijital hak yönetimi ve depolama olanakları ile ilgili sınırlamalar nedeniyle bu ideal uygulamaya henüz ulaşamamıştır. Ancak 3D tarama arkeolojik alan dokümantasyonu için en kullanışlı araçtır. 3B işletim sistemlerin birleşimi için şu faktörler incelenmelidir⁴⁹:

- Kazı alanının erişilebilirliği,
- Araştırmanın yapılacağı yüze yapısı,
- Gerekli çözünürlük,
- Verilerin kullanılabilirliği,
- Daha sonraki çalışmalar için kullanılabilirlik,
- En son teknolojiye sahip sistemler.

1.2.1. Dijital Arkeoloji Kapsamında Kullanılan Cihaz ve Teçhizatlar

Cihaz ve teçhizatlar denilince hemen hemen tüm elektronik donanım ve ekipmanları bu listeye eklemek mümkündür. Ancak burada listelenecek ekipmanlar, arkeolojik kazılarda kullanılacak ve günümüz şartlarında kullanılması gereken cihazlar ve teçhizatlar olacaktır.

- Arkeolojik kazı ve araştırma alanlarında kullanıma uygun olan araçlar başlıca⁵⁰;
- Bilgisayar (Taşınabilir veya Masaüstü) ve Tablet /Pocket PC
 - Profesyonel Kamera
 - Total Station
 - Drone
 - GPR
 - GPS
 - LiDAR
 - Lazer Tarayıcı şeklinde listelenebilir.

⁴⁹ Siebke et al. 2018, 2-11.

⁵⁰ Kalaycı 2018, 69-108.

Bu araçların kullanımı için kendilerine has yazılım ve sürücülerine ihtiyaç duyulmaktadır. Sürücüler, cihazı bilgisayar üzerinden tanıtır, kullanılacak bilgisayarı cihaza adapte ederler. Bu ek yazılımlar sayesinde bilgisayar ile rahatlıkla kontrol edilebilir hale getirilen cihazlar üzerinden sadece veri alışverişi değil, değişiklikler de yapmak mümkündür.

TotalStation

TotalStation'lar, yatay mesafeyi ve dikey yüksekliği hesaplayan ve görüntüleyen algoritmalar içermektedir. TotalStation'lar (TS), (Elektronik Teodolitler (ET)) “prizmatik bir reflektör yardımı ile işaretlenen seçili noktaların kartezyen koordinatlarını (dik eksen) hesaplamak için kullanılmaktadır. TotalStation'lar teodolitlerin ve nivoların geliştirilmesi sonucudur. Ölçülen değerler yeni nesil aletlerde otomatik olarak verilmektedir. Total Station ölçümlerinin sıcaklık, basınç ve bağıl nemde meydana gelebilecek değişikliklerden etkilenmesi söz konusu olmakla birlikte bu durum düzeltilebilmektedir. Ayrıca dış darbeler ölçülen değerlerin doğruluğunu azaltır. Nesnelere hareketi, ışın kesintileri ve yüksek ısı da benzer sonuçlara neden olabilir. Bu nedenle cihazın ön kontrol ve ayarlarının kontrolü çalışma öncesi önem taşımaktadır⁵¹.

TotalStation'lar “yatay-düşey doğrultu ve mesafe ölçümleri yapabilen” jeodezik ölçme aletleridir. Bir Total Station ölçümünde, reflektöre yönlendirilen kızılötesi (*InfraRed-IR*) ışınının TotalStation'a dönmesi sonucunda, ışının 'uçuş süresi' '*time-of-flight*' (TOF) ölçülür ve böylece TotalStation'ın reflektöre olan mesafesi hesaplanır. Ayrıca Total Station noktasından seçilen noktaya olan zenit ve yatay doğrultu açıları da ölçülebilir. Böylece durulan noktadan, bakılan hedef noktasının ölçülen kutupsal koordinatları daha sonra seçilen bir referans sisteme göre milimetre ve daha yüksek doğrulukla yerel “Kartezyen Koordinatlara” dönüştürülür. Robotik TotalStation'lar ile gözlem noktasından ölçülecek noktalara olan mesafe ve açı değerleri belirli aralıklarla otomatik olarak ölçülebilmektedir. Modern Robotik TotalStation'lar açı değerini 0.5 cc ile ölçebilir. Normal TotalStation'lar ile 5-10 cc aralığında açı ölçümleri gerçekleştirilebilirken, Robotik Total Stationlarla mesafe ölçümleri 0.1 mm doğrulukla ve normal arazi ölçümleri de 1 mm doğrulukla gerçekleştirmek mümkün olmaktadır⁵².

Robotik TotalStation'lar veya robotik teodolitler, TotalStation'ların modern bir çeşididir. Robotik TotalStation'lar hedef noktaya yönelme ve ölçme işlemini otomatik

⁵¹ Schofield - Breach 2007, 622.

⁵² Pehlivan 2019, 1018-1027.

olarak gerçekleştirerek kayıt eder. Bu işlemin hangi ölçme aralıklarında gerçekleştirileceğine kullanıcı tarafından karar verilir. Robotik TotalStation'lar ile hareketli bir reflektör izlenebilir ya da belirlenmiş bir zaman aralığında belli reflektörlere yönelme sağlanarak ölçümler gerçekleştirilebilir. Bu avantajlarından dolayı, Robotik TotalStation'lar çok sayıda ölçme ve mühendislik projelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Fig. 1)⁵³.

Yeni nesil Lazerli TotalStation'lar reflektöre ihtiyaç duymaksızın işlem yürütebilmektedir. Tek bir operatör ile ölçülecek yeri kolayca ölçebilir. Ulaşmakta zorluk çekilen bir noktaya lazer ışını göndererek koordinat, açı ve kot değerleri kolayca elde edilebilir⁵⁴.

TotalStation'a özel tasarlanmış tripodlar bulunmaktadır. Bağlama vidası kameralara göre daha farklıdır. Üzerinde denge ayarı için su terazisi ve milimetrik ayarlar için üç adet vida açıklığı bulunmaktadır. Cihazın öncelikle tam olarak ölçüm yapılacak koordinatta yer alması gerekiyor. Bunun için total station ile ölçüm yapılması, ya da GPS ile poligon atılarak bölgenin saptanması gerekmektedir. Station, bulunan konum için koordinatlar ve cihazın yüksekliği, daha sonra bakılacak noktanın koordinatları girilmeli. Tüm bu işlemler "Topografya" bölümünden yapılabilir. Arazide ölçülecek nokta "Mesafe->Kayıt" veya "Hepsi" üzerinden Total Station hafızasına kaydedilebilir. Total Station veri aktarımı USB kablo aracılığı ile gerçekleştirilebilir. Bu çıktılar tüm CAD programlarında çalışabilmekte ve bu programlar aracılığı ile ekleme yapılabilmektedir.

Reflektörsüz Total Station kullanılarak yapılan rölöve çalışmalarında ölçüm işlemi kısa bir sürede gerçekleştirilerek hız ve ekonomi yönünden avantaj sağlanmaktadır. Ayrıca klasik rölöve alımına göre daha duyarlı sonuçlar elde edilerek öngörülen duyarlılığa ulaşılabilmektedir. Lazer Total Station ile yapılan rölöve çalışmaları cephe ve planlamalarda daha uygun sonuçlar verdiği, desen çalışmalarında, geleneksel ve fotogrametrik yöntemlerle yapılan rölöve çalışmalarının tercih edildiği gözlenmektedir⁵⁵.

Reda ve Bedada, Total Stationların kalibrasyonunu reflektörsüz mesafe ölçümünde muhtemel hata kaynaklarını inceledikleri çalışmalarında yüzey renklerinin mesafe ölçümü üzerindeki etkisini istatistiksel olarak eşit bulmuşlardır. Ayrıca, *insidans* açısının mesafe ölçümü üzerindeki etkisinin kontrolünde, hedefteki olay açısı arttıkça

⁵³ Psimoulis - Stiros 2008, 389-403 ; Lienhart et al. 2016, 1-8.

⁵⁴ Lambrou 2018, 11-23.

⁵⁵ Akdeniz et al. 2011, 1-5.

hata mesafesinin de arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Otomatik hedef tanıma modunun hassas ölçüm için en çok tavsiye edilen teknik olduğunu savunmaktadırlar⁵⁶.

Total Stationlar, Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS) ve 3D optik cihazlardan yararlanan dolaylı tekniklerin kullanımı ile ilgilidir. Bu sayede⁵⁷:

- Kullanılan zaman kısa ve doğruluk daha yüksektir,
- Arkeolojik nesnelere olası zararlardan kaçınarak temas ölçümleri gerektirmez,
- Son zamanlarda çok çeşitli düşük maliyetli sensörler ve işleme algoritmaları kullanıma sunulmuştur

Drone

İnsansız Hava Aracı (İHA); pilotsuz ve yolcusuz, sadece gerekli teçhizat (video kamera, fotoğraf makinesi, GNSS, lazer tarama cihazı, vb.) ile ve uzaktan kumandalı olarak ve/veya otomatik şekilde uçarak belirlenmiş görevi yerine getiren bir çeşit uçaktır. İHA'lar uluslararası literatürde "Drone" veya "UAV/UAS (*Unmanned Aerial Vehicle/Systems*)" olarak tanımlanmakta olup, belirli teknik özellikler dışında gerçekte aynı anlama gelmektedirler. İHA'lar, yerdeki kullanıcının uzaktan kumanda ile yöneterek planlanan işi yaptırılan veya tasarlanan görevle ilgili uçuş programı sayesinde otomatik olarak görev yaptırılan hava araçlarıdır. Bunlar için çok genel olarak; teknik özelliklerine göre (ağırlıklarına göre, yakıt/enerji kaynağına göre, kanat yapısına göre, otomatik veya uzaktan kumandalı olmasına göre, vb.) ve kullanım amaçlarına göre (askeri amaçlı (keşif, silah, saldırı vb.) ve sivil (hobi, bilimsel ve ticari))iki ana sınıflandırma yapmak olanaklıdır⁵⁸.

Resmi olarak insansız hava araçları (İHA) olarak adlandırılan mini Dronelerin gelişimi, nispeten küçük boyutları ve tarım, fotoğrafçılık, gözetim ve çok sayıda kamu hizmeti gibi bir yerleşik pilot olmadan uçabilme yetenekleri nedeniyle sonsuz ticari uygulamalara sahiptir⁵⁹.

Üç ana Drone türü vardır: döner kanat, sabit kanat ve havadan daha hafif (*lighter-than-air*). En yaygın Drone konfigürasyonu dört, altı veya sekiz pervaneli çok rotorludur. Bu pervaneler sayesinde itme ve manevra güçleri ortaya çıkmaktadır. Bu cihazlara

⁵⁶ Reda - Bedada 2012, s.54

⁵⁷ Remondino 2011, 1104-1138.

⁵⁸ Kahveci - Can 2017, 511-535.

⁵⁹ Kaleem et al. 2018, 150-159.

ağırlığını bozmayacak seviyelerde farklı cihaz ve eklentiler yapılabilir ve bu modifikasyonlarla daha verimli işler yürütülebilir⁶⁰.

İHA'nın temel bileşenleri⁶¹;

- Ana gövde (iskelet, kanat, pervane, motor ve batarya),
- Kontrol birimini oluşturan elektronik algılayıcılar, haberleşme elektroniği, GNSS,
- Kullanım amacına dönük sensör, kamera vd. algılayıcılar,
- İHA planlama, uçuş ve yönetimi amaçlı haberleşme, yazılım ve donanımdan oluşmaktadır.

Dört pervane kanalının sebebi dengelemedir. Konsoldan manevra komutu veya doğrudan *stickler* ile yukarı, aşağı, sağa ve sola gitmesini sağlayabilirsiniz. Bu manevra 2 pervanenin serbest hareketi ile gerçekleşiyor. Manevra komutuna göre bu pervaneler bükülmekte ve akımın yönünü değiştirerek hareket etmesini sağlamaktadır. Genelde bu pervanelerin konumları aerodinamik açılarından simetrik şekillerde yerleştirilir. Pervane sayısı da değişiklik gösterebilir. 4,6,8 ve 10 pervaneli modeller bulunmaktadır. Genel olarak pervane sayısındaki artışa göre Drone hacmi de büyümektedir (Fig. 2).

Doğru bir İHA araştırması elde etmek için metrik yaklaşım elde edilecek verinin, görüntüsü, koordinatları ve kamera merkezinin yüksekliği ile ilgilidir. Bunlar, ya karasal topografik yer kontrol noktaları (GCP'ler) kullanılarak geleneksel bir fotogrametrik yaklaşımla ya da doğrudan kamera coğrafi referansı ile (yerleşik GNSS ve IMU sensörlerinden türetilen önlemler kullanılarak) hesaplanabilmektedir. Son yıllarda, çeşitli jeo-uzamsal bilgi sistemlerini üretmek, güncellemek ve entegre etmek için birçok platform geliştirilmiştir ve bunlarda farklı teknikler kullanılmaktadır⁶².

Standart Drone genellikle Wifi veya infrared bağlantı ile kumanda edilebilmektedir. Bazı gelişmiş modellerde GPS ile uydu yoluyla kontrol yapılmaktadır. Bu Dronelar uzun mesafelere kadar ilerleyebilen gelişmiş aygıtlardır. Konsolda LCD ekran bulunmaktadır. Bulunmuyorsa bile çeşitli modifikasyonlar ki bu modifikasyonların büyük çoğunluğu GoPro tarzı kameralardır, cep telefonu veya tablet vasıtasıyla da ekran oluşturulmaktadır. Bu ekran sayesinde Drone'un teknik özellikleri, batarya seviyesi ve çeşitli kontrollerine erişim sağlanabilmektedir.

⁶⁰ Pwc - Agoria 2018, 1-54.

⁶¹ Torun 2017, 35-52.

⁶² Chiabrando 2018, 1-16.

Konsol panelinde sağ ve sol manevraları, irtifa manevraları ve *acceleration* yani gaz ayarı vermeye yönelik stickler ve butonlar bulunmaktadır. Güç düzeyleri de kontrol edilebilir. Bazı gelişmiş versiyonlarda ne kadar yük kapasitesi olduğu ve ne kadar uzaklıkta kontrolden çıkacağı şeklinde bir takım sinyaller de yer almaktadır. Genel olarak menzil dışına çıkmış Dronelar otomatik olarak “*Stand By*” pozisyonuna gelir ve kendisini beklemeye alırlar.

Yeniden şarj edilmeye uygun pil ile güç sağlanmaktadır. Bazı modeller doğrudan benzin veya benzeri yakıt vasıtasıyla çalışmaktadır. Bu tip jet yakıtıyla çalışan Dronelar çok yüksek hızlara çıkabilir, ağır yükler taşıyabilir, pervane dışında mini jet motoru ile “*Take off*”⁶³ durumuna gelebilir (Fig. 3).

İnsansız hava araçlarının en yoğun olarak kullanıldığı alanlardan birisi Arkeolojik alanlardır. Arkeolojik alanlar, bilinçsizce yapılan kazılar nedeniyle süratle değişime maruz kalabildiğinden sürekli izlenmesi gereken alanlardır. Ayrıca bu alanların gelecek nesillere aktarılabilmesi için belgelenme ihtiyacı da açıktır. İHA’lar kullanılarak arkeolojik alanlarda kazılar izlenmesi, bu alanların sayısal arazi ve sayısal yükseklik modellerinin üretilmesi, arkeolojik alanların ortofoto görüntülerinin ve sayısal haritalarının üretilmesinde sıklıkla kullanılmaktadırlar⁶⁴.

Droneların genel kullanıma alanları:⁶⁵

- Harita üretimi,
- Güncel ortofoto üretimi,
- Sayısal arazi ve yüzey modeli üretimi,
- İnşaat alanlarının kazı-dolgu hesapları takibi,
- Maden sahaları, taş ocakları ve çöp atık sahalarının haritalaması,
- Kaçak yapılaşmanın periyodik olarak tespit ve takibinin yapılması,
- Sanayi bölgelerinin ve tesislerinin haritalanması,
- Arkeolojik çalışma alanlarının haritalanması,
- Bataklık alanların ölçümü ve haritalaması,
- Doğal Afet bölgelerinin acil durum haritalarının çıkarılması ve bölgenin izlenmesi,
- Kentsel dönüşüm alanlarının ve mera alanlarının ölçülmesi,

⁶³ Havacılık literatüründe “Kalkış” olarak kullanılır.

⁶⁴ Cömert et al. 2012, 1-8.

⁶⁵ <http://www.arceproje.com.tr/faaliyet-detay/drone-ile-3d-haritalama> (23.05.2024).

- Tarım arazilerindeki bitki örtülerine ait verimlilik analizlerinin yapılması ve sulama alanları ve hasar tespitlerinin yapılması,
- Güneş enerji santrallerinin yerleşim alanlarının 3 boyutlu ve hassas olarak ölçülmesi,

Dronelar kullanım açısından oldukça geniş bir yelpazeye sahiptir. Arkeolojik çalışmalardan, askeri savunma sistemlerine, casusluk araçlarından belgesel çekimlerine kadar pek çok alanda hizmet Drone ile sağlanabilir. Standart Dronelar 100 m²'lik bir alanda kolayca kullanılabilir. Wi-fi bağlantısı ile komutlar verilmektedir. Bu tip standart Dronelara mini kameralar takılabilir. Her ne kadar küçük de olsa bu kameralar 12-18 *mega piksel* aralığına sahip kameralardır ve 1080p gibi yüksek çözünürlüklü çekimler yapmaya olanak tanır. Bu sayede yüksek noktalardan kaliteli fotoğraflar ve videolar çekilebilir⁶⁶.

İleri derecede olan ve arkeolojik çalışmalar içerisinde kullanılması gereken gelişmiş GPS ile komuta edilebilen bazı modeller bulunmaktadır. Bu grup Dronelar, yukarıda belirttiğim üzere mini akü, jet yakıtı ve benzin ile çalışmaktadır. GPS kontrollü bu Dronelar profesyonel kamera ile çekim yapmaktadır. Bu tarz Dronelar aynı zamanda çeşitli aparatlar ile donatılabilir. Bu aparatlar çoğunlukla LiDAR'lardır. LiDAR eklenen Dronelar GPR Drone olarak geçmektedir. Kendi ağırlığı ile 2-7 kg arasında yük taşıyabilmektedir. Bazı modelleri iskelet ağırlığında 50 kg'a kadar ulaşabilmektedir. Kazı alanında profesyonel fotoğraflama ile birlikte yer altı radarı da kullanılmaya başlanacağı için çoklu alanda fayda sağlayan portatif aletlere dönüşür. Çalışılacak alanın saptanması, saptanan alanın hangi kısımlarında çalışılması gerektiğine dair bilgiler, bilgisayar ve mobil PDA ortamlarına transfer edilerek projenin belirlenmesine de olanak tanımaktadır. Bu tip cihazlar sürücü yazılımlarına da sahiptir. Bu sayede bilgisayar üzerinden de veri transferi sağlanabilmekte, elde edilen veriler üç boyutlu çizim ortamlarına gönderilebilmekte veya yerine göre buluntuları saptama amacıyla spektrum analizleri için de kullanılabilir⁶⁷.

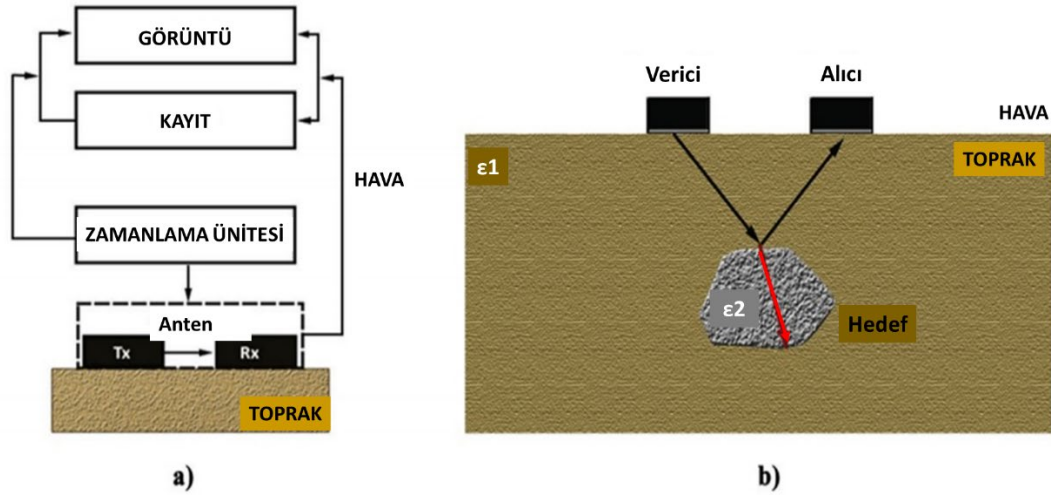
⁶⁶ Cömert et al. 2012, 4

⁶⁷ Cömert et al. 2012, 5.

GPR ve Çalışma Prensibi

GPR⁶⁸ (*Ground Penetrating Radar*-Yeraltı Radarı), yeraltı haritasını eşleştirmek için 10 MHz ila 2 GHz frekans aralığında radyo dalgalarını kullanan tahribatsız bir elektromanyetik (EM) jeofizik tekniktir. Yeraltı özelliklerini ölçmek için radyo dalgası sinyallerini kullanma konusunda bildirilen ilk defa 1956 yılında kullanılmıştır. Yöntemin gelişimi, elektronik ve bilgisayar teknolojisinde yaşanan gelişmeler sonucunda 1970'ten sonra önemli ölçüde gelişme göstermiştir. Ancak esas ilerleme 1985'ten sonra olmuştur⁶⁹.

GPR bir elektromanyetik tekniktir (EM) ve çalışma prensibi sismik yansıma yöntemiyle benzerlik göstermektedir. Tipik bir GPR sistemi anten, zamanlama ünitesi ve portatif bir bilgisayardan oluşur (Ek 4). Anten, bir verici (Tx) ve bir alıcı (Rx) aracılığıyla EM enerjisinin (10 ~ 2000 MHz) yayılmasından ve tespit edilmesinden sorumludur. Zamanlama ünitesi, radar sinyalinin oluşumunu kontrol ettiği ve alınan sinyalleri zamanın bir fonksiyonu olarak dönüştürdüğü için en önemli kısımdır. Taşınabilir bilgisayar, verileri depolamak için kullanılır ve gerçek zamanlı olarak görüntüler⁷⁰.



EK 4 - GPR'nin Çalışma Prensibi

- Sistem bileşenleri.
- EM dalgalarının topraktan farklı elektriksel özellikleri olan bir sınırı ($\epsilon_1 > \epsilon_2$) karşıladıklarında davranışı. Enerjinin bir kısmı yüzeye yansıtılır ve bir diğeri (kırmızı ok) daha derin seviyelere yayılır.)

⁶⁸ *Ground Penetrating Radar*, Yeraltı radarı

⁶⁹ Annan 2002, 253-270.

⁷⁰ Manataki 2015, 13-22.

Radarlar verici aracılığıyla elektromanyetik sinyal üretmek için çalışmaktadır. Yeraltında ilerleyen dalgalar herhangi bir metal, boşluk, (dehliz, mahzen) ve benzeri yapılar ile karşılaştığında yansıma veya saçılmaya uğrayarak tekrar yukarı çıkarlar ve yüzeydeki alıcı anten veya sonda, kontrol ünitesi ve kayıt cihazı ile kayıt edilir. Elde edilen verilerin üzerinde spektrum analizi ile karşılaşılan nesnenin ne olabileceği konusunda fikirler de vermektedir (Fig. 4)⁷¹.

Jeofizik yöntemleri içerisinde yer radarı, yüzeye yakın noktada, sığ araştırmalarda yaygın kullanılan, yüksek frekanslı elektromanyetik "EM" yöntem olarak başvurulmuş bir cihazdır. GPR radarlarının kullanım açısından oldukça basit olması, bunun yanında çok hızlı veri toplayabilmesi, veri edinimi sırasında çalışılan alanda herhangi bir tahribat oluşturmaması, santimetrik düzeyde yüksek çözünürlüklü, iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) gösterimi detaylı ve oldukça hızlı bir şekilde yeraltında bulunan nesnelerin görüntüsünü vermektedir. Bu şekilde, yapıların konum ve derinliklerinin çok daha net şekilde saptanabilmesi, özellikle 3D görüntüleme ile karmaşık yapıları bölgelerde aranan özel yapının kararlaştırılması, oldukça etkin görüntü ile sunulabilmesi özellikleri nedeniyle tüm sığ bölge araştırmalarında, son zamanlarda en çok kullanılan jeofizik yöntemi olarak karşımıza çıkmaya başlamıştır. Bu aygıt, araba arkalarına monte edilebilmekte, Drone vasıtasıyla yüksek noktalardan da kullanılabilir. Optimizasyon ve modifikasyonlara oldukça elverişli bir cihazdır. Bu nedenle Arkeolojik çalışmalarda tahribat yapmadan, kararlı veriler ile kolayca istenilen bilgiye erişmeye olanak tanımaktadır. En yaygın kullanıldığı alan Jeoloji, Jeofizik ve Arkeolojidir.⁷²

Yapılan çalışmalar, arkeologlar ve geliştiriciler için GPR araştırmalarının yararlılığını çeşitli yollarla göstermiştir. GPR verilerinin arkeolojik alanları araştırarak:

- Toprak tabakalarını müdahalesiz olarak karakterize edilmesi
- Yeraltı özelliklerini doğal olarak bulma
- Kaçınılması gereken potansiyel materyalleri veya bozuk alanların tespit edilmesi
- Önemli özellikleri temsil edebilecek anormal sinyallerin haritalanması
- Belirli durumlarda, belirli özellikleri tahmin etmek ve karakterize etmek için kullanılabilir⁷³.
- Buz kalınlığının araştırılması
- Arkeolojik kazı alanları

⁷¹ Daniels 2000, 1-21.

⁷²<https://www.tespit.com.tr/jeoradar.php> (22.04.2024).

⁷³ Bjelajac et al. 1995, 5-12.

- Biyoloji ve biyofizik
- Köprü çalışmaları
- İnşaatlar
- Kara mayınlarını saptama
- Çevresel etkilerde ve çevresel görüntüleme
- Jeoteknik araştırmalar
- Yer altı suyu araştırmaları
- Alt yapı incelemeleri
- Karstik yapıların saptanması
- Maden aramaları
- Göl ve nehirlerin don kırıklarının araştırılması
- Kara yolları, hava alanları, demir yolları
- Sedimentolojik yapıların incelenmesi
- Tarım
- Yer altı boşluklarının taranması
- Volkanik hareketlerin araştırılması
- Mermer ocaklarındaki kırık-çatlak sistemlerinin araştırılması

Üzerinde araştırma yapılacak coğrafi yapının özelliklerine yönelik ön hazırlık yapılması gerekmektedir. Yapılan ön hazırlık, veri edinme için önemli bir basamaktır. Bu ön aşamalar şunlar olmalıdır:⁷⁴

- Aranılan nesnenin şekli hakkında bilgi
- Çalışma yapılacak alanın, yöntem için uygun olup olmaması
- İnilmesi gereken derinliğin mesafesi
- Anten frekansı ayarının coğrafi koşullara uygunluğu
- Örnekleme aralığı, ölçüm aralığı, kayıt zamanı, anten aralığı, profil yönü ve aralığı hakkında ön bilgi oluşturulması.

Bu aşamalar, araştırma yapılacak bölgedeki verilerin kesinliği için oldukça önemlidir.

GPR Sistemi çalıştırılmadan önce yapılması gereken kontroller şunlardır:⁷⁵

- GPR'ın çalışabilmesi için bataryanın şarj düzeyi kontrol edilmelidir.
- Anten düzeneği veya bir sonra hazırlanmalıdır.
- Anten veya sonda, fiber optik kablo ile kontrol mekanizmasına bağlanmalıdır.

⁷⁴ <https://www.tespit.com.tr/jeoradar.php> (22.04.2024).

⁷⁵ <https://www.tespit.com.tr/jeoradar.php> (22.04.2024).

-Ölçü alımı için kullanılan yazılım üzerinde, ölçüm almak üzere parametre girilmelidir.

-Sinyal kontrolü yapılmalıdır.

-Kullanılan antenin iletim frekansı ve örnekleme aralığının parametreleri gözetilmesi ve standart bir aralık kullanılmalıdır.

Tüm hazırlıklar, veri toplamaya hazır olduğunda çalışma başlatılabilir. Bu yöntemde özellikle çalışma alanında ön hazırlık yapılması gerekmektedir. Çalışma alanının koordinatları işaretlenir. Bu koordinatlar arasında yer radarı çalışma yapılmalıdır.

Araştırma derinliği, amaca uygun seçilen farklı frekanslı anten ve sondalara göre değişiklik göstermektedir. Antenin merkez frekansı arttıkça, araştırılan derinlik azalır. Bu derinlikteki değişimi belirlemedeki düşey ayrımlılık santimetrik cinsten hassasiyete yükselir. Frekans azaldıkça derinlik artar. Buna karşı duyarlılık azalacaktır. Kullanılan anten veya sondanın frekansı ortam iletkenliğine veya çevresel etmenlere karşı farklılık gösterir. GPR destekli Dronelar olarak bilinen teçhizatların kullanımı ile benzer şekilde çalışmaktadır. Aradaki fark yazılım ve kullanım biçimidir⁷⁶.

GPS ve Çalışma Prensipleri

Küresel Konumlama Sistemi (GPS-*Global Positioning System*), “ABD Hava Kuvvetleri tarafından işletilen ve sürekli zaman sinyallerini sürekli olarak yayınlayan askeri bir uzay sistemidir”. Bu sinyaller dünya çapında konum, navigasyon ve zamanlamaya yardımcı olmak için kullanılmaktadır. GPS, sivil, bilimsel ve ticari çalışmaları da destekleyebilmektedir⁷⁷.

GPS’in ilk üretim amacı askeri alanda kullanım içindir. Alıcıların yön bulma ve askeri operasyonlarda, roket mekanizmasının yön bulmasında, kıtalar arası güdümlü füzeler ve hassas güdümlü roketlerde, balistik olarak üretilen füze ve roketlerin fırlatma pozisyonlarının daha doğru şekilde saptanmasında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. 1983’te Kore yolcu uçağının hatalı navigasyon oluşturması nedeniyle kısıtlanmış yasak hava sahasına giriş yapıp düşürülmesi ve bununla beraber 269 yolcunun ölümüne sebep olması ile sivil kullanım için optimizasyonları yapılmak üzere kullanıma başlanmıştır.

GPS’in amacı, dünya etrafında yer alan uydular vasıtasıyla yerde bulunan nesnelerin konumlarını belirlemektir. GPS, Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığına tarafından geliştirilmiştir. Dünyanın çevresinde yirmi dört adet GPS uydusu

⁷⁶ <https://www.tespit.com.tr/jeoradar.php> (22.04.2024).

⁷⁷ Pace et al. 1995. https://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR614.html.

yerleştirilmiş durumdadır. Bunların on sekiz tanesi aktif şekilde çalışan, altı tanesi olası bozulma ve arızalar için yedekte tutulan uydulardır. Bu uyduların tamamı, Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığına aittir. Bu uydular çok düşük güçlü radyo frekansları yayarlar. Yüzeydeki bu radyo frekanslarını almak üzere tasarlanmış GPS alıcısı, frekansları alır ve dönüştürür. Böylece konum saptaması yapılır⁷⁸.

Navigasyon, hız ve konum ölçümlerindeki kesinliği oluşturmak ve belirlemede kullanılmaktadır. Harita oluşturma, sivil ve askeri alanda strateji ve ihtiyaca göre harita çiziminde kullanımıdır. İzlemede kullanım, insan, araç ve nesnelerin GPS üzerinden konumunun saptanması ve izlenmesiyle rol almaya başlamıştır.

Jeolojide, yerkabuğundaki tektonik hareketler ve bu hareketlerin izlenmesinde, deprem analizlerini sağlama amacıyla kullanıma girmiştir. Arkeolojide, kazı alanının saptanması, Total Station, Drone ve hava fotoğrafçılığı, Haritalama olaylarının kesinlik sağlaması amacıyla kullanılmaya başlanmıştır.

Uydular güneş enerjisi ile çalışmasına karşın, ani güç kesintileri için yedek batarya barındırır. Yörüngeden sapma ihtimalini göz önünde bulundurulması durumunda bu sorunun çözülmesi için küçük itici roket, yani “*thruster*”lar bulundurulur. Bu uyduların konum saptama için kullanılması amaçlanmıştır. Dünya yörüngesinde daha önce de belirtildiği üzere yirmi dört adet GPS uydusu bulunmaktadır. Bunların on sekiz tanesi aktif görevdedir.

Yeryüzünde -sadece yeryüzünde değil, menzil içindeki herhangi bir nokta da olabilir- üçlü koordinat sistemi ile konum belirlenir. Bu üçlü koordinat sistemi X-Y-Z şeklinde belirtilir, tıpkı uzay geometrisinde olduğu gibi. Bu şekilde üç boyutlu evrende herhangi bir konum belirlenebilir. Bu konumun belirlenmesi için “*Point of Origin*” yani başlangıç noktasının belirtilmesi gerekmektedir. Hesaplama GPS alıcısı, uydular ile haberleşir ve dört uydunun konum ihtimalleri üzerine kesişimi bir nokta oluşturur. Bu hedef noktasıdır. Ancak durum ve zorluklara göre GPS alıcısı, maksimum 12 adet uydu ile haberleşir.

GPS hesaplarında, Albert Einstein’ın “Görelilik Kuramı” baz alınmaktadır. Aksi takdirde sistem yeterli hassasiyette ölçüm yapamayacak ve çalışmaz duruma gelecektir. Yörüngede, Yeryüzünden 20.000 km uzaklıkta çalışan uydular, bu mesafedeki çekim etkisi ile dünyaya göre daha serbest bir yerçekimi etkisinde çalışır. Bu da görelilik kuramına göre zamanın daha hızlı akması anlamına gelmektedir. Bu, uydunun yer

⁷⁸ Kalaycı 2018, 71.

yüzeyine göre 7 mikro saniye zamanda daha hızlı hareket etmesi anlamına gelir. Bu nedenle Dünya ve Uydu arasında 38 mikro saniyelik günlük zaman farkı oluşur.

GPS uyduları nano saniyeler ile çalışmaktadır. Kısacası çok büyük sapmalara sebep olabilir. Bu sorunun giderilmesi için uydularda atomik saatler yer almaktadır. Bu saatler ile anlık düzeltmeler yapılır ve uydu kendi kendini otomatik olarak Dünya’da geçen zamana optimize eder. Bu şekilde zaman ve konum sorununa çözüm bulunmuş olacaktır. Bu durum, Einstein’ın Görelilik Kuramını göz ardı etseydi, zamanda sapmalar oluşacak ve uydu, konumun belirlenmesinde sıkıntı yaşayacaktı. Bu düzeltme sayesinde hata ihtimalleri sıfıra kadar indirgenmiştir.

GPS’in Yapısı

Uydu Segmenti, Kullanıcı ve Kontrol Segmenti olarak üç ana kısımdan oluşur. Sivil ve askeri kullanıcıları kapsayan kullanıcı segmentidir. Bu segment sinyal algılayıcı detektör ve bu sinyali işlemek için üretilen bir işlemciden oluşmaktadır. Verimli ve düzgün şekilde sistemin işlemlerini saylayan Kontrol Segmenti’dir. Vericiden alınan sinyali anlık şekilde güncelleyerek uyduların yörüngede istenilen şekilde dönmesini sağlar.

Günümüzde 3 çeşit GPS alıcısı üretilmektedir. Konum belirleme işlemlerinde alıcılar, diferansiyel düzeltme işlemlerini kullanmaktadır. Bu yöntem ile GPS’in konumunun, *Point of Origin*, yani referans noktasına göre karşılaştırması işlemi gerçekleştirilir.

LiDAR

Lazer tarayıcı sistemleri, onarımı yapılacak nesnenin taranmasında gerekli olan esas bileşen niteliğindedir. Lazer tarayıcılar sayesinde, buluntu hassas ölçümlerle dijital ortama aktarılır ve üzerinde çalışmayı mümkün hale getirir. Bu teknik sayesinde, nesneye hiçbir temas gerçekleşmeksizin, denemeler yapılabilen ve gerekli işlemin ne yönde olacağı kararı alınabilmektedir.

Lazer tarayıcıların temel mantığı, nesneye lazer atımı ile seken ışınların, nokta bulutu yardımı ile milyonlarca noktadan oluşan ayrıntılı bir modelinin çıkarılmasıdır. Bu nokta bulutu ile tüm girinti, çıkıntı, pürüz gibi; özellikle tahribata uğramış noktaların detaylı şekilde saptanması konusunda kullanıcıya yardımcı olmaktadır. Son derece ayrıntı olan bu model üzerinde, AutoCAD ve 3DS Max gibi üç boyutlu programlar vasıtasıyla değişiklikler yapılır. Taranan nesne heykel, kâse, vazo, metal buluntular gibi 2 metreyi

nadiren geçebilecek buluntular ise, lazer tarayıcı kolayca tarayabilir ve modellerini çıkarabilir. Bu durumda tahrip olan heykel üzerinde implant uygulaması yapılarak, eksik kısımların giderilmesi kolay bir hale gelecektir (Fig. 20, 21).

Lazer tarayıcının kullanımının güç olduğu belli başlı nesnelere vardır. Büyük mimari blokların taraması, lazer tarayıcı için oldukça güç olacaktır. Bu noktada, alanı tarayarak modelini çıkarmamızı sağlayan aygıt olan LiDAR devreye girmektedir. LiDAR, bağlandığı Drone'un kontrolünde büyük yapıların etrafında kapsamlı yapacağı bir uçuş ile ayrıntılı modelini çıkarma konusunda oldukça kullanışlı olacaktır.

LiDAR verileri ile oluşturulan noktasal bulut verileri modele dökülür ve yine aynı lazer tarayıcıda olduğu gibi, üç boyutlu çizim programlarınca üzerinde değişiklikler yapılabilir. Bu sayede kırık sütun tamburu, eksik sütun başlıkları, akroter, alınlık veya kabartmalar gibi tapınaklarda yer alan fazlaca girinti-çıkıntıya sahip detaylı mimari elemanların üç boyutlu modeli üzerinden yapılacak onarım planı oluşturulur. Bu plan dahilinde yapılacak implantın ne şekilde ve hangi malzemeden yapılması gerektiği kararlaştırılır ve malzemelerin üretimi, akabinde mimari yapıya eklenerek onarım işleminin gerçekleştirilmesi işlemi yapılır (Fig. 22).

LiDAR (Light/Laser Detection and Ranging) çok çeşitli amaçlar için kullanılan bir teknolojidir. Hızlı bir şekilde yüksek doğruluğa sahip referanslandırılmış 3B veri elde etmede kullanılan bir sistemdir. LiDAR, temel olarak bir çeşit mesafe teknolojisi olarak tanımlanabilir. LiDAR sistemleri, kuruldukları platformlara göre Hava LiDAR sistemleri -Airborne LiDAR Systems (ALS) ve Yerel LiDAR Sistemleri - Terrestrial LiDAR System (TLS) ve Uydu Sistemleri olarak sınıflandırılmaktadırlar⁷⁹.

LiDAR'ın çalışma prensibi lazer ışının konumu bilinen sensörden objeye gidiş-dönüş süresinin hesaplanması esasına dayanmaktadır. Hava yoluyla çalışan LiDAR, aktif olarak zemine ışık, ışın göndermektedir. Yayılan bu ışınlar *pulse* denmektedir. LiDAR ışınları temas ettiği gibi sensöre geri yansır. Bu yansıyan ışın, bir dönüş olarak bilinir. Işın darbeleri dönüşümlü şekilde değişken mesafe sensörleri tarafından algılanmaktadır. Bu sebeple LiDAR, ışık algılama ve mesafe tayini olarak tanımlanmaktadır. LiDAR teknolojisi, GIS yani Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımları ile yönetilir (Fig. 5).

Işın algılama ve düzenleme ile aktif uzaktan algılama özelliği. Bu LiDAR'ın kendisinin kızılötesi ışın temelli *pulse* göndermesi ve ışının çarpıp geri dönmesi

⁷⁹ Polat - Uysal 2016, 679-692.

durumudur. LiDAR üzerinde sensörler bulunur ve bu sensörler aktif ve pasif şekildedir. Güneşten yansıyan enerjiyi toplayan pasif sensörler bulunmaktadır. Bu sensörler, kullanım alanına göre çeşitlilik göstermektedir. Aktif sensörler ise, platform üzerinde denetlendiği için çok keskindir. LiDAR aynı zamanda bir örnekleme aygıtıdır. Saniyede yüz altmış bin pulse gönderecek kadar güçlüdür. Nokta yoğunluğuna bağlı hassasiyeti değişkendir.

LiDAR birimi, bağlı olduğu Drone veya başka bir hava aracına bağlı şekilde yüksekten çalıştığında taranan parseli yan yana taramaktadır. Bu daha geniş bir alan yayılımı sağlar. Bazı darbeler doğrudan en alt noktada yer alır. Bu sebeple LiDAR yükseklik hesaplarırken aynı zamanda açı da hesaplamaktadır.

LiDAR ışınları her noktadan geçebilir. Bu ışının çarptığı nesnelere göre belli bir algoritma içerisinde haritalama işlemi gerçekleşmiş olur. LiDAR ışınlarında X-Işınları yer almamaktadır. Atılan pulseler ile çok sayıda nokta toplar ve arazideki engebeler, bitki örtüleri ve benzeri engeller de bunlarla beraber saptanır. LiDAR nokta bulutu verilerinin ilk dönüş ve son dönüş geri yansıma ölçümlerinden faydalanılmaktadır. İlk dönüş objenin altındaki zemine ait olmayıp, objenin kenar ya da yüzeyine çarpıp dönen yansımalarıdır⁸⁰.

LiDAR'ın Arkeolojide kullanımı

Arkeologların topoğrafyayı algılamaları LiDAR verileri sayesinde kolaylaşmaktadır. Özellikle bitki örtüsünün yoğun olduğu veriler yerine, LiDAR verilerinin kullanılmasıyla görüntü tabanlı verilerde tespit edilmesi mümkün olmayan arkeolojik kalıntıların algılanması mümkün olmaktadır⁸¹.

İleri derece LiDAR cihazları portatiftir ve ağırlıkları on ile on beş kilogram arasında değişmektedir. Bu teçhizat Dronea bağlı şekilde kullanılabilir. İki binden fazla nokta örneği oluşturarak çalışan bu cihazlar birkaç pulse ile nesneyi modelleyebilmektedirler. Bu pulseler ile elde edilen veriler PDA veya taşınabilir cihaz, mobil telefon veya tablet gibi cihazlar vasıtasıyla bilgisayar ortamına aktarılabilir veya doğrudan bilgisayar ile kullanılabilir.

LiDAR yeraltında bulunan eserler ve çıkarılmayı bekleyen nesnelere için kullanılması gereken bir cihazdır. Arkeoloji alanında kullanılacak ise. Restorasyon ve rekonstrüksiyonu yapılacak olan eser ve buluntular için, benzer şekilde çalışan başka cihazlar da mevcuttur. Bu cihazlar da LiDAR çalışma prensibi ile oluşturulmuş karmaşık

⁸⁰ Gerim - Erener 2018, 53-61.

⁸¹ Polat - Uysal 2016, 679-692.

teçhizatlarıdır. Tek fark, LiDAR'ın nüfuz ettiği bölge toprak altındadır. 1,5 ile 2 metre arasında derinlik değişkenlik göstermektedir. LiDAR üzerinden alınan çıktılar, GIS yazılımları, CAD yazılımları ve 3D çizim yazılımları üzerinden de kullanılabilir özelliktedir (Fig. 6.).

LiDAR'ın en çok tercih edilen teknoloji olmasının nedenleri:

- Çok geniş alanlarda en kısa sürede veri elde edilebilmesi,
- Arazi koşullarından bağımsız olarak zemin bilgisine ulaşabilme,
- Düşük maliyet,
- Yüksek nokta sıklığı ve çözünürlük,
- Çoklu yansıma özelliği,
- Veri otomasyonu,
- Doğrudan X,Y,Z verisine ulaşma,
- Gece, gündüz ve bulutlu havada veri toplayabilme şeklinde sıralanabilir⁸².

LiDAR'ın daha az arazi çalışmasına ihtiyaç duyması ve değerlendirme maliyetinin daha az olması nedeniyle yersel ölçme yöntemleri ve sayısal hava fotogrametrisine karşı üstünlükleri olduğu söylenebilir. Ayrıca yüksek doğrulukla sayısal yükseklik verileri sağlaması LiDAR'ı tercih edilen bir teknoloji haline getirmiştir⁸³.

LiDAR'ın yaygın olarak kullanılmasından önce, orman benzeri yoğun bitki örtüsü altında kalan alanlar genellikle geniş ölçekli arkeolojik projelerde yer alamamıştır. Ancak arkeologlar için araştırma ihtiyacı duyulan bölgeler olarak kalmıştır. Ancak çok dönüşlü (multi-return) LiDAR tarayıcılar sayesinde, artık ormanlık alanların ve kanopinin altındaki topografinin Dijital Yükseklik Modelleri (DEM) ve Dijital Arazi Modelleri (DTM) elde edilebilmektedir. LiDAR arkeolojisinin uygulanması, bitki örtüsü nedeniyle hiç görülmemiş antik kalıntıları keşfetmek için kullanılabilir⁸⁴. LiDAR'ın böyle bir alanda aldığı görüntü (Fig. 7, 8)'de gösterilmiştir. Resim 7'de ormanlık alanda maya uygarlığının havadan görüntüsü (Kuzey Guatemala), (Fig. 8)'de aynı alanın yollar ve temellerin belirginleştiği LiDAR görüntüsü verilmiştir⁸⁵.

⁸² Çelik et al. 2014, 117-125.

⁸³ Ekercin - Üstün 2004, 34-38.

⁸⁴ <https://geodetics.com/lidar-archaeology/> (22.05.2020).

⁸⁵ <http://www.larendem.com/dunya-tarihi/gizli-maya-uygarligi.html> (22.04.2020).

Portatif 3D Lazer Tarayıcı

Arkeolojik eserlerin kamera ile taranarak elde edilecek 3 boyutlu görüntüsünün hem internet ortamında hem de müzelerde ziyaretçilere ekran kullanılarak sunulması oldukça önemli bir çalışma olarak değerlendirilebilir. Bu alanda elektronik olarak kullanılan aktif sensörler, herhangi bir arkeolojik mirasın taranması ile elde edilen 3 boyutlu (3D) görüntülerin elde edilmesinde en çok kullanılan sistemdir. Tarama işlemlerinde *Coherent* (lazer) ve *coherent* olmayan ışık kaynakları kullanılır. Lazer ışık kaynaktan çıkarak eş oranlı ya da evreli olarak nesneye kadar ulaşırsa bu *coherent* ışık olarak tanımlanır. Yansıyan sinyalin daha doğru ölçülebildiği bu yöntem ile çalışan lazerler bu özelliklerinden dolayı hassas tarama sistemlerinden 3 boyutlu görüntüler elde edilmesi için kullanılırlar. Bir arkeolojik eserdeki ayrıntıların detaylı olarak belirlenebilmesi için *coherent* ışık olarak bilinen lazer ışık, en fazla kullanılan ışık kaynağıdır. Aktif sensörler, ürettikleri sinyalleri ile ölçme yapabilirken, pasif sensörler çevrelerinden aldıkları sinyalleri ölçme esasına göre çalışmaktadırlar. Örneğin pasif sensörler sıcaklık veya basınç gibi değerleri ölçerlerken aktif sensörler mesafe ve uzaklık ölçmede kullanılmaktadırlar. Böyle bir ışık sistemi ile kurulmuş bir yapıdaki bir veya daha fazla kameralı bir ışık kaynağı ile 2-3 saniyeli süreler ile 50 mikronluk detaya kadar inilebilen eski eserlerin taraması yapılabilmektedir⁸⁶.

Lazer tarayıcıların çalışma mantığı, lazer ışığı yollayarak fiziksel nesnelere, dijital ortamda görüntülerini oluşturmaktır. Herhangi bir zarar vermez. Tarama mantığında nokta bulutu oluşturma yatmaktadır. Taranan cisim noktalandırılarak ham bir görünüm kazandırır. Bu görüntü üç boyutlu stüdyo yazılımlarınca düzenlenebilir, şekli değiştirilebilir. Aynı zamanda bu oluşturulan sanal üç boyutlu görüntü, 3D yazıcılar ile yazdırılabilir özelliktedir. Lazer Tarayıcılar oldukça hassas ölçüm yapmaktadır. Bu sayede sanal ortamda oluşturulan görüntü oldukça detaylı olacaktır. Tarayıcının kalitesine göre bu detay artmaktadır. Lazer Tarayıcılarda üç farklı mekanizma şekli bulunmaktadır. Bu varyasyonlu mekanizma tipleri, taranacak nesnenin ebatlarına göre değişmektedir. Taramalarda lazer açısı ve genişliği ön plandadır (Fig. 9.).

Lazer sistemi, mekanizmayı çalıştıracak yazılımın denetiminde çalışmaktadır. Taranacak nesne, tarama yüzeyine yerleştirilerek, yazılım sayesinde bu nesne yüzeyinde gezdirilmektedir. Lazer sondası yüzeye lazer hattı iletirken 2 adet sensör, lazerin değişen mesafe ve şeklini nesne yüzeyi boyunca algılayarak, tıpkı LiDAR'daki gibi X,Y,Z

⁸⁶ Karaarslan 2014, 62-70.

koordinatlarında sürekli olarak kaydederek 3 boyutlu görüntüyü sanal ortamda oluşturmaya başlar.

Nesnenin dijital şekli, nokta bulutlarınca oluşturulur ve bu noktalar milyonlarca denilebilecek kadar fazladır. Çoğu lazer tarayıcı saniyede 750.000 nokta oluşturacak kadar hassas işlem yapmaktadır. Sanal nesnenin görüntüleme şekli, uygulama seçeneklerine bağlıdır. Oluşturulan veri dosyalarına koordinatlar şeklinde kaydedilir. İsteğe bağlı olarak işlem sonrası doku ekleme ve efektler, 3D modelleme programları ile sağlanabilir.

Oluşturulan tarayıcı verisi inceleme amaçlı kullanılacak ise, veri CAD verileri ile karşılaştırılabilir. Lazer Tarayıcıların Arkeoloji ve bu alanda kullanımı oldukça geniştir. Bulunan seramik parçaları ve benzeri buluntuların elektronik kaydı yapılacak ve modellenmesi gerekiyor ise lazer tarayıcılar bu amaçla kullanılabilir. Bu yöntem, Freehand çizimleri rafa kaldırabilir.

Lazer tarayıcı ile taranan buluntuların veri kaydı aynı zamanda restitüsyonu yapılacak ise aynı şekilde işlenebilir ve tarama verileri üzerinde 3D stüdyo yazılımlarınca yapılacak “implant parça”, 3 boyutlu yazıcılar tarafından çıkarılarak yapılabilir.

Benzer şekilde mimari yapıların bileşenleri üzerinde yapılacak taramalar da bize geniş bir sunum vermektedir. Bu taramalar, aynı zamanda gözden kaçan bir takım detayları da ortaya koyabilmektedir. Bunların yanı sıra mimari planın detaylı şekilde sanal ortamda oluşturulmasını da sağlamaktadır. Bu şekilde bütün antik kentin dijital ortamda rekonstrüksiyonu mümkündür. Bu biraz maliyetli ve zaman isteyen bir durum olmasından dolayı bu tür rekonstrüksiyonlar reklam ve animatör şirketlerince yürütülmekte ve animasyon, tanıtım filmleri ve planların oluşturulması üzerinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ancak gerekli destek ile arkeolojik kazı alanlarında bu tür çalışmalar yürütülebilir.

1.2.2. Dijital Arkeoloji’de Kullanılan Programlar ve Nitelikleri

Web 2.0 teknolojilerinde kullanılan bazı programlama dili ve teknikleri bulunmaktadır. Etkileşim sağlama konusunda programlama tekniklerine genel olarak *AJAX* adı verilmektedir. Web 2.0 uygulamalarının kodlanmasında kullanılan, birden fazla programlama dilini (*JavaScript*, XML, HTML... vb.) müşterek olarak kullanmaktadır. XML, verilerin anlaşılmasını sağlayan bir dildir. RSS yayınlarında kullanılır. Bir diğer programlama dili ise *JQuery*’dir. Web 2.0 teknolojinde sıkça kullanılmaktadır. Bu

programlama ortamları Web 2.0 teknolojilerini oluşturmaktadır. Ayrıca, “*web widget*” adı verilen ve küçük programların yazılmasında kullanılan bir ortam söz konusudur⁸⁷.

Cihaz ve teçhizatların, amaçları doğrultusunda çalışması ve veri aktarımı gerçekleştirilmesi ile beraber, veriler üzerinde çeşitli değişiklik yapabilmek ve bu veriler ile bağlantılı teknik, dijital rekonstrüksiyon, rekonstrüksiyonların oluşturabilmek adına bir takım grafik tasarım ve üç boyutlu çizim programlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu programların genelini CAD programları oluşturmaktadır.

AutoCAD

İki ve üç boyutlu tasarımlar için destek sunan AutoCAD, dijital ortamda tasarım oluşturma ve mühendislik üzerinde kullanılan programların başında gelmektedir. Bu programda üç boyutlu katı model ve benzeri tüm aksamlar çizilebilir. Yani bir mimar veya inşaat mühendisi için mimari yapının destek, oda sistemleri yanında elektrik ve tesisat sistemlerinin çizimlerine kadar çizim yapılabilmektedir. En popüler dijital tasarım programlarından AutoCAD, sıklıkla kullanılmaktadır. Sadece katı cisim oluşturma değil, aynı zamanda kent haritaları ve topoğrafik harita modellemeleri de AutoCAD üzerinde çizilebilir.

SolidWorks

Genel olarak üç boyutlu çizim için kullanılan bir yazılım olan *SolidWorks*, mühendislikte, özellikle de makine alanında yaygın kullanılan bir programdır. Üç boyutlu model oluştururken, modelin yapımında kullanılacak malzeme ve oluşturulan mekanizmaların da çalışma prensibi, *SolidWorks* vasıtasıyla ön izlemeli şekilde oluşturulabilmektedir.

SolidWorks, Windows'da kolayca kullanılabilen “üç boyutlu bir tasarım programıdır”. SolidWorks Windows'da makine, tesis, ürün tasarımında çizim yapılması imkanını sağlamaktadır.

SolidWorks kullanılarak yapılabilecek işler şunlardır:⁸⁸

- “*Ölçülü ve vektör tabanlı*” üç boyutlu çizimler yapılabilir.
- Yapılan çalışmalar pek çok program üzerinde kullanılabilir.
- Yapılan çizimler üzerinden teknik veriler alınabilir.
- Montaj modülü sayesinde ayrı ayrı yapılan çalışmalar bir araya toplanabilir.

⁸⁷ Deperlioğlu - Köse 2010, 337-342.

⁸⁸ <https://sanalkurs.net/solidworks-nedir-ne-ise-yarar-nasil-ogrenilir-8347.html> (21.03.2020).

- Yapılan parçalar üzerinde darbe, statik vb. testler yapılabilir.
- Çalışmalar animasyon eklentisi sayesinde hareketlendirilebilir.

CATIA

SolidWorks ile benzer özellikleri taşıyan bir yazılımdır. CATIA'da da AutoCAD tabanlı çizimlerin üzerinde analiz yapılabilmektedir. Bu nedemle SolidWorks yerine kullanılabilen güçlü bir alternatif program olarak düşünülebilir.

CATIA programı bilgisayar destekli tasarımlar ve imalatta kullanılabilmektedir. Fransızca'da “*Conception Assistée Tridimensionnelle Interactive Appliquée*” kelimelerinin baş harflerinin bir araya getirilmesiyle oluşan akronim bir isme sahip olan CATIA programı yaklaşık 40 yıldır Fransız Dassault Systèmes firması tarafından geliştirilmektedir. CAD (bilgisayar destekli tasarım) ve CAM (bilgisayar destekli imalat) ile uyumlu olma özelliğine sahiptir. CATIA, CAD ve CAM konusunda Siemens NX ile ülkemizde en çok kullanılan iki programdan biridir. CATIA programında analiz sistemleri tümleşik olarak bulunmakta ve üç boyutlu çizimi hazırlanan model üzerinde her türlü analizin yapılmasına imkân vermektedir⁸⁹.

Agisoft PhotoScan

Agisoft PhotoScan (Agisoft Metashape), dijital görüntülerin fotogrametrik işlenmesini gerçekleştiren ve CBS uygulamalarında, kültürel miras dokümantasyonunda ve görsel efekt üretiminde ve çeşitli ölçeklerdeki nesnelerin dolaylı ölçümlerinde kullanılmak üzere 3D uzamsal veriler üreten bağımsız bir yazılım ürünüdür⁹⁰.

QGIS

QGIS (Quantum GIS olarak bilinmektedir), jeo-uzamsal bilgilerin araştırılmasını ve geliştirilmesini destekleyen ücretsiz ve açık kaynaklı bir platformlar arası masaüstü coğrafi bilgi sistemi uygulamasıdır. Windows, Mac OS X, Linux, BSD ve Android (beta) yazılımları ile çalışabilen sürümleri bulunmaktadır⁹¹.

⁸⁹ <https://cadsay.com/catia-nedir> (21.03.2020).

⁹⁰ <https://www.agisoft.com/>(21.04.2020).

⁹¹ Khan - Mohiuddin 2018, 582-594.

ArcGIS

ArcGIS, haritalar ve coğrafi verilerle çalışmak için kullanılan bir coğrafi bilgi sistemi olarak tanımlanabilir. ArcGIS ücretli bir yazılımdır (4.000 ile 25.000 Avro arasında istenilen özelliklere göre değişen ücreti vardır). Farklı özelliklere ve maliyetlere sahip, üç çeşidi bulunmaktadır. Bunlar *Desktop Basic* için ArcGIS, *Desktop Standard* için ArcGIS ve *Desktop Advanced* için ArcGIS'dir. Desktop Basic, haritalar oluşturmak ve coğrafi verileri araştırmak için kullanılabilir. ArcGIS for *Desktop Standard Basic* sürümüne ilave olarak çok kullanıcı bilgisi değişimi ve yönetimi için ilave özelliklere sahiptir. Esri şirketi, bazı müşterilerine ve bazı kuruluşlar için ArcGIS *Desktop Advanced*'in 21 günlük deneme uyarlamasını ver ücretsiz olarak açabilmektedir⁹².

ArcGIS ve QGIS karşılaştırması

QGIS ve ArcGIS'in çalışması için bilgisayarlarda ihtiyaç duyulan özellikler (Levha 1)'de gösterilmiştir.

ArcGIS ve QGIS, çalışma sürecini otomatikleştirmek ve mevcut işlevleri uyarlamak için seçenekler içermektedirler. ArcGIS Model Builder ve QGIS Grafik Modelleyici, kullanıcılara programlama becerisi olmadan iş akışları oluşturma seçeneği sunmaktadırlar. Açık kaynaklı CBS programları, düşük ölçekli çalışmaların pahalı lisanslar edinmeye gerek kalmadan yapılmalarına imkân sağlamaktadırlar⁹³. QGIS bu özelliklere sahip bir programdır. Büyük ölçekli çalışmalar için ArcGIS tercih edilmesi için ekonomik desteğe ihtiyaç olduğu söylenebilir. ArcGIS ile QGIS'in karşılaştırması (Levha 2)'de gösterilmiştir⁹⁴.

Tablo 1. QGIS ve ArcGIS'in çalışması için bilgisayarlarda ihtiyaç duyulan özellikler

Donanım	ArcGIS - 10.5.1	QGIS - 2.18
CPU Hızı	2.2 GHz minimum	2.0 GHz
Bellek/RAM	Minimum: 4 GB Tavsiye edilen: 8 GB	4 GB veya daha az
Disk alanı	Minimum: 4 GB Tavsiye edilen: 6 GB veya daha fazla	1.56 GB
Kurulum zamanı	20 dakikadan fazla	20-30 dakika
Yetkilendirme gerekli mi?	Evet	Hayır

⁹² Khan - Mohiuddin 2018, 582-594.

⁹³ Khan - Mohiuddin 2018, 582-594.

⁹⁴ <http://www.suparco.gov.pk/pages/presentations-pdf/day-2/session-2/13B-III/3.pdf> (24.05.2020)

Tablo 2. ArcGIS ile QGIS'in karşılaştırması

ArcGIS	QGIS
Ticari yazılımdır.	Açık kaynak yazılımdır.
Kullanılması zordur.	Kolayca kullanılabilir.
Sadece Windows işletim sistemine kurulabilir.	Farklı işletim sistemlerine kurulabilir.
Tek kullanıcı lisanslı bir yazılımdır.	Lisanslı yazılım değildir.
Esri firması tarafından güvenli ortamda konuşlandırılmıştır.	Dünyadaki farklı programcılar tarafından geliştirilmiştir.
İşlem süresi daha uzundur.	İşlem süresi daha kısadır.
QGIS'den daha gelişmiştir.	Eklentiler sürekli geliştirilmesine rağmen, ArcGIS kadar gelişmiş değildir.
QGIS'den daha iyi uzaysal topolojik analitik yeteneklere sahiptir.	Uzaysal topolojik analitik yetenekleri ArcGIS kadar gelişmiş değildir.
QGIS yazılımından çok daha fazla gelişmiş haritalama işlevine sahiptir (maplex etiketleme motoru gibi).	Haritalama işlevi ArcGIS'ten daha düşüktür.
ArcGIS, QGIS'den daha güvenilir sonuçlara sahiptir.	Sonuçlarının güvenilirliği ArcGIS'den daha düşüktür.
<ul style="list-style-type: none">• Yeni yüzey alanı• Kapalı alan Tesisi• Maliyet Matrisi• Araç yönlendirme• Yeni konum tahsisi gibi ilave modüllere sahiptir.	Bu modüllere sahip değildir.

ArcGIS Explorer

ArcGIS Explorer, bilgileri 2D ve 3D olarak inceleme imkânı sunan, haritalara veri eklemek ve ESRI'dan verilerle birleştirmek için kullanabilmektedir. Ayrıca harita, fotoğraf, rapor, video ve diğer bilgileri ekleyerek özelleştirme imkânı da bulunmaktadır⁹⁵.

ArcheoPackPro!

Modern bilgisayar sistemlerinin sunduğu sayısız olanakla birlikte bu program, veri girişinin eski moda prosedürünü değiştirmek ve böylece saha çalışmasını hızlandırmak ve harmanlanmış belgelerin kalitesini iyileştirmek ve yeni veri işleme ve analiz yöntemlerini kolaylaştırmak amacıyla arkeolojik araştırmaların üç ayrı sürecinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır⁹⁶:

- Saha çalışması veri kaydı ve depolama.
- Arkeolojik malzemelerin analizi ve yorumu.
- Eski saha belgelerinin arşivlenmesi.

Ayrıntılı, doğru ve kesin saha dokümantasyonu, arkeolojik yorum ve arkeolojik bulguların açıklanmasında profesyonel bir yaklaşım için temel bir önceliği temsil ettiğinden, tanımlanması kolaydır.

1.2.2.1. Mimari Çizim İçin Kullanılabilecek Yazılımlar

Bu başlık altında programlar ve alternatiflerini inceleyecek olursak, bu tarz programlar, alanlara göre çeşitlilik sağlaması ile beraber oldukça kullanışlı, karmaşık programlardır. Ancak tüm özelliklere rağmen çoğunlukla mimarlık ve mühendislik alanında yaygınlaşmıştır. Bunun sebebi, alanlarda yeterli eğitimin verilmemesinden kaynaklanmaktadır. En yaygınları 3D *Studio Max*, *AutoCAD*, *Blender* gibi programlardır. Programların kullanımı bilmek ve bu programların yaygınlaşması, kazı araştırmalarında ve uygulamalı tekniklerde oldukça kolaylık sağlamanın yanında, günümüz teknolojileri ve teçhizatlarının kullanımı aynı zamanda yıllardır kullanılan alışlagelmiş tekniklerin, dijital ortamda günümüze “ayak uydurması” anlamına gelmektedir. Teknoloji kullanımının yaygınlaşması, bilimin esasıdır. Ölçüm tekniklerinde kesinlik, kesin

⁹⁵ https://www.esri.com/software/mapping_for_everyone/explorer (24.05.2023).

⁹⁶ Tasić, 2017, 23-25.

analizler, hatasız iş anlamına gelmektedir. Bu durum, mevcut hataların ve eksikliklerin önüne geçmekle kalmaz, aynı zamanda yenilik açısından da birçok fikir verebilir ve bu programların kullanım alanlarını genişletebilir. Örneğin figür oluşturma ve tarama işlemlerinin, restitüsyon amacıyla tahribata uğramış buluntunun, tahrip olan kısmının saptanıp gerekli işlemler ile dijital ortamda implantının rekonstrükte edilip, üç boyutlu yazıcılarla yazdırılması, veya orijinal parçanın saklanıp araştırma için arşivlenmesi ve sergi amaçlı aynı buluntunun bir replikasının oluşturulması gibi ilginç yenilikler bulunmasını sağlamaktadır. Bu çeşit yeniliklerin oluşturulması için, alışlagelmişin dışına çıkmak ve güncel programların işleyişi ve ne gibi teknikler üzerinde kullanılabileceğinin saptanması gerekmekte ve insanların, özellikle de öğrencilerin bilgilendirilmesi gerekmektedir. Bu sayede daha olumlu sonuçlar elde edilebilir ve diğer bilim dalları ile de ortaklaşa farklı çalışmalar yürütülebilir. Bu aynı zamanda sosyal ortamlarda da dikkat çekeceğinden dolayı, insanları da öğrenmeye itecektir. Kesin sonuçlar ile birlikte, insanların dikkatini de kazanmayı sağlayacaktır.

3D Studio MAX

Autodesk firması tarafından tasarlanmış ve geliştirilmekte olan 3D Studio Max, en çok tercih edilen programların başında gelmektedir. Güncel şartlara uygun gelişmiş modelleme özellikleri sağlamakta ve pek çok karmaşık komutlar ile doku oluşturmada yenilikçi bir yaklaşım getirmektedir. Birçok doku özelliği indirilebilir ve uygulanabilir. Aynı şekilde mevcut durumlarda bulunması zor dokuları, fotoğraflanmış örnek üzerinden de oluşturarak benzer şekilde örneklendirebilmektedir. Geniş yüzey modelleme tekniklerine sahip olan bu programın en çok tercih edilme sebeplerinden biri de bu özelliğidir.

REVIT

Revit Architecture, daha çok “yapı tasarımı ve projelendirme” amaçlı bir bilgisayar yazılımıdır. Parametrik yapısı ve oluşturduğu Bina Bilgi Modellemesi (Building Information Modeling-BIM) sayesinde, dokümantasyon işlerini en aza indirerek, tasarıma daha fazla zaman ayrılabilmesini sağlar. Revit ile tasarım aşamasında verilerin girilmesi işlemi bir defa yapılmakta ve tüm çalışma sürecinde kullanılabilir. Yapılan her değişiklik, tüm dokümanlara anında yansır. Revit, tasarımlarınızda üretkenliği, koordinasyonu ve kaliteyi artırır. AutoCAD'in ait olduğu şirket olan Autodesk tarafından geliştirilmiştir. Bina modelini oluşturan her nesnenin

birbiri ile olan bağlantısını tanımlamak için "parametrik" terimi, kullanılmaktadır. Nesnelerin söz konusu bağlantısı otomatik olarak veya istenirse kullanıcı tarafından tanımlanabilmektedir⁹⁷.

Revit yazılımı, BIM teknolojisine dayanan üç boyutlu bir tasarım yazılımıdır. Üç boyutlu plan çizilebilir özelliktedir. Revit, mimari ve mühendislik alanında yaygın olarak kullanılan ve bina modelleri yapılmasına ve üç boyutlu (3D) projeler geliştirmenize izin veren bir yazılımdır⁹⁸.

BIM, Autodesk'in, yapı sektörü için mimari tasarımda bilgi teknolojilerinin kullanılması ve elde edilen tasarımla oluşturulan sistemlere verilen isimdir. BIM'in üç temel özelliği vardır:

-Yapıyı tanımlayan tüm verilerin tutulduğu bir sayısal veri tabanı ile çalışır.

-Aynı veri tabanında yapılan revizyonlar, herhangi bir dokümanda yapılan bir değişiklik, veri tabanından üretilen tüm dokümanlara (görünümler, listeler, vs.) yansır.

-Tasarım için toplanan, ileride kullanım için depolanabilmektedir. Bu bilgi deposu hem projeyi yapan hem de yapı sahibi dahil olmak üzere ihtiyaç duyanlar tarafından kullanılabilir.

Revit, Autodesk'in diğer yazılımları ile veya tek başına da kullanılabilir. DWG, DXF, DWF, DGN, SAT, SKP, gbXML, IFC ve FBX formatlarını destekler. BMP, JPG, PNG, TGA, TIFF ve AVI formatları ile resim ya da video çıktılar alınabilir. Oluşturulan modeller, çok gelişkin görselleştirmeler için, 3ds MAX Design içerisine alınarak tüm ayarları ile birlikte çalışmaya devam edilebilir⁹⁹. Revit ekran görüntüsü Resim 10'da gösterilmiştir.

Autodesk Revit programına ait bazı minimum sistem gereksinimleri şu şekildedir:¹⁰⁰

Başlangıç Seviyesi: temel özelliklerin kullanılmasını kapsamaktadır:

- Windows 10 64-bit: Windows 10 Enterprise veya Windows 10 Pro,
- 8 GB RAM,
- Resim (video) görüntü çözünürlüğü en az: "1280 x 1024 with true color"; en yüksek: "Ultra- High (4k) Definition" olan monitör
- 30 GB boş disk alanı

⁹⁷ https://www.academia.edu/20044654/Revit_sunum (05.03.2020).

⁹⁸ Revit, <https://tutorialesenpdf.com/revit/> (05.03.2020).

⁹⁹ https://www.academia.edu/20044654/Revit_sunum (05.03.2020).

¹⁰⁰ <https://smartpro.com.tr/revit-nedir/> (15.02.2020).

Ortalama Performans: Programın birçok özelliğini etkili biçimde kullanabilmek isteyenler için:

- Windows 10 64-bit: Windows 10 Enterprise, Windows 10 Pro
- 16 GB RAM
- Video görüntü çözünürlüğü en az: “1680 x 1050 with true color”; en fazla: “Ultra- High (4k) Definition” monitör
- 30 GB boş disk alanı
- Lisans kaydı için internet bağlantısı ve önkoşul bileşeni indirme

Yüksek Performans: Programın tüm özelliklerinin kullanıldığı seviyedir:

- Windows 10 64-bit: Windows 10 Enterprise, Windows 10 Pro
- 32 GB RAM
- Video görüntü çözünürlüğü en az: “1920 x 1200 with true color”; en fazla: “Ultra- High (4k) Definition” monitör
- 30 GB boş disk alanı

– 10,000+ RPM HardDrive (Point Cloud etkileşimleri için) veya Solid State Drive

Autodesk AutoCAD ve Autodesk Revit, mimarlıkta en çok kullanılan iki uygulamadır. AutoCAD, binaların iç ve dış mekânlarının hazırlanması için dünya standartlarında bir araçken, Revit büyük projelerde bina bilgi modellemesi (BIM) için doğru planlar oluşturmada tercih edilmektedir¹⁰¹. AutoCAD ve Revit arasındaki farklar (Tablo 3)’de gösterilmiştir.

Tablo 3. AutoCAD ve Revit arasındaki farklar

Temel	Autodesk AutoCAD	Autodesk Revit
Tanım	AutoCAD, 2D ve 3D Bilgisayar Destekli Tasarımlar (CAD) ve taslak hazırlama için yaygın olarak kullanılan ticari bir yazılımdır. AutoCAD uygulaması 1982'den beri masaüstü uygulaması olarak ve 2010'dan beri AutoCAD 360 olarak pazarlanan mobil web ve	Autodesk Revit, kullanıcıların bir bina, yapı ve elemanlarını 3B olarak tasarlamasına izin veren Yapı Bilgi Modelleme (BIM) ürünüdür, 2D 2D çizim elemanları ile modele açıklama ekleme ve bina modelleri bilgilerinden bina bilgilerine erişme.

¹⁰¹ <https://www.admecindia.co.in/blog/what-are-difference-between-autocad-and-revit> (15.03.2020).

	bulut tabanlı bir uygulama olarak kullanılabilir	
Endüstri	AutoCAD çok çeşitli sektörlerde mimarlar, proje yöneticileri, mühendisler, tasarımcılar ve farklı profesyoneller tarafından istihdam edilmektedir.	Revit yazılımı temel olarak inşaat mühendisleri, mimarlar, tasarımcılar, MEP mühendisleri ve yükleniciler için tasarlanmıştır.
Esneklik	Revit'e oranla, AutoCAD'in tüm yüzey, ağ ve sağlam komutlarına sahip olduğunuzdan AutoCAD daha esnektir.	Revit daha katıdır; sadece bir 3D modeli değil, aynı zamanda işin koordinasyonunu ve çok daha fazlasını yapmanızı sağlayan bir model oluştururken işleri doğru bir şekilde yapmalısınız.
Kullanılabilirlik	AutoCAD ile gerçek hayattaki nesnelere temsil eden temel geometri oluşturmak için çizgilerle çalışıyorsunuz.	Revit ile gerçek hayat bilgisi ile donatılmış geometri üzerinde çalışıyorsunuz. Ayrıca, bir kat planı gibi bir görünümde çalışırken Revit ile, alternatif görünümler otomatik olarak benzer şekilde, örneğin bir yükseklik gibi üretilir.
Uygunluk	AutoCAD, 2D çizim için en iyi olarak kabul edilir, yani yükseklik detay çizimleri gibi yalnızca hassas çizgi çalışmasının gerekli olduğu yerlerde.	Revit, modelleme, maliyet çizelgeleri oluşturma, işbirliği ve değişiklik yönetimi için en iyi olarak kabul edilir.

Blender

Diğer 3D Çizim programlarının yanı sıra, Blender programı “*Open Source*”¹⁰² bir yazılımdır. Windows, Linux ve Mac işletim sistemlerinin tümünde tam performans ile

¹⁰²*Open Source*, açık kaynak yazılımlarına verilen genel bir isimdir. Açık kaynak yazılımları, diğer yazılımcılarca geliştirilebilir ve yeni eklentiler sunabilir. Bu nedenle ücretsiz dağıtımına sahiptirler ve kolayca indirilebilirler.

çalışmaktadır. Sistematik şekilde güncelleme alan Blender programı, grafik tasarım, mimarlık, mühendislik, arkeoloji ve modellemecilik alanında sıkça kullanılan bir programdır. Blender ile aynı zamanda vektörel tasarımlar da oluşturulabildiği için iki boyutlu çalışmalar da yapılabilmektedir.

1.2.2.2. Arkeolojik Alanlarda Kullanılan Grafik Tasarım Programları

En çok program çeşitliliğine sahip olan kategori grafik tasarımdır. Vektörel tasarım programları bu kategori içerisine dahildir. Arkeoloji alanında bu programlar çoğunlukla plan belirtme, haritalarda ve freehand teknik çizimlerinde başvurulan programlardır. En çok kullanılanları *Adobe Illustrator*, *Photoshop* ve *Blend* gibi Adobe tabanlı yazılımlardır. Ancak *Adobe*, *Linux* yazılımları üzerinde desteği kestiği için Windows ve Mac işletim sistemleri ile sınırlı bir çalışma alanı sağlamaktadır.

Bu programlar için bir diğer alternatif de Corel firmasının ürettiği *CorelDraw* ve *Corel PhotoPaint* yazılımlarıdır. Corel programlarının, Adobe için güçlü alternatif sunmasının sebebi, Adobe programlarında yer almayan “*B-Spline*” çizim seçeneğidir. B-Spline yeniliği, *mouse* tuşlarına daimi basmak zorunluluğunu barındırmadan, tıklayarak çizim olanağı sağladığı için seramik çizimleri gibi freehand çizimlerde oldukça kolaylık sağlamaktadır. Bu sebeple de en çok başvurulan yazılımlardan biridir.

Adobe Photoshop

Neredeyse her alanda kullanıma açık olan Adobe Photoshop yazılımı, grafik tasarım ile beraber arkeoloji alanında da rahatça kullanılabilir. Gelişmiş eklenti ve filtreleri sayesinde çokça tercih edilmektedir. Adobe firması tarafından geliştirilen bu program, diğer programların aksine vektör tabanlı değil, piksel tabanlı çalışmaktadır. Bu sebeple güçlü fotoğraf düzenleme olanakları sağlamaktadır. Aynı zamanda diğer adobe programları ile de beraber çalışabilmektedir. .psd formatlı dosyalar, tüm Adobe imzalı programlarda açılabilir.

Adobe Illustrator

Dünyanın en köklü grafik tasarım programlarından biridir. Hem vektör hem de piksel tabanlı çalışan Adobe Illustrator, kolay freehand çizimlerine olanak sağlamakla birlikte, Photoshop programının sağladığı filtreleri de uygulayabilmektedir. Photoshop’tan tek farkı görüntüyü manipüle edememekte ve illüstrasyona açık şekilde

tasarlanmasıdır. Yani bu programla fotoğraflar üzerinde oynanamaz, ancak sıfırdan çizimler yapılabilir.

CorelDRAW

Adobe Illustrator'ın yanında en çok kullanılan alternatif resimleme programıdır. Illustrator'dan en büyük farkı yenilikçi "B-Spline" özelliğidir. Bu, çizim yapacak olan kullanıcıya fare tuşlarına basılı tutmaksızın, sadece tıklayarak istediği şeyi çizebilme olanağı sağlar ve grafik tablete çok fazla ihtiyaç duyulmasının önüne geçer. Bu sebeple yetersiz olanaklarda, eser ve parçaların çizimlerinde son derece kolaylık sağlamaktadır.

Adobe InDesign

Tamamen vektör tabanlı bir düzenleme programıdır. Genel olarak sayfa düzenleme ve tipografi kontrolü vermektedir. Dijital yayıncılıklarda başvurulan bir programdır.

GIMP

GIMP¹⁰³, GNU tasarısı içerisinde piksel tabanlı GNU Görüntü İşleme Programıdır. Bir photoshop alternatifidir. Tıpkı Blender gibi bu program da açık kaynak yazılımıdır. Geliştirilebilir özelliğe sahiptir. Bunların yanı sıra Linux işletim sistemlerinde yer alan grafik ara yüz geliştirme kütüphanesi olan GTK+, ilk kez Gimp'in geliştirilmesi için tasarlanmıştır. Yüksek çözünürlüklü görüntü işlemede zorluk çekmektedir. Bunun sebebi disk destekli çalışmasıdır. Bu sebeple Photoshop gibi kalıcı ve keskin çizgiler, Gimp dahilinde bozulmakta ve görüntü kalitesinde sıkıştırılmadan dolayı düşüş gözlemlenmektedir. Gimp programı, çalışmalar dahilinde fotoğraf manipülasyonlarında kullanılmalıdır. Aksi takdirde oluşacak grafik kalitesindeki düşüş, çalışma kalitesini de düşürmektedir. Ancak çeşitli ek yazılımlar ile bu kalite düşüşünün önüne geçilebilmektedir. Fotoğraf rötuşlama, görüntü kompozisyonu ve görüntü yazma gibi görevler için serbestçe dağıtılmış bir yazılım parçasıdır. Birçok işletim sisteminde, birçok dilde çalışabilmektedir ¹⁰⁴.

¹⁰³ GIMP, GNU Image Manipulation Program

¹⁰⁴ <https://www.gimp.org/> (21.03.2020).

1.3. Programların Ortak Hedefe Yönelik Kullanımları

Çizim programlarının yanında, bazı farklı programların da kendine has özelliklerinin ortak bir hedefe yönelik farklı şekillerde kullanılması durumudur. Unutulmamalıdır ki her program, yazılım amacına has özellikler barındırmaktadır. Bazı programlar kombine kullanıma uygun olmayabilir.

Çoğunlukla çizim programları bu konuda diğerlerine “rakip” olarak tanımlayabileceğimiz programlara karşı daha uysal bir tavır sergileyerek beraber çalışmaya elvermektedir. Buna bir örnek olarak bir JPG dosyası, hem CorelDRAW, hem Adobe Photoshop, hem GIMP, hatta bütün tasarım programlarında açılabilir. Üzerinde işlem yapılabilir ve kaydedilebilir. Aynı şekilde firmaların kendine has programları da bu tip uygulamalara açık haldedir. PDF dosyaları da aynı JPG gibi diğer platformlarda çalışıp düzenlenebilir şekilde oluşturulmuştur. Vektör tabanlıların yanında üç boyutlu tasarım programları da aynı şekilde çalışma mantığına sahiptir. Örneğin “.3ds” uzantılı bir 3D Studio MAX dosyası, AutoCAD ve Blender üzerinde de açılabilir, düzenlenebilir ve değiştirilebilir.

Program Uzantıları ve Alternatifleri

Bilgisayar ve türevi her cihazda benzer şekilde çalışan bir dosyanın biçimi ve formatını belirtme amacıyla kullanılan bir çeşit son ek, etikettir. Bu ekler sayesinde dosyaların, hangi alanlarda kullanılabileceği ve içerik olarak ne barındırdığını kolayca saptayabiliriz. Bu ekler çoğunlukla dosyanın kullanım amacını belirten sıfatın kısaltması şeklindedir. Örneğin “.png” olarak bildiğimiz uzantının “*Portable Network Graphics*” yani taşınabilir ağ grafikleri anlamını barındırması, bu durumun en iyi örneklerinden biridir. Veya “.ai” dosyasının “Adobe Illustrator” anlamına gelmesi gibi.

Dosyaların uzantısının değiştirilmesi durumunda, dosya içeriği bozulacaktır. Bu içerikler, yazılımlarla sağlanmakta ve çeşitli algoritmalar içerisinde yazılmaktadır. Bir görseli –JPG formatlı diye örnek verelim- PNG olarak değiştirdiğimizde görsel açılmayacaktır. Bunun sebebi, JPG ve PNG dosyalarının kodlamalarının farklı dillerde olmasından dolayıdır. Eğer bir insana farklı bir kimlikle hitap ederseniz sizin hitabınızı reddedecektir. Ya da bilmediği bir dilde konuşursanız sizi anlamayacaktır. Bu da, mevcut duruma bir örnek olarak verilebilir.

Dosya uzantısının değiştirilmesi için Converter adı verilen programlara başvurulur, ya da düzenlenebildiği herhangi bir program vasıtasıyla, kaydedilirken uzantısının seğıilmesi ve yeniden örnekleme gerekmektedir. Farklı uzantıya sahip programlar, farklı kimlik barındırdıkları için aynı isimle kaydedilebilir. Buna görüntü.png ve görüntü.gif dosyalarının aynı klasör içinde barındırılabilmesi olarak örnek verebiliriz. Dosya üzerinde yer alan ikonlar, o dosyanın hangi programda kullanılması gerektiğine dair kullanıcıya ipucu sunar. Bu sayede ikonu gören kullanıcı, hangi programda kullanılması gerektiği hakkında fikir sahibi olur.

Her program, her işletim sisteminde çalışmayabilir. Buna örnek olarak uygulama uzantılı dosya olan “.exe” yazılımları, Windows'ta sorunsuzca çalıştırılabilir olmasına karşın Mac işletim sistemlerinde çalışmayacaktır. Çalıştırılması için bazı *emülatör* programları ile açılması gerekmektedir. Aynı şekilde “.dmg” uzantılı programlar da Windows tabanlı işletim sisteminde açılmayacaktır. Ve bu uzantıda programı açacak emülatörü bulmak çok da zor olacaktır. Bunun sebebi Windows işletim sisteminin, kullanıcılarca daha çok tercih edilmesidir. Bu sebeple MAC kullanıcıları ve Linux kullanıcıları bir şekilde bu uygulamaları açabilirken, Windows programları MAC ve Linux programları optimize edilmediği takdirde kullanamayacaktır. Bu programlar içerisinde, bilimsel çalışma üzerinde en çok karşılaşılabilecek program uzantıları aşağıda listelenmiştir;

Veri ve Veri Tabanı Dosya Uzantıları Örnekleri

- .dat - Veri dosyası
- .db veya .dbf - Veritabanı dosyası
- .log - Log kayıt dosyası
- .mdb - Microsoft Access veritabanı dosyası
- .sav - Kayıtlı dosya (örn; oyunun kayıt dosyası)
- .sql - SQL veritabanı dosyası
- .tar - Linux / Unix tarball zip arşiv dosyası
- .xml - XML dosyası

Çalıştırılabilir Dosya Uzantıları Örnekleri

- .apk - Android paket dosyası
- .bat - Batch dosyası
- .bin - Binary dosyası

.cgi or .pl - Perl script dosyası
.com - MS-DOS komut dosyası
.exe - Çalıştırılabilir dosya (Executable file)
.gadget - Windows gadget
.jar - Java arşiv dosyası
.py - Python dosyası
.wsf - Windows Script dosyası

Görsel İmaj Dosya Uzantıları Örnekleri

.ai - Adobe Illustrator dosyası
.bmp - Bitmap imajı
.gif - GIF görseli
.ico - İkon dosyası
.jpeg veya .jpg - JPEG imajı
.png - PNG imajı
.ps - PostScript dosyası
.psd - PSD dosyası
.svg - Ölçeklenebilir Vektör grafik dosyası
.tif veya .tiff - TIFF imajı
.dwg , .dst, .dws, .dxf AutoCAD çizim dosyası
.3dx, 3ds, 3d – 3DS MAX dosya uzantısı

İKİNCİ BÖLÜM

DİJİTAL ARKEOLOJİK ÇİZİM, MODELLEME, HARİTALANDIRMA VE TARAMA TEKNİKLERİ

Bilgisayar destekli haritalandırma ve alan taramaları üzerinde, araçların dijital ortamda desteklenen şekilde ve dosya kayıt uzantılarının programlarla ortak kullanımı, oldukça önemli bir unsurdur.

Haritalandırma ve genel plan çizimleri için grafik tasarım programlarının neredeyse hepsi kullanılabilir özelliğe sahiptir. Üzerinde yapılacak herhangi bir değişiklik için alternatif yazılımlar tercih edilebilir. Bu oluşturulan veride çeşitlilik oluşturmayacağı gibi, herhangi bir sorun da teşkil etmeyecektir (Fig. 11).

2.1. Dijital Ortamda Çizim Sistemleri ve 3D Modelleme

2.1.1. Dijital Ortamda Piksel ve Vektörel Çizim

Genel Plan oluşturma ve düzenleme amacıyla kullanılan grafik tasarım ve illüstrasyon programları aşağıda listelenmektedir. Bu programlar kullanım için uygun olan başlıca yazılımlardır:

- Paint
- Paint.NET
- Microsoft Word
- Corel Grafik yazılımları
- Adobe Grafik yazılımları
- Inkscape
- Xara
- Flash
- Google harita yazılımları
- CAD yazılımları ve 3D yazılımları.

Bu yazılımların kullanılarak geometrik şekil ve şemalar oluşturulabilir. Basit çizim programlarında ölçeklendirme oldukça güç iken, ölçekli çizimi destekleyen programlarda, çizim üzerinde rahat şekilde ölçeklendirme yapılabilir.

Ölçekli çizim için metrik desteği olan profesyonel yazılımlar daha kesin sonuçlar elde edilebilmesi bakımından çok daha kullanışlı bir program seçimi sağlamaktadır. Basit

kroki çizimleri için Windows destekli Paint, evrensel yazılımlardan Paint.NET, Word, Flash gibi yazılımlar tercih edilmektedir ve kullanım açısından da kolaylık sağlamaktadır.

Genel Plan çizimlerini desteklemek ve somut verilerin üzerinden hareket edilmesi durumunda Google Harita yazılımları (Google Earth gibi) ve çevrim içi Google Haritaları destekçi program olarak hazır veriler ile proje desteğine olanak sağlayacaktır. Google'ın uydular vasıtasıyla oluşturduğu bu büyük harita program ve projeleri, kroki ve haritalandırma konusunda birçok alana destek olmaya devam etmektedir. Aynı zamanda açık kaynağa sahip geliştirilebilir yazılımlara ev sahipliği yapan Google, kullanıcılar için farklı olanaklar da sağlamaya devam etmektedir.

Çizilecek genel planı oluşturmak üzere, Google'ın Maps ve Earth programı üzerinden bölge ve konumu elde etmek gerekmektedir. Bu sebeple çalışılacak bölgeye zoom yapılması, ardından program içi veya program dahilinde olmayan *screen capture*¹⁰⁵ veya *screenshot* ile görselin PNG, BMP veya JPG formatında kaydedilmesi için basit bir çözüm olacaktır.

Bir sonraki aşama olarak, bu kaydedilen harita görsel üzerinde çalışılacak programı seçmek ve ardından program üzerinde bu görseli açarak işlemi yapmaya başlamak, uygulanabilecek tekniklerden bazılarıdır.

Kesin veriler ile çizimi yapılacak ise, harita kaydedilmeden önce ölçek, metrik sistemde alınmalıdır. Bu kaydedilen görsel üzerinde yer almalıdır aksi takdirde, belge olarak gösterilmesi durumunda bu ölçeğin yer almaması, belgenin geçersiz olarak sayılmasına neden olabilir. Tüm çizim programlarında bu ölçek ve eşel kullanımı sayesinde daha kesin sonuçlar elde edilebilir.

Dijital Ortamda Mimari Yapıların Genel Planının Oluşturulması

Günümüz teknolojisi ile bilgisayar ve aktif şekilde kullanılan mobil cihaz ve PDA'lar ile mimari yapıların genel planının oluşturulması oldukça kolay bir hale gelmiştir. Bunun için tabii ki GPS'e başvuran programlar, yazılımlar gerekmektedir. Çeşitli programlar vasıtasıyla haritalandırma ve plan çıkarılması mümkün hale gelmiş durumdadır.

Bu uygulamaların çalışma prensibi, kullanıcının alan içerisindeki hareketlerine göre oluşturulan genel plan ve planın ana hatlarının ortaya çıkarılması amaçlıdır. Planı çıkartılacak bir mekânın sınırlarında, bu cihazlar ile dolanarak GPS vasıtasıyla ortaya

¹⁰⁵ <https://www.nedirmedemek.com/screen-capture-ne-demek> (21.05.2020).

çıkarılması ve bu bağlamda verilerin işlenerek genel plan oluşturulması kolay bir şekilde oluşturulmuştur.

Geniş çaplı mimari yapıların, arkeolojik çalışmalar içerisinde planı veya krokisi çıkarılacak olan yapının (tiyatro, tapınak ve benzeri mimari yapılar) sınır hatları çevresinde, kullanılan mobil cihazın GPS özellikleri (bu konum verisi olarak cihazlarda yer alıyor) sınır hatları içerisinde ve dışarısında hareket ederek, sütun veya ek yapı elemanı bulunuyor ise bu mimari elemanlarında çevresinde dolaşarak veya işaretleyerek 'engel' olarak tabir edilen noktaları saptayıp belirtilmesi ile, kuş bakışı görünümünün nasıl olması gerektiği kolayca belirlenebilmektedir. Böylece yapı içerisindeki her ayrıntı, oluşturulacak iç mekân haritası ve plan krokinin oluşturulmasında çok büyük rol oynayacaktır.

Bir diğer yöntem ise, havadan fotoğraflandırılmış mimari yapının, metrik sistemde çalışan grafik tasarım programları üzerinden çizilmesi durumudur. *CorelDraw*, *CAD* yazılımları ve 3DS gibi yazılımlar bu iş için uygun yazılımlar olacaktır.

Burada karşılaşılabilecek engel ise, mimari yapıların üstünün kapalı olması durumunda görsel bazlı çizimin farklı yollardan yapılmasıdır. Bu durum dahilinde iç mekan yazılımından elde edilen metrik veriler ile yapılacak fotoğraflamalar, analiz edilerek ortaya çıkarılan kroki, *CAD* programı vasıtasıyla işlenerek üç boyutlu plan çizimi yapılması gerekmektedir. Bu sayede mekânın planı oluşturulabilir hale gelmekte, hatta modellemesi ve Render'ın yapılması da olası hale gelmektedir.

Layerlar (katmanlar) halinde oluşturulacak çizimler, doğru ölçekte üst üste bindirilerek oluşturulan veriler, hata payını gösterebilir ve oldukça doğruya yakın bir pay verisi oluşturmada ön ayak olacaktır. Güncellenerek yeni özellikler eklenen yeni nesil *indoor* yazılımları geliştikçe, *CAD* ve diğer metrik çizim programlarına olan ihtiyacı, kroki oluşturma alanında ihtiyacı azaltacaktır. Bu durumda *CAD*, *Corel* ve 3DS gibi programlar, bu yapıların krokilerindeki çizgilerin düzgünleştirilmesi ve hataların giderilmesi veya üç boyutlu hale getirilmesi durumunda daha işlek bir çalışmaya olanak sağlayacaktır. Programların ortak kullanımları ve kombine elde edilen veriler ışığında sadece plan kroki değil, aynı zamanda mekân tasarımları ve modellemelerinin oluşturulması da söz konusudur. Bu da verilerin çeşitliliğini artırarak daha somut ve işlenebilir veriler elde edilmesini sağlayacaktır (Fig. 13).

Arkeolojik İllüstrasyon, arkeolojik materyali grafiksel olarak kaydeden ve eserler ve çanak çömleklerden planlara, kesitlere ve hatta rekonstrüksiyona kadar değişebilen bir teknik gösterim şeklidir¹⁰⁶.

Dijital Ortamda Freehand Çizimlerin Yapılması

Freehand çizimlerin dijital ortamda yapılması için en büyük kolaylık, tarayıcılar vasıtasıyla kâğıt üzerinde yer alan buluntu çizimini, bilgisayar ortamına aktarmaktır. Bu çizimlerin milimetrik kâğıtlarda, gerekli bilgilerin verilmesi ile gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir. Bu çizimler kataloglamak ve yayınlarda kullanılmak amacıyla dijital ortamlarda yapılmaktadır. Tarayıcı ile elde edilen veri; JPG, PNG ve BMP uzantılı dosyalar şeklinde kaydedilmektedir. Kaydedilen bu dosyalar kullanılacak çizim programları vasıtasıyla açılabilirler.

Freehand Çizimin Karakteristikleri¹⁰⁷:

- “Hata” işaretleri ve yalpalama çizgileri ile “insan” dokunma hissini sunar. Serbest eskiz süreci göz-göz-el koordinasyonu sürecidir. Bu şekilde yapılan çizimler “mükemmel” değildir. Doğal olarak eğilimleri ve sapmaları somutlaştırırlar. Bu kusur insan dokunuş hissini açığa çıkarır.

- Yaratıcı düşünme sürecini sunar. Fikirler doğrudan tasarımcılardan kalem darbeleri veya işaret darbeleriyle gelir. Bu vuruşların arkasındaki zihin daha güvenli ve etkileşimli hale geldikçe, çizimler, işaretler ve vuruşlar belirsiz, hassas çizimlerden kararlı ve sağlam grafik tasarım çözümüne doğru ilerleme eğilimindedir. Bu çizimler ve şekiller, fikirlerin ortaya çıktığı anda tasarımcıların anlık zihinsel ve fiziksel durumlarını kaydeder.

- Eşsiz bireysel tarz ve eskiz tarzı sunar. Uzmanlar yazarın el yazısını farklı yazı karakterleri ve stillerle tanımlayabilirler. Göz-zihin-el koordinasyonu ve farklı kişilikler çizimleri birbirinden ayırdığı için, serbest çizimler, çizimler, işaretler ve konturlar kullanılarak bireysel eskiz tarzı ile tanımlanabilir.

¹⁰⁶ <http://www.archaeologyskills.co.uk/illustration-and-graphics/782/> (05.03. 2020).

¹⁰⁷ Ding 2010, 1-14.

Dönüştürülmüş Dijital Çizim Karakteristikleri:

- Serbest çizilmiş çizgiler ve işaretler tutarak insan dokunuşu hissini korur. Orijinal eskiz tarandığından, serbest eskiz karakterleri tutuldu. Tüm “kusurlar” dijital çizimlerde gösterilmiştir. Çizgi çizimlerini taramaya ek olarak, daha fazla insan dokunuşunu temsil etmek için işaretleyici darbeleri veya renkli kalem darbeleri de PDF dosyasına taranabilir.

- Gerçek materyalleri ve peyzajı kullanarak gerçekçilik hissini sunar. Gerçek malzemeler ve peyzaj aşağı internetten yüklendi. Bu JPEG dosyaları Photoshop'ta değiştirilebilir.

Bu gerçek malzemeleri çizime iliştiirmek çizimi daha gerçekçi hale getirir. Bu şekilde, dijital modellemede gerçekçiliğin özellikleri dönüştürülmüş dijital çizimlerde sunulmaktadır.

- Bilgisayar yazılımının fonksiyonlarını kullanarak gelişmişlik hissini sunar. Photoshop'un boya kovanı aracı, degrade aracı, doge aracı ve yazma aracı gibi birçok işlevi dijital çizimde farklı renkleri doldurabilir ve çizimdeki koyuluk ve parlaklığı değiştirebilir. Photoshop'ta bu işlevler tarafından yapılan değişiklikler, çizimin daha karmaşık görünmesini sağlar.

Özetle, dönüştürülmüş dijital çizim, serbest çizilmiş ve dijital çizimin bir melezidir. Sadece serbest çizimin karakterlerini korumakla kalmaz, aynı zamanda dijital çizimin tüm özelliklerini sunmaktadır.

Arkeolojide en çok kullanılan dijital freehand programları Macromedia Freehand, Adobe Illustrator¹⁰⁸ ve CorelDRAW¹⁰⁹ yazılımlarıdır. Kullanılacak programa göre, tarayıcı verisi programda açılır. Öncelikle görseldeki kâğıdın ölçüsünün birebir tutturulması için, belirtilen ölçek ve eşeller vasıtasıyla görüntü optimize edilmelidir. Optimize edilen görüntüde yer alan çizgiler üzerinden çizim yapılmadan önce dikey ve yatay eksenden uzun çizgi çekilerek, milimetrik kâğıda tam olarak oturtulması sağlanır. Ardından çizime başlanabilir.

Diğer programlara nazaran CorelDRAW ile daha kolay çizim yapılmaktadır. Bunun sebebi *B-Spline* özelliğinin yer almasıdır. Bu sebeple *B-Spline* kullanırken fare tuşuna basılı tutmak zorunda kalınmayacaktır. Çizim yapılırken, kazıya ait çizimlerin nasıl yapıldığı, hangi teknik ve sistem dahilinde çizimlerin gerçekleştirildiği göz önünde bulundurulmalıdır. Aksi takdirde çizim hatalı olarak kabul edilecek ve geçersiz

¹⁰⁸ <https://www.grafiktasarimmedya.com/adobe-illustrator-nedir-ne-ise-yarar.html> (20.01.2020).

¹⁰⁹ <https://bilgi-sayar.net/corel-draw-nedir/> (28.01.2020).

sayılacaktır. Bunun sebebi, kazıların çizim şekillerindeki farklılıklara sahip olması ve her kazının kendine has görsellendirme tekniğinin bulunmasıdır.

Çizimler yapıldıktan sonra kesit çizimlerinde karartmalar, noktalandırma ile yapılan gölgelendirmeler ve ayrıntılar yapılmalıdır. Çizimin birebir oturtulması için, yapılan ilk çizimin, eğer kâse ve ufak parçalar üzerinde çizim yapılıyorsa, simetriğinin alınmasıdır. Kâğıt üzerinden alınan çizimler her zaman birebir simetriği vermeyebilir. Ufak hatalar bu şekilde dijital ortamda yapılan çizimlerde kolayca düzeltilebilir haldedir.

Çizim yapıldıktan sonra gerekli bilgileri, kase ise cidar kalınlığı da dahil olmak üzere yükseklik, kalınlık, çap ve benzeri ölçüleri bilgi olarak yazılmalıdır. Daha sonra kazının isminin kısaltması ile beraber, çizimi yapılan buluntunun türü yazılmalıdır. Bu tür için örnek olarak kâse ve benzeri toprak bazlı buluntular P, yani *Pottery* (çömlekçilik) kısaltması ve buluntunun nerede bulunduğu dair ufak çaplı bilgiler verilmelidir. Hemen ardından buluntunun numarası girilmelidir. Bu sayede yapılan çizimlerin, hangi buluntulara ait olduğu envanter numarası ve kodu ile bulunabilir ve karşılaştırılabilir hale gelecektir.

Çizim gerçekleştirildikten sonra iki adımlı kaydetme aşamasına geçilir. Bu aşamalar ilk önce doğrudan çizilen dosyanın kaydedilmesidir. Bu durumda dosya ya da file seçeneğinden save, genel olarak da “CTRL+S” komutu bu işlevi sağlar, çizim dosyasını kaydederek ilk aşamanın bitirilmesini sağlar. Böylelikle *CorelDraw* ile çalışılmış ise “.cdr” uzantılı dosya kaydedilir, *Adobe Illustrator* ile yapıldı ise “.ai” uzantılı dosya kaydedilir. Ardından yine dosya sekmesinden dışa aktarma, yani *export* işlemi gerçekleştirilir. Bu adımda, kazının talep ettiği görüntüleme biçimi baz alınmalıdır. Kazı, freehand çizimleri JPG formatında isteniyorsa, dosya JPG formatında dışa aktarılmalıdır. PDF istiyor ise PDF olarak dışa aktarılmalıdır. Vektörel formatta, arka planı saydam olacak şekilde istiyorsa görsel PNG formatında dışarı çıkarılmalıdır. (Fig. 27)

2.1.2. Dijital Ortamda 3D Çizim

Arkeolojide kullanılan dijital teknolojilerden biri olan 3D dijital veri teknolojisi arkeologların donanım ve yazılıma erişmelerine izin vermeye yeni başlayan bilgisayar teknolojilerindeki ilerlemelerden kaynaklanmıştır. Bu, arkeologlara, henüz arkeoloji içinde ortaya çıkmadığı kadar “yeni” bir veri tipolojisi sunmuştur. Böylece, 3D dijital veri teknolojileri için hem artırılmış bir farkındalık hem de bir yeri sağlamlaştırma arzusu, bu teknolojileri daha ileriye götürmek için bir ilgiyi artırmıştır. Arkeolojik bilgiler üç boyutludur, bu nedenle arkeologlar bunu akılda tutan tekniklere yaklaşmaya

başlamışlardır. Bu teknik, 3D modellerin, arkeolojinin doğru bir şekilde korunmasına izin verirken, aynı zamanda yeni veri formlarının sınırlı bir süre içinde türetilmesini sağlayan akışkan bir dokümantasyon olduğunu göstermiştir¹¹⁰.

Dijital ortamda üç boyutlu çizim yapılması için gerekli belli adımlar, prosedürler yer almaktadır¹¹¹. Bu adımlar, modellenecek nesnenin belirlenmesi, çizimin yapılması, dokunun verilmesi, ışık açısının girilmesi ve son aşama olarak *render*¹¹² alınması şeklindedir. Modelleme yapılacak nesnenin belirlenmesi, giriş unsurudur. Çizimi yapılacak nesnenin ne olduğuna dair ön veriler incelenmelidir. Nesne mimari bir blok, mimari eleman veya komple mimari yapı ise, metrik ölçülerinin çıkarılması, çizimi yapılacak yapının ya da nesnenin tüm fiziki özelliklerinin belirlenmesi, derinlik, açı, yükseklik ve çevre uzunluklarının özellikle girilmesi ile başlangıç yapılmalıdır. Eğer mimari bir yapının modellenmesi yapılacak ise, gerekli mimari yapının ilk başta krokisinin ya da planının elde edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde gelişi güzel yapılan yapı, orijinal boyutlarda olmayacak ve veri geçersiz olacaktır. Böyle bir durumda ölçek gibi ölçütler de geçersiz olmaktadır.

Plan incelendikten sonra, bu plana göre çizimin yapımına başlanması gerekmektedir. Çizim yapılırken en önemli unsur, ölçülerin gerçek değerde yapılmasıdır. 3d çizim programlarında bu tarz çizimlerde program sayesinde en yüksek hassasiyetlerde dahi çizim yapılabilmektedir.

Çizim yapıldıktan sonra doku filtresi uygulanır. Bu aşamada, yapılan çizimin dokusu belirlenir. Doku belirlemede önemli unsur, dokunun ne derece benzer olduğu yönündedir. Bu durumda en uygun dokunun seçilmesi ve işlenmesi gerekmektedir. Daha sonra *post-processing* işlemine geçilerek son aşamadaki doku işleme adımına geçilir. Bu aşamada, seçilen doku, çizilen nesneye eklenir ve nesne, ışık açısı eklenerek render aşamasına geçmeye olanak sağlar.

Render aşaması ise son aşamadır ve oluşturulan nesnenin son aşaması, son görüntüsünü oluşturmaktadır. Bu görüntü bir JPEG dosyası olabilir. Ya da üç boyutlu bir tasarım olabilir. Aynı zamanda bu yapılan çizim, sanal gerçeklik, video gibi alanlara eklenebilir hale getirilebilir.

¹¹⁰ Kimball 2014, 8.

¹¹¹ Tüker 2015, 37-56.

¹¹² Render kelimesi 3D alanında en çok kullanılan terimlerden birisidir. Türkçe karşılığı “sunmak”, “derlemek” manasına gelir. Çizdiğimiz sahnedeki objelerin bütün hesaplamalarının yapılarak en son ki sunuş aşamasına gelmesi demektir. <http://www.teknikerik.com/render-nedir.html> (15.03.2020).

Varinlioğlu çalışmasında, kültür mirasını değerlendirmek, eleştirmek ve 21. yüzyıla yarayıcı bir sanal müze oluşturma çabasıyla, gelişmiş, çok yönlü belgeleme ve yaygınlaştırma yöntemleri kullanmış ve 2D olarak alınan görüntünün 3D çizimine nasıl ulaştığını göstermiştir. Bu aşamada, üç boyutlu modelleme teknikleri ön plana çıkarılarak, sualtı kültür mirasını çok modlu belgeleme, görselleştirme ve yayma üzerine yoğunlaşmıştır (Fig. 28)¹¹³.

3D Studio Max İle Modelleme

Autodesk şirketi tarafından geliştirilmiştir. Yapı itibarıyla DOS sistemi üzerinde çalışmakta olan 3D Studio yazılımının gelişmiş versiyonudur. Kendi bünyesi içerisinde 3DS Max, kendi eklentilerine sahiptir. Bu sebeple de en yaygın kullanılan modelleme programlarının başında gelmektedir. Bu program dahilinde arkeolojik veriler ışığında, CAD verileri, GIS verileri ve jeoradar verileri işlenerek doğrudan üç boyutlu tasarım haline getirilebilir. Bu tasarım içerisinde ekleme ve çıkarmalar gibi değişiklikler yapılması mümkün haldedir. Bu çizimlere görsel efektler de eklenebilmektedir¹¹⁴.

Autodesk 3DS Max yazılımı, 64 bit işletim sistemlerinde desteklenir ve en azından aşağıdaki 64 bit donanımı olan bir sistem gerektirir:¹¹⁵

İşletim sistemi: Windows 7 (SP1), Windows 8, Windows 8.1 ve Windows 10 Professional.

Tarayıcı: web tarayıcılarının en son sürümü önerilmektedir.

-Microsoft Edge

-Google Chrome

-Microsoft® Internet Explorer

-Mozilla, Firefox

Donanım: CPU-İşlemci

RAM: En az 4 GB RAM (8 GB veya daha fazlası önerilir)

Disk alanı: Kurulum için 6 GB boş disk alanı

İşaretleme aygıtı (Mouse): Üç düğmeli mouse

Çok sayıda nesnenin temel şekli, program içerisinde mevcut haldedir. Bu bloklar aynı zamanda indirilebilir içerikler ile desteklenebilir. Bu içeriklere örnek olarak ionik

¹¹³ Varinlioğlu 2018, 191-200.

¹¹⁴ <https://www.autodesk.com.tr/products/3ds-max/overview> (21.03.2020).

¹¹⁵ <https://3dsahnesi.com/3ds-max-icin-bilgisayar-ozellikleri-ne-olmalidir/> (21.05.2020).

sütun taslağı; ionik başlık tipleri, korinth, kompozit başlık tipleri gibi bazı antik çağ yapılarına ait mimari elemanlar *add-on* şeklinde eklenebilir ve hazır taslak halinde kullanılabilir. Mevcut değilse oluşturulabilir ve diğer çizimlerde taslak halinde de kullanılabilir (Fig. 29, 30).

Poligon modelleme, yüzey ve NURBS gibi modelleme tekniklerini de destekler. *Curves Editor* eklentisi sayesinde hassas ayar yapılması için farklı açılar ve değerler arası geçiş yapma olanağı sağlanır. Yapılan çizim, örnek uzay adı verilen bir modelleme tablası üzerindedir. Bu modelleme tablası, geometriden aşına olunan X,Y,Z koordinatları üzerindedir. Bu koordinatlar X, Y ve Z ekseninde kamera hareketleri ile farklı açılardan izlenebilme gibi basit görüntüleme ve işlem olanakları sağlamaktadır.

Poligon modelleme yamalarla (patch) yapılan modellemenin aksine, poligonlardan oluşan modelleme biçimidir. Poligon düz çizgilerle sınırları tanımlanmış kapalı bir düzlemdir. NURBS'lerde bu kenarlar eğrilerden meydana gelmektedir. Poligonlar, istenildiğinde düşük çözünürlükle başlayan modellemeyi hızlı şekilde yüksek çözünürlüklü hale getirilebilmektedir. Bu sayede bir modelin daha fazla detay isteyen kısımlarına istenen detay ilave edilebilmektedir¹¹⁶. Poligon modelleme “üç boyutlu çokgen yüzeylerden (poligonlar) meydana gelen şekillerin nokta, kenar ve yüzeyleri üzerinde değişiklikler yaparak yeni biçimler oluşturulmasına imkanı veren bir modelleme yöntemidir”. Bu çokgen yüzeyler (poligonlar) bir araya gelerek üç boyutu meydana getirmektedir¹¹⁷.

3DS Max aynı zamanda *Havoc*¹¹⁸ *Reactor* grafik motoru ile desteklenmektedir. Bu grafik motoru, film, oyun ve sanal gerçeklik gibi üç boyutlu animasyon görseller oluşturulmasını, bunların yanında fizik kurallarını da dahil ederek gerçekçi bir etki yaratmayı amaçlamaktadır.

3D Render

3DS Max programında tel çerçeve görünümündeki tasarımın ışıklar, kaplamalar, yansımalar ve diğer hesapları yapılarak son görünümün elde edilmesine Render denir¹¹⁹.

¹¹⁶Ofluoğlu 2011, 1-21.

¹¹⁷Ofluoğlu 2011, 1-9.

¹¹⁸ Havok 1998 yılında Hugh Reynolds ve Steven Collins tarafından Dublin'de kurulmuştur. Microsoft, Intel'in İrlandalı şirketi Havok'u satın alarak isimsiz çoklu platform fizik motorunun yeni sahibi olmuştur. <https://3dnews.ru/921277> (21.03.2020).

¹¹⁹ <https://tazemuhendis.net/2018/09/3ds-max-nedir.html> (21.03.2020).

Kendi bünyesi içerisinde render alabilmek adına gerek autodesk, gerek yan üreticiler tarafından geliştirilen render motorları bulunmaktadır. Render, görüntünün son halinin verilmesini sağlar ve dokunun, çizimi yapılan üç boyutlu nesnenin gerçekçilik kazanmasını amaçlamaktadır. Render, üç boyutlu çizimlerde son aşama olarak yer almaktadır. Bu işlemde çizimi yapılan görsel, en net şekilde sergilenmeye hazırdır (Fig. 31,32,33).

AutoCAD İle 3D Modelleme

AutoCAD, 1982 yılında ABD merkezli Autodesk firması tarafından üretilip geliştirilen, her türlü teknik çizimin bilgisayar ortamında yapılmasını sağlayan bir yazılımdır. Bilgisayar destekli çizim veya tasarım olarak bilinen CAD (*Computer Aided Drafting* veya *Design*) tabanlı programların öncüsü konumundadır¹²⁰.

Mühendislik gibi alanlarda kullanılmak amacıyla ortaya çıkarılan AutoCAD, öncelikle inşaat ve makine alanlarında yaygın kullanım göstermektedir. AutoCAD birçok çizimin yapılabilmesine olanak sağlar. Üç boyutlu çizimler, iki boyutta çizimler yapılabilir. Tıpkı 3DS'te olduğu gibi, AutoCAD ile de GIS verileri, jeoradar verileri ve harita verileri aktarılabilir ve bu veriler dahilinde çizimler gerçekleştirilebilir. AutoCAD çizimleri yapılırken birçok komut ve klavye kısa yolları mevcuttur. Bu komutlar sayesinde çizimler gerçekleştirilmektedir. Aynı şekilde *line* komutları ile çeşitli ölçülerde çizimler yapılabilir. AutoCAD üzerinde çizim yapılırken iki boyut ve üç boyut çizimleri arasında geçiş sağlanabilmektedir. “3D BASIC” seçeneği seçildiğinde, AutoCAD üç boyutlu çizim uzayına geçiş sağlayarak çalışmaya başlayacaktır. Çizimler yapılırken AutoCAD’de daimi olarak ölçü girilmesi gerekmektedir. X,Y,Z koordinatları üzerinden yükseklik, genişlik ve derinlik ölçüleri girilerek, oluşturulacak nesnenin ölçüleri oluşturulmaya başlanarak çizim adımlarına geçilmektedir. Tıpkı 3DS MAX yazılımında olduğu gibi kamera kontrol açıları da bu programda yer almaktadır. Ancak 3DS MAX’in aksine, taslak olarak kaydedilen bazı nesnelerin aktarımı, 3DS’e nazaran daha güç olacaktır. Çünkü temel olarak yazılımların çalışma prensipleri farklıdır. 3DS doğrudan modellemeyi amaçlarken, AutoCAD plan oluşturmaya yönelik bir yazılımdır. 3DS’ten başka bir farklılığı da devamlı komut girilmesi durumudur. AutoCAD ve 3DS MAX programlarında yapılan çizimler kaydedildikten sonra, tüm Autodesk programlarında bu çizim dosyaları açılabilir olacaktır. Aynı zamanda *Milkshape 3D*,

¹²⁰ Karakoç 2014, 1-26.

Blender gibi açık kaynak yazılımlarında da bu çizimler açılabilir. Üzerinde değişiklikler yapılabilir ve tekrar tekrar sorunsuz şekilde kaydedilebilir (Fig. 34)¹²¹.

Autodesk ReCap 360 ile Modelleme

Autodesk ReCap 360, Autodesk Şirketi tarafından sağlanan ücretsiz bir çevrimiçi hizmettir. Bu yazılım, isteğe bağlı bir deneme / öğrenci sürümüyle bağımsız bir ticari sürüm olarak da mevcuttur. Prensipte olarak, tüm verilerin işlendiği Autodesk sunucularına bir “fotoğraf seti” yüklenir ve daha sonra tamamlanan işlem hakkında kullanıcı e-posta yoluyla bilgilendirilir. Sonuçları tasarlamak için sadece sınırlı olasılıklar olduğundan, bu yazılımın kullanımı genel olarak önerilmez. Program, görev başına maksimum 250 fotoğrafla sınırlıdır. Yükleme süresi internet bağlantı kalitesinden kaçınılmaz olarak etkilenirken, işlem süresi hiçbir şekilde tahmin edilemez. Sunucu bağlantısına, iş yüküne ve fotoğraf setinin boyutuna bağlı olarak genellikle birkaç saat sürer (Fig. 35)¹²².

Autodesk 123D Catch ile Modelleme

Autodesk 123D Catch, web tabanlı bir hizmettir. 3D modellerin oluşturulması, bulut depolanması ve indirilmesi, doğrudan 3D baskı (sadece ticari sürümde) imkânları bulunmaktadır. ReCap'in aksine, bu hizmet model başına 70 fotoğrafla sınırlıdır. İlk bakışta, bu ve ReCap modeli arasında temel bir fark olmamakla birlikte, hizmetin kullanılabilir 70 fotoğrafla sınırlandırılması nedeniyle büyük modeller için uygun değildir. Ayrıca, maksimum ayrıntıya yaklaşıldığında, doku detayının yüksek olmadığı açıktır (Fig. 36)¹²³.

3D Restitüsyon Oluşturma

Dijital fotogrametri, arkeolojik katmanların veya imalatların tüm yüzeyini oldukça doğru sonuçlarla yeniden yapılandırmayı sağlayan birçok yazılım tarafından kolaylaştırılmıştır. Bazı yazılımlarda, fotoğrafı çerçevenin ortasına çekmek ve çevredeki gürültüyü kesmek için bir fotoğrafın kırılabilirliği veya yeniden boyutlandırılabilirliği anlamına gelirken, bazılarında başarısız sonuca neden olabilir. Bir başka önemli husus ise 3D olarak belgelenmek istenen nesnenin mümkün olduğunca çok fotoğrafının çekilme

¹²¹ Karakoç 2014, 1-26.

¹²² Hrubý et al. 49-67.

¹²³ Hrubý et al. 49-67.

isteğidir. Ancak fazla fotoğrafın her zaman daha iyi sonuç anlamına gelmediğini akılda tutmak önemlidir. İyi bir genel kural “3” kuralıdır: Yeniden oluşturmak istenen sahnenin her bölümü en az 3 fotoğrafta görünmelidir. Bir bakıma, tüm fotogrametrik yazılımlar lazer tarayıcı gibi çalışmakta; en az 2 ila 3 fotoğrafta doğrudan görünmeyen her şey bir bilgi boşluğuna neden olabilmektedir. Aşağıda bazı yazılımlara ait bilgiler yer almaktadır¹²⁴:

<u>Yazılım</u>	<u>Ana gereksinimleri</u>
<u>ARC3D</u>	<u>Tutarlı zoom, lens ve ışık. Yapay dokuda daha iyi çalışır.</u>
<u>insight3d</u>	<u>Tutarlı zoom, lens ve ışık. Mimaride daha iyi çalışır.</u>
<u>Bundler + PMVS/CMVS</u>	<u>Farklı anlarda farklı kameralarla çekilen fotoğraflarla da çalışabilir.</u>
<u>Visual SFM</u>	<u>CUDA125 uyumlu donanım gerektirir.</u>
<u>Autodesk PhotoScene (now 123D Catch)</u>	<u>Geniş açılı lenslerle (20, 24 veya 28 mm) ve tüm proje için aynı kamera ve zoom oranıyla daha iyi.</u>
<u>MS PhotoSynth</u>	<u>Geniş açılı lenslerle (20, 24 veya 28 mm) ve tüm proje için aynı kamera ve zoom oranıyla daha iyi</u>
<u>3DTubeMe</u>	<u>Tanınmış kameralardan / akıllı telefondan Exif. En az 5 fotoğraf. Yakınlaştırma olmadan daha iyi.</u>
<u>Areoscan</u>	<u>Bundler tabanlı.</u>
<u>hypr3d</u>	<u>Bundler tabanlı.</u>
<u>my3dscanner</u>	<u>2 MP'den fazla çözünürlük, ancak 5 MP'den fazla faydasızdır.</u>
<u>CMP SfM Web Service</u>	<u>Sunucu-bulut bilgi işlem tarafında ve yerel kullanıcı sürümünde mevcuttur.</u>

Bu yazılımlardan üçü ile ilgili bilgiler aşağıda yer almaktadır.

¹²⁴ Photogrammetric 3D restitution of surfaces using free tools.

<http://www.arcland.eu/capture/aerial-photography/1508-photogrammetric-3d-restitution-of-surfaces-with-free-tools> (15.01.2020).

¹²⁵ CUDA, NVIDIA'nın GPU (grafik işlem birimi) gücünü kullanarak hesaplama performansında büyük ölçüde artışlara olanak veren paralel hesaplama mimarisidir. <https://osmanuslublog.wordpress.com/2016/10/21/cuda-nedir/> (20.02.2020).

ARC3D

ARC3D kullanıcıların, sahneyi 3 boyutlu olarak yeniden yapılandırabildiği ve dijital görüntüler yüklenmesi, hesaplanan verileri kullanarak 3D sahnenin üretilerek görselleştirilmesi için kullanılabilen bir yazılımdır. Programa bir dizi görüntünün yüklenmesi gerekmektedir. (Görüntülerin sırası kullanıcı tarafından ayarlanabilmektedir.) Rekonstrüksiyon işlemi, sahnenin veya nesnenin görüntülerle iyi örtüldüğünü ve görüntüler arasında yeterli çakışma olduğunu varsaydığından, görüntülerin özenle alındığından emin olunması gerekmektedir (Fig. 37). 3D rekonstrüksiyon, otomatik kalibrasyon, özellik algılama ve yazışma, yoğun çoklu stereo rekonstrüksiyon ve pointcloud¹²⁶ oluşturma prensibine dayanmaktadır. ARC bir bilgisayar ağı üzerinden yeniden yapılandırmayı hesaplamaktadır. Yüklenen görüntülerin boyutuna, sayısına ve kalitesine bağlı olarak, tipik bir iş 15 dakikadan 2 veya 3 saate kadar sürebilmektedir. Rekonstrüksiyon başarılı olduktan sonra, bu verileri model görüntüleme aracıyla bir 3B model üretmek için kullanabilmektedir¹²⁷.

Insight3D

Bu program fotoğraflardan 3B modeller oluşturmaya imkân tanımaktadır. Gerçek bir sahnenin (örneğin bir binanın) bir dizi fotoğrafı verildiğinde, otomatik olarak bunlarla eşleşir ve daha sonra sahnenin 3B nokta bulutu ile birlikte her fotoğrafın çekildiği alandaki konumlarını (artı kameranın optik parametreleri) hesaplamaktadır. Ardından, dokulu çokgen model oluşturmak için insight3d'nin modelleme araçları kullanabilmektedir. Ücretsiz ve açık kaynaklıdır (GNU AGPL 3) (Fig. 38)¹²⁸.

Bundler + PMVS/CMVS

Bir grup fotoğraftan 3B geometriyi yeniden yapılandırmak kullanılan bir yazılımdır. Bu yazılım Yazılımımız, özellikle OpenStreetMap¹²⁹ projesinde çeşitli şekillerde kullanılabilir. Sistemdeki temel araçlar, bundler, PMVS ve CMVS'dir. Bundler¹³⁰, kamera parametreleri ve çoklu görüntüler yardımı ile 3 boyutlu obje oluşturulmasında kullanılmaktadır. Sadece katı cisimlerin modellenmesinde

¹²⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Point_cloud (22.05.2020).

¹²⁷ <https://www.arc3d.be/> (10.01.2020).

¹²⁸ <http://insight3d.sourceforge.net/> (05.03.2020).

¹²⁹ Özgür yazılım şartları altında oluşturulan açık kaynaklı bir dünya çapında harita oluşturma projesidir. GPS alıcılarıyla ve diğer kamu mali kaynaklardan toplanan bilgiler ile oluşturulur. <https://www.openstreetmap.org/about> (20.02.2020).

¹³⁰ Demirel - Şeker 2015, 122-127.

kullanılabilmektedir. Yazılım, yönlendirilmiş nokta bulutu üretmektedir. Model, 2010 yılında üretilmiş ve geliştirilmektedir. CMVS, PMVS2 içermektedir. Ek faydalı özelliklere sahiptir (örneğin, bellek sınırlaması konusunda endişelenmenize gerek yoktur)¹³¹.

PMVS, bir dizi görüntü ve kamera parametresi alan, daha sonra görüntülerde görülebilen bir nesnenin veya sahnenin 3D yapısını yeniden oluşturan çok görüntülü bir stereo yazılımdır. Yazılım, hem 3B koordinatın hem de normal yüzeyin her bir yönelme noktasında tahmin edildiği, çokgen (veya kafes) model yerine bir dizi yönlendirilmiş nokta çıkarır. Yazılım 64 bit uyumludur (Fig. 39)¹³².

2.2. Dijital Ortamda Arkeolojik Bölge Haritalandırması

Haritalandırma ve dijital ortam söz konusu olduğunda başvurulacak başlıca cihaz ve teçhizatlar LiDAR, GPS ve Dronelar olacaktır. Bu cihazların ortak kullanımları ile oluşturulan birden fazla çeşitte harita verileri elde edilecektir. Topografik harita ve fiziksel harita oluşturulması, bu programların ve yazılım çeşitliliğinin kombine kullanımı ile gerçekleşmektedir. GPS ve Web bazlı yenilikçi yazılımlar ile desteklenen *Google Maps*, *Google Earth* programları, Bilgisayar, PDA ve cep telefonları gibi mobil cihazlarda kolayca kullanılabilir uygulamalar haline getirilmiştir ve *Google Play Store*, *Apple AppStore* gibi uygulama mağaza yazılımları vasıtasıyla kolayca indirilebilir haldedir.

LiDAR ise diğerlerinden farklı olarak lazer bazlı çalışan bir makinedir. Radar sistemi ile benzerlik gösteren bu cihaz, topografik harita oluşturmada başvurulması gereken bir teçhizat durumundadır. LiDAR verileri, bilgisayarda üç boyutlu veriler oluşturmada ön ayak olacağından dolayı engebeli arazi, mimari yapılar gibi yüzey araştırmaları için gerekli unsurları yapılandırmış şekilde aktaracaktır.

Bu iki devrim yaratan sistem dışında, yeni yeni adapte edilen bir diğer harita oluşturma sistemi ise Drone haritacılığı ve fotoğrafçılığıdır. Profesyonel Dronelerin bu alanda kullanım sebebi ise, üzerine eklenen *add-on* biçimli çıkarılıp takılabilir teçhizatlarıdır. Birden fazla malzemeyi taşıyabilen bu Drone türleri, hem LiDAR hem fotoğrafçılıkla GPR yani Radar Drone'ü haline getirilebileceğinden dolayı yerüstü ve

¹³¹Osm-bundler, <https://code.google.com/archive/p/osm-bundler/> (15.05.2020).

¹³²Patch-Based Multi-View Stereo Software (PMVS), <https://www.di.ens.fr/pmvs/> (15.05.2020).

yeraltı haritalandırması ve fotoğrafçılık konusunda oldukça faydalı, sofistike cihazlar olarak yer almaktadır.

2.2.1. Drone İle Haritalandırma

Program destekli hava araçları söz konusu olduğu zaman ilk başvurulacak araç muhtemelen Drone olacaktır. Ancak sadece Drone değil, Dronelardan daha önce kullanımda olan uydular da bu sınıfa dahil edilebilir. Aynı şekilde uydular da program destekli komuta edilmektedir. Ayrıca yeni nesil Dronelar da uydu vasıtasıyla komuta edilebilir durumda olduğu için zincirleme bir etkiden bahsetmek de mümkündür. Uydu destekli elde edilen veriler de, bu araçlar ve kontrol eden programlar vasıtasıyla elde edilmektedir.

Bu başlık altında Dronelar ele alınacaktır. En güncel hava aracı günümüz teknoloji ve AR-GE çalışmaları dahilinde, Dronelardır. Dronelar, doğrudan insan ve ara sürücü programları vasıtasıyla kumanda edilmektedir.

Drone komutası, uzaktan kumandalı araba ve uçuş sistemlerinin komuta sisteminin hibritidir denebilir. Drone üzerinde manevralardan farklı, irtifa kontrolleri, kalkış kontrolleri ve gaz kontrolleri yer almaktadır. Bunların yanında ek özellikler bulunuyorsa, bu özelliklere ait komutları verebileceğiniz ek *flightstick* ve butonlar da kumanda üzerinde yer alabilir.

Drone çalışma prensibi temelde radyo frekanslarıdır. Gelişen teknoloji ile yeni üretilen Dronelar, yukarıda belirtildiği üzere GPS ve ek uydular vasıtasıyla da kontrol edilebilmektedir. Aynı şekilde internet bağlantısı ile bu kontroller sağlanmaktadır. Komutlar sinyaller vasıtasıyla frekanslara çevrilerek, Dronelara iletilir ve bu sayede kontrol gerçekleşir. Bu Droneların komutası için, kontrol edilen Drone ile kontrol edecek cihaz arasında bir kod uyumu olması gerekir. Bu uyumlu kod iki cihaza da girildiği takdirde, herhangi bir menzil sıkıntısı olmaksızın Drone kumandası gerçekleşmeye hazırdır.

Drone üretimlerinin esas amacı askeri amaçlıdır. Ancak ihtiyaca göre bu araçların kullanım alanları oldukça genişlemiş bulunmaktadır. Konu gereği, bu başlık altında Arkeolojik alanda kullanımını ve genel Drone işleyişinden bahsedilecektir.

Drone komutası için öncelikle bu araçların THY dahilinde plakasının alınması gerekmektedir. Plakasız Dronelar, yasalar gereği düşürülür ya da asayiş sağlayan kurumlarca el koyma hakkı bulunmaktadır. Bunun temel sebebi, bu cihazların erişimi zor

bölgelere girebilip görüntü ve ses kaydı yapabiliyor olmasıdır. Çoğu ülkelerde de aynı şekilde kanun yönetmelikleri bulunmaktadır.

Genel prosedürlere göre üretilen Dronelar, yaklaşık 6-7 m. yükseklikte sabit uçuş modunda kalabilir ve ortalama 70 m. yüksekliğe kadar çıkabilmektedir. Bu sayede arkeolojik çalışma yapılacak arazilerde uçurulduğunda, bazı mimari yapılar belirgin şekilde görülebilmektedir. Toprak üstünde yeşeren bitkilerin, derinlik ve kökünü bağladığı noktalara göre renginde değişiklik görülmektedir. Bu değişiklik, hava fotoğrafçılığı ile görülebilmekte, tapınak, nekropol gibi mimari unsurun ön planda olduğu bir takım yapılar açıkça görülebilmektedir. Bu aynı zamanda yüzey araştırması için de oldukça kolaylık sağlamaktadır.

İnsansız hava araçları henüz geliştirilmemişken hava fotoğrafçılığı için planörler, uçaklar ve helikopterlerle, kamera kullanılarak doğrudan insan eli ile fotoğraflar çekilir ve alanların belirlenmesi yöntemi uygulanmıştır. Dronelerin üretimi ve alanda yaygınlaşmasıyla, çalışma yapılacak alanların saptanması, hava fotoğrafçılığı, jeoradarlar ile yeraltı taramalarının yapılması gibi yenilikçi teknik yaklaşımlar daha kolay hale gelmiş bulunmaktadır.

Drone olarak da adlandırılan İnsansız Hava Araçları (*Unmanned Aerial Vehicles* (UAVs)) kullanımı son yıllarda hızlı bir gelişme göstermektedir. İHA endüstrisi hala büyük ölçüde yeni başlayan şirketlerin hâkimiyetindedir. İHA + LiDAR + Dijital Fotoğraf Makinesi + IMU + GNSS tarafından oluşturulan insansız hava sistemleri, giderek daha önemli bir mühendislik segmentini oluşturmaktadır. Haritalama ve ölçme Droneleri, ilgilenilen bir alanın havadan görüntülenmesi için konuşlandırılması kolay bir platform sağlamaktadır. Halen, birçok ülkede operasyon süresi ve düzenlemenin geliştirilmesi ile ilgili Dronelerin kullanımını sınırlayan bazı faktörler vardır. İHA'lar çeşitli mühendislik projelerinde, kentsel planlamada veya bilimsel araştırmalarda ihtiyaçlar için değerli 3D ve görüntü verilerinin üretilmesine katkıda bulunmaktadır¹³³.

Drone İçin Plaka Prosedürleri

Drone kontrollerinin yanı sıra, en öncelikli iş Drone plakası almaktır. Bu plakanın alınması için Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'ne başvurulması gerekmektedir. SHGM sayfasından insansız hava araçları bölümüne girip hesap açılması ve gerekli bilgilerin girilmesi gerekmektedir. Bu prosedürler doğrultusunda sayfa, onay sayfasına

¹³³ Popescu et al. 2019, 169-174.

yönlendirecektir. Bu onay süreci, yoğunluk duruma göre haftalar alabilir. Bu işlemler sonucunda Dronea ait bir plaka oluşturulacaktır. Ancak alınan plaka, hiçbir şekilde izin almadan Drone uçurulmasını sağlamayacaktır. Bu tip cihazların uçurulması için sadece bir kimlik görevi görmektedir plakalar. Drone'un uçurulabilmesi için gerekli yerlerden izin alınması şarttır. Ancak her bölge, izin alınacak yerler dahilinde değildir. Buna örnek olarak askeri tesisler, asayişî sağlayan kurumların bulunduğu bölgeler, kalabalık halka açık noktalar ve şehir içleri, arkeolojik kazı alanlarında ise kazı başkanı ve heyetinin herhangi bir onayı olmadan uçurmak söz konusu değildir¹³⁴.

Drone Kontrol Sistemi

Kontroller, Drone için önemli noktalardan biridir. Çalıştırılmadan önce Drone'un ara yüzü kalibre edilmelidir. Kalibrasyon, bir nevi jiroskop özelliği sağlayarak Drone'un dengesini ayarlamasını sağlar. Bu sayede cihaz uçuş esnasında sağa sola kaymayacaktır. Eğer GPS desteği var ise GPS ayarları kontrol edilmelidir. Hata durumunda Drone'un yanlış rota izlemesi, dolayısıyla kontrolden çıkmasına sebep olabilir. Uçuş için Drone, *take off* modunda tam güç ile kaldırılmalıdır. Bu hem yakıttan tasarrufu sağlar, hem de tam performans erişimi ile doğru bir kalkış stratejisi izlemiş olursunuz. Tam güç verilmediği takdirde yatay ekseninde manevra yapıp düşmesi söz konusu olabilir.

Drone pervaneli ile çalışan bir aygıttır. Dolayısıyla rüzgârdan etkilenebilir. Nemden ve sıcak havalarda Drone daha fazla yakıt kullanacaktır. Bunun sebebi de havadaki yoğunluğun düşmesidir. Drone, havada kalabilmek için daha fazla güç harcayacaktır. Benzer şekilde soğuk havalarda da batarya erken bitecektir. Bu esasen bir çok mobil cihaz için geçerlidir. Genel yapıları itibariyle lityum batarya ve piller, soğuk hava şartlarında hızlı şekilde deşarj olmaktadır.

Drone uçuşları için hava koşullarının, Drone uçurmaya elverişli olması gerekmektedir. Bu nedenle hava durumu kontrol edilmeli ve gün seçilmelidir. Sadece bununla da kalınmamalı, günün gidişatı gözlemlenmelidir.

Uçuş öncesi kontrol paneli ve ekranlar kontrol edilmelidir. Yüksek parlaklık karşısında ekranı görmekte zorluk çekilebilir. Bu sebeple ekranların parlaklık ayarları en son seviyede olmalıdır. Drone'un nereye gittiğini görebilmek için, gözlerin zarar görmesini engellemek adına polarize güneş gözlüğü kullanımı işleri kolaylaştırmak amacıyla önemli bir tavsiye niteliğindedir.

¹³⁴ İnsansız Hava Aracı Kayıt Sistemi <https://iha.shgm.gov.tr/public/index?ReturnUrl=%2f> (05.03.2020).

Drone uçuşlarında ortalama süre yarım saat kadar sürmektedir. Bu süre içerisinde Drone motorları ve pervaneleri ısınabilir. Bu durum ani deşarja sebep olabilir, bu durumu önlemek adına yedek batarya bulundurmak, kullanım süresini uzatacaktır.

Senkronize şekilde manevra kontrolleri yapılması uçuş için önemli unsurdur. Uçuş sırasında manevra stickleri senkronize şekilde yapılırsa estetik bir uçuş görünümü sağlanacaktır. Yüksek performanslı bir uçuş için gerekli yazılımların güncellenmesi de gerekebilmektedir. Bu kontroller yapıldıktan sonra sağlıklı bir uçuş gerçekleştirilebilmektedir (Fig. 12).

Dronelerin teknolojik nesilleri şu şekildedir:¹³⁵

Nesil 1: Uzaktan kumandalı uçak.

Nesil 2: Statik tasarım, sabit kamera montajı, video kaydı ve fotoğraf, manuel pilot kontrolü.

Nesil 3: Statik tasarım, iki eksenli gimballer¹³⁶, HD video, temel güvenlik modelleri.

Nesil 4: Üç eksenli gimballer, 1080P HD video veya daha yüksek değerli enstrümantasyon, geliştirilmiş güvenlik modları, otomatik pilot modları.

Nesil 5: 360° gimballer, 4K video veya daha yüksek değerli enstrümantasyon, akıllı pilot modları.

Nesil 6: Ticari uygunluk, güvenlik ve düzenleyici standartlara dayalı tasarım, platform ve yük uyarlanabilirliği, otomatik güvenlik modları, akıllı pilot modeller ve tam özerklik, hava sahası farkındalığı.

Nesil 7: Tam ticari uygunluk, tam uyumlu güvenlik ve düzenleyici standartlara dayalı tasarım, platform ve yük yükü değiştirilebilirlik, otomatik güvenlik modları, gelişmiş akıllı pilot modeller ve tam özerklik, tam hava sahası farkındalığı, otomatik eylem (kalkış, arazi ve görev yürütme).

Solo, 3DRobotics tarafından “akıllı Drone” olarak üretilen yeni nesil Dronelardır. Nesil 7 devam etmektedir. Yerleşik güvenlik önlemleri ve uyumluluk teknolojisine sahip akıllı insansız hava araçları, akıllı hassas sensörler ve kendi kendini izleme, Drone teknolojisinde ulaşım, askeri, lojistik ve ticari sektörlerde yeni fırsatlar sağlayacak sonraki büyük devrimdir.

¹³⁵ Divya Joshi, <https://www.businessinsider.com/Drone-technology-uses-applications>. (28.01.2020).

¹³⁶ Gimbal adı verilen ürünler ise üzerinde 2 ya da 3 adet motor bulunan ve titreşimi engelleme ya da yok etmeyi hedefleyen cihazlardır. <https://mediatrend.mediamarkt.com.tr/gimbal-nedir-ne-ise-yarar-kimlerin-ihciyaci-vardir/> (21.05.2020).

Son yıllarda İnsansız Hava Araçları (İHA'lar) veya Dronelar, arkeologlar tarafından arkeolojik araştırma, kazı kaydı ve miras alanı yönetimi için önemli bir araç olarak yaygın bir şekilde benimsenmiştir. Teknoloji geliştikçe ve maliyetleri düştükçe, giderek genişleyen alanları yüksek çözünürlükte kaydetmek mümkün hale gelmiştir. Artık insansız hava araçları arkeolojik araç setinin ortak bir parçası olduğundan, sahada doğruluk ve araştırma verimliliğini artırmak için oldukça fazla bir ilgi söz konusudur¹³⁷.

3D modelleme, fotogrametri ve LiDAR haritalandırmaları için Dronelar oldukça yoğun olarak kullanılmaktadır. Havadan ölçümler için GPS özellikli Dronelerin kullanılması daha doğru ve kesin veriler elde edilmesinde katkıda bulunmaktadır. GPS donanımlı Dronelar, dijital kamera ve güçlü bilgisayarlar ile oldukça hassas ölçümler yaparak istenilen harita bazlı verinin elde edilmesini sağlamaktadır.

Tüm bunların yanında, kullanılması önerilen Drone çekimleri ile elde edilen seri fotoğraflar, fotoğrafa işlenmiş konum verisi de vermektedir. Yükseklik ve ölçek bazında ortaya çıkarılan bu görsel veri, harita niteliğinde kullanılabilir ve üç boyutlu tasarım programlarında oldukça faydalı olacak şekilde işlenebilir düzeydedir.

Drone Fotogrametrisi

Fotogrametri, fotoğraflar üzerinden ölçüm yapılan bir bilim alanıdır. Bir takım nesne, hatta arazi için haritalandırmalar, çizimler ve 3 boyutlu modellemelerin metrik ölçüler ile doğru şekilde ölçeklenerek oluşturulmasıdır (Fig. 14).

Dronelar kullanılarak yapılan fotogrametrik veri toplama işlemi klasik hava fotogrametrisinde olduğu gibi yapılan bir uçuş planı doğrultusunda gerçekleştirilmektedir¹³⁸. Genel olarak İHA'lar kullanılarak yapılan veri toplama üretimi aşamaları (bkz. Ek 5) sınıflandırmak mümkündür¹³⁹.

¹³⁷ Hill 2019, 80-91.

¹³⁸ Cömert et al. 2012, 1-8.

¹³⁹ Eisenbeiß 2009, 10.



EK 5 - İHA'lar kullanılarak yapılan fotogrametrik amaçlı veri toplama ve üretimi

Uzaktan kumandalı hava sistemindeki (RPAS) çeşitli güncellemeler ve teknolojik iyileştirmeler, hem donanım bileşeni (görüntüleri alan araç) hem de yazılım (veri işleme programları) açısından araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmektedir. Uzaktan kumandalı hava sistemindeki (Remotely Piloted Aerial System-RPAS) çeşitli güncellemeler ve teknolojik iyileştirmeler, hem donanım bileşeni (görüntüleri alan araç) hem de yazılım (veri işleme programları) açısından araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmektedir. Hava haritalama için donanımlı RPAS örnekleri (Fig. 15) sabit kanatlı ve (Fig. 16) hexacopter şeklinde gösterilmiştir¹⁴⁰.

Drone Fotogrametri Prosedürleri

Hava Fotogrametrisinden üç boyutlu haritalar oluşturmak için kullanılacak olan kamera, Drone üzerine monte edilir ve ana karta lehimlenerek Drone ile çalışmasını sağlar. Bu noktada ufak elektronik bilgisi gerekmektedir. Fotogrametri kullanarak heykel, mimari yapı ve elemanları ve benzer her türlü nesnenin üç boyutlu modelleri oluşturulur. Bu amaçlı kullanımda kameranın, Drone'a yatay şekilde monte edilmesi gerekmektedir.

Model nesnenin birden fazla çakışan görüntüsü, GPS ile uyumlu bir Drone'un rotası belirlendikten sonra, kontrol yazılımı ile kamera ile fotoğraflanmadan sonra elde

¹⁴⁰ Chiabrande et al. 1-16

edilir. Daha sonra bu veriler ışığında metrik ölçüler dahilinde modelleme işlemleri başlatılabilir.

3 boyutlu modelleme uygulamalarının başarısı için aşağıdaki hususların önemli olduğu öngörülmektedir¹⁴¹:

- “Modellenecek objenin şekil ve boyutları göz önünde bulundurularak uygun konum ve açıda yeterli sayıda resim çekilmelidir.

- Jeodezik alım işlemi planlı biçimde yapılmalıdır.

- Obje üzerinde işaretlenen kontrol noktalarının uygun biçimde dağılımı, yeterli sayıda olması sonuç ürünü modelin doğruluğunu artırmaktadır.

- *PhotoModeler* yazılımında, 3 boyutlu model oluşturmak konvergent¹⁴² alım yöntemi ile çekilen en az 3 fotoğraf kullanılmalıdır. Fotoğraf sayısının artmasıyla sonuç ürünü modelin doğruluğunun ve çözünürlüğünün arttığı görülmüştür.

- *PhotoModeler* yazılımında, fotoğraf çiftlerinde işaretli kontrol noktaları doğru şekilde eşleştirildiğinde 3B modelin doğruluğunun arttığı görülmüştür.

- Nokta bulutu üretimi aşamasında, fotoğraflarda nokta bulutunun üretileceği bölge sınırlandırıldığında gereksiz, uyuşumsuz ve bozuk nokta bulutu üretiminin önüne geçilerek, daha kısa sürede nokta bulutunun üretileceği görülmüştür. Yine örnekleme aralığı değeri 10 mm’den küçük bir değer seçildiğinde nokta bulutu üretiminde sürenin arttığı ve sık nokta bulutunun oluştuğu görülmüştür.

- *PhotoModeler* yazılımı model üretimi aşamasında, heykelin alt ve arka yüzeyini oluşturan nokta bulutundaki boşlukların doldurulmasına imkân sağlamıştır.”

Hermon ve Nikodem, “Arkeolojide Bilimsel Araştırma Aracı Olarak 3D Modelleme” başlıklı çalışmalarında, 3D görselleştirmenin (*visualization*) veritabanında depolanan meta veriler ile 3D sanal modelin kendisi arasında iletişim kurmak için özel bir arayüz kullanmışlar ve bu şekilde işlevleri elde ettiklerini belirtmişlerdir¹⁴³:

- 3B nesnelerin özelliklerini bir veritabanına aktarmak,

- Veritabanında arama yapmak ve

- Modelin koşullu olarak oluşturulması.

Hermon ve Nikodem, bu çalışmalarında 3D grafik aracı olarak Blender ile ihtiyaç duydukları tüm standartları sunan ilişkisel bir veritabanı yönetim sistemi olarak

¹⁴¹ Uslu – Uysal 2017, 60-65.

¹⁴² Yakınsak, <https://www.seslisozluk.net/konvergent-nedir-ne-demek/> (15.03.2020).

¹⁴³ Hermon - Nikodem 2008, 1-6.

MySQL'u seçmişlerdir. Yazılım tarafından gerçekleştirilen koşullu görüntü (Fig. 17)'de gösterilmiştir.

Drone ve LiDAR eşleşmesi

LiDAR Drone, ağır nesne taşıyabilen profesyonel Drone'un LiDAR teçhizatı ile donatılması ve gerekli yazılımlar ile kontrol edilebilir hale getirilmesi durumunda ortaya çıkan bir cihaz kombinasyonudur. LiDAR tarayıcılar ile donatılmış bu aygıtlar, bir gün içerisinde uzun mesafeleri - ki bu mesafeler kilometrelerce uzunlukta olmaktadır- kolayca yakalayabilmektedir. Metrekare başına 10-100 arasında görüntü yakalayarak, oldukça ayrıntılı modeller oluşturulabilmektedir. Ölçümlerin tutarlılığı, 3d modellerin birçok alanda plan, proje oluşturma ve çalışılacak noktanın belirlenmesinde oldukça büyük olanaklar tanımaktadır.

LiDAR'ın sahip olduğu sensörler, bitki örtüsü ve engebeyi yakalayabilir. Bunları aşabilir. Uydu ve fotoğraflama cihazlarının göremediği toprak yapısını ayrıştırabilir, sınıflandırabilir ve kategori edebilir. Bu açıdan oluşturulan spektrumlar ile renk ayrıştırması yapılabilir ve nesnelerin çeşitliliği listelenebilir hale getirilir.

Fotogrametri ve LiDAR

Arkeologlar ve mimarlar çalışmalarında tarihi eserlerin kesin gösterim ve görselleştirmeyi sağlayan 3D modellere ihtiyaç duymaktadırlar. Bu modeller, fotogrametrik yöntemle gerçekleştirilebilmektedir¹⁴⁴.

3D modelleme tekniği olan fotogrametri ile herhangi bir tarihsel öge, fotogerçekçi doğrulukla yeniden üretilerek 3D arkeolojik dokümantasyon ve kültürel mirasa kazandırabilmektedir. Bu modelleri oluşturan yazılımlara, hem açık kaynaklı hem de ticari şekillerde ulaşılabilir. İhtiyaç duyulacak ekipman basit bir telefon kamerasından pahalı bir lazer tarayıcıya kadar değişebilmektedir. Fotogrametri, son derece hassas ölçümler ve çizimlerinin temeli olarak yerinde kullanılabileceğinden, eserlerin belgelenmesi için uygun olarak düşünülebilmektedir¹⁴⁵.

Kazı sürecinin ortaya konulması ve ileriye dönük yapılacak çalışmaların planlanması için arkeolojik kazı alanlarının ve bulunan eserlerin kazı süresince jeodezik ölçme teknikleri kullanılarak haritalarının çıkarılması oldukça önemlidir. Böylelikle arkeolojik alanlara ait bilgilerin de haritalarda yer almaları sağlanmakta, zaman ve mekan

¹⁴⁴ Duran - Toz 2002, 403-410.

¹⁴⁵ Saldana 2015, 148-163.

bakımından inceleme ve farklı yerleşimler arasındaki ilişkilerin tespit edilerek ortaya çıkarılmasına katkı sağlanmaktadır¹⁴⁶.

Bu işlemlerin başarıyla yapılması jeodezik haritaların en yüksek doğrulukla elde edilmesi kazı alanlarının da doğru olarak belirlenmesini sağlayabilecektir. Bu haritalama işlemi günümüzde çoğunlukla total stationlar, uydu bazlı küresel konum belirleme sistemleri, uzaktan algılama, hava fotogrametri, yersel fotogrametri ve insansız hava araçları kullanılarak yapılabilmektedir¹⁴⁷.

Drone fotogrametrisi ve LiDAR haritalandırmaları için havadan elde edilen görüntüleri yakalayacak birçok malzeme, teçhizat bulunmaktadır. Orthofoto, 3 boyutlu binalar ve hacimsel araştırma alanları için oluşturulan bilgi ve veriler, arkeolojik çalışmalarda gerekli olan harita-program ve arazi ölçümlerini net şekilde oluşturacaktır. Birden fazla alanda ölçümün alınması, veri çeşitliliğini artıracığından dolayı ek araştırma ve ölçümlere başvurma olasılığını düşürecektir.

Orthomapping, yani düzeltilmiş haritalandırmanın şu andaki yazılımlardan en yaygın bilinen yazılımı ArcGIS'tir. GIS¹⁴⁸ projesi kapsamı altında haritacılık ve proje oluşturmada oldukça devrimsel nitelikli bir yazılımdır¹⁴⁹.

Topografik haritalamada bu kadar etkili olan LiDAR, (Light Detection And Ranging) (Işık Algılama ve Menzil) 3B ölçümleri nesnelere ve altındaki zeminden bilgi toplamak için hedefe ve ışının bitki örtüsüne nüfuz etmesine yönlendirme yeteneğini mümkün kılar. Bitki örtüsünün içinden geçen ışık dalgası önü, bitki örtüsü hakkında bir yan ürün olarak bilgi üretir. Yoğun ve geometrik olarak doğru nokta bulutu, haritalama, modelleme ve izleme için gerçekliğin fotoğrafik 3D yakalanmasını sunar. LiDAR'ın spektral bilgilerinin otomatik veri yorumlaması üzerinde önemli etkileri vardır¹⁵⁰.

İki teknolojinin avantajlarını ve dezavantajlarını dikkate alarak, her ikisini de birleştirme eğilimi artmaktadır (Tablo 4)¹⁵¹.

¹⁴⁶ Capra et al. 2002, 93-99.

¹⁴⁷ İlçi - Ozulu 2016, 1-9.

¹⁴⁸ Geographical Information System, Coğrafi Bilgi Sistemi

¹⁴⁹ <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/main/get-started/arcgis-tutorials.htm> (10.01.2020).

¹⁵⁰ Wegen 2019, 1-2.

¹⁵¹ Popescu et al. 2019, 169-174.

Tablo 4. Fotogrametri, LiDAR ve her ikisini birlikte kullanan bazı uygulamalar

	Sadece Fotogrametri	Sadece LiDAR	İkisi Birlikte
Topoğrafik haritalama	% 60	% 6	% 34
Kadaströ Ölçümü	% 54	% 19	% 27
Dijital Yüzey Modellerinin Üretimi (DEMs) Üretimi	% 27	% 46	% 27
3D Şehir Modelleri	% 30	% 19	% 51
Tarım	% 55	% 18	% 27
Arkeoloji	% 47	% 9	% 44
Ormancılık	% 30	% 26	% 44

Kullanıcıların yarısından fazlası 3D şehir modellerinin oluşturulması için fotogrametri ve LiDAR'a güveniyor, tarımda, arkeolojide, ormancılıkta ve diğerleri de yüksek düzeyli uygulamalar. Örneğin, ormancılıkta, LiDAR türevi DEM'ler ve fotogrametrik kanopi yüzey ölçümlerinin her ikisi de, orman kanopisi yapısına ilişkin ilgili jeo-uzamsal bilgileri sağlamak için uygundur. LiDAR'ın aksine, fotogrametri bitki örtüsüne nüfuz edemez, ancak dijital hava görüntülerinin fotogrametrik olarak eşleştirilmesi uygun maliyetli ve güvenilir bir çözümdür.

LiDAR'ın fotogrametriye göre ilave avantajları şunlardır:

- LiDAR, bitki örtüsü mevcut olduğunda daha doğru bir dijital arazi modeli (DTM) sağlar,
- LiDAR verileri İHA fotogrametrisinden daha hızlı işlenebilir ve çok daha yüksek verimlilik elde edilebilir,
- LiDAR'ın zayıf dokulu yüzeyler üzerinde fotogrametriye göre daha iyi güvenilirlik üretmesi beklenmektedir (Buna rağmen, bunu doğrulamak için kapsamlı bir veri karşılaştırması yapılması gerekmektedir)¹⁵².

Popescu ile Buczkowski çalışmalarında, “LiDAR ve fotogrametriyi karşılaştırırken, her iki teknolojinin de uygulamalarının ve sınırlamalarının olduğunu ve kullanım vakalarının çoğunda tamamlayıcı olduklarını anlamının önemli olduğunu belirtmişlerdir. Bu teknolojilerin hiçbirinin diğerinden daha iyi olmadığını ve hiçbirinin tüm kullanım durumlarını kapsamadığını savunmaktadırlar¹⁵³.

¹⁵² Popescu et al. 2019, 169-174.

¹⁵³ Popescu et al. 2019, 169-174 ; Aleks Buczkowski, <http://geoawesomeness.com/drone-lidar-or-photogrammetry-everything-your-need-to-know/> uploaded 6/1/ 2018 (10.12.2021).

Suarez, ve arkadaşlarına göre, son zamanlarda 3B yazılımlara erişilebilirlik kolaylaşmıştır. Bilgisayar tabanlı 3D modelleme yazılımı artık birçok üniversitede ve araştırma kurumunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bilgisayar tabanlı 3B modeller oluşturmanın avantajları şu şekildedir ¹⁵⁴:

- Model hassasiyeti bilgisayar tarafından korunur ve bu nedenle modeller daha az insan hatasına izin verirler.
- 3D bilgisayar modellerinin ölçeklenebilirliği, gerçek ölçekte oluşturulmalarını sağlar.
- 3D modelleme gereksiz görevlerin otomasyonunu sağlar.
- Bilgisayarın işlem gücü, bir modele daha fazla miktarda verinin dahil edilmesine izin vermesidir.

Tipik 3D modelleme tekniklerinin temel dezavantajları ise:

- İyi bir 3D model oluşturmak için gereken, 3D modelleme ve 3D modelleme yazılımlarındaki büyük uzmanlık ve bilgi yükü gerektirmektedir.
- Bir model oluşturulduktan sonra, revizyonların ve tekrarlar zaman alıcı olabilmektedir. Bu iki dezavantaj, 3D araştırma modellerini uygulamak isteyen araştırmacılar için caydırıcı olabilmektedir.

2.2.2. GPS Sistemi; Ölçü Hataları ve Doğruluk

GPS Ölçü Hataları

GPS Ölçü ve Hesaplarını Etkileyen Hata Kaynakları ¹⁵⁵

- Uydu Efemeris (Yörünge Bilgisi) Hataları
- Uydu - Alıcı Saati Hataları
- Atmosferik Etkiler (İyonosferik ve Troposferik Etki)
- Sinyal Yansıma Etkisi
- Anten Faz Merkezi Hataları
- Taşıyıcı Dalga Faz Belirsizliği (Ambiguity) ve Faz Kesiklikleri (Cycle Slips)
- Uydu Geometrisi

¹⁵⁴ Suarez et al. 2019, 123-134.

¹⁵⁵ <https://www.slideshare.net/BCanKARA/gps-l-ve-hesaplarn-etkileyen-hata-kaynaklar-42358689>

(08.11. 2022).

Uydu Efemeris hataları

GPS navigasyon mesajı içerisinde yer alan uydu konum bilgilerinin doğruluğunun düşük olduğu ya da kasıtlı olarak yanlış yayınlanması durumunda karşılaşılan hataya “*efemeris hatası*” denir. Efemeris hatasının büyüklüğü, Kontrol Bölümü tarafından uydulara yapılan en son yükleme zamanından uzaklaştıkça artacaktır.

Uydu-Alıcı saati hatası

GPS ile konum belirlemede temel işlem zaman ölçümüdür. Bu nedenle konum belirlemede uydu - alıcı saati hataları en önemli hata kaynağı olarak kullanıcıların karşısına çıkabilmektedir. Hatanın uydu saatinden kaynaklanması durumunda tüm alıcılar aynı hata büyüklüğü ile karşılaşacaklardır. (Örneğin: Uydu saatindeki 0,000000009 saniyelik hata 3 m'lik hataya neden olacaktır.) Bu hatanın önüne geçebilmek için uydularda çok yüksek doğruluğa sahip atomik saatler tercih edilmekte, böylelikle bu hatanın önüne geçilmesi sağlanmaktadır. Benzer şekilde alıcılarda da atomik saatler kullanıldığında uydu-alıcı saati hataları asgariye inebilmektedir. Ancak bu tercih alıcının fiyatını da artırmaktadır. En öne çıkan hata olan alıcı saat hatalarının en aza indirilebilmesi amacıyla daha fazla sayıda uydudan gözlem yapılmasının doğru olabileceği söylenebilir.

Atmosferik Etkiler

- İyonosfer Etkisi

İyonosfer, yeryüzünden 100 km.'den 1000 km.'ye kadar olan ve yeryüzü etrafındaki küresel bir kabuk olarak düşünülebilir. İyonosfer tabakasının GPS sinyallerine olan etkileri çift frekanslı ölçülerle büyük oranda giderilebilmektedir. İyonosfer boyunca seyahat eden bir elektromanyetik sinyal iki biçimde etkilenir. Faz hızı artarken grup hızı yavaşlar. Her iki etki de büyüklük olarak aynı fakat ters işaretlidir.

- Troposfer Etkisi

Nötr atmosfer, yeryüzünden 100 km yukarısına kadar uzanan yaklaşık küresel bir kabuktur. Bu kabuk, sıcaklığın yükseklikle azaldığı troposfer (0-10 km.), sıcaklığın sabit kaldığı tropopause (10 km.) ve sıcaklığın yükseklikle arttığı stratosfer (10-50 km)'den meydana gelir. toplam gecikmenin %80'ni Troposfer'de oluşturmaktadır.

Sinyal Yansıma Etkisi (Multipath)

Uydulardan gönderilen sinyaller hangi yönden gelirse gelsinler GPS alıcılarında kullanılan antenler vasıtasıyla aynı zamanda alınabilmektedirler. Uydulardan gönderilen sinyallere, alıcı antenin bulunduğu arazinin özellikleri ve gönderilen sinyalin yükseklik açısından kaynaklanan özellikler nedeniyle, istenmeyen başka sinyal yansımalarının da karışması mümkün olabilmektedir. Yeryüzünde kurulu bir antene uydular tarafından gönderilen sinyallerin çeşitli yollar izleyerek ve ana sinyale karışarak ulaşmasına “*sinyal yansıma (multipath) etkisi*” denmektedir.

Alıcı Anteni Faz Merkezi Hatası

GPS sinyallerinin antene ulaştığı nokta alıcı anteni faz merkezi çoğunlukla geometrik faz merkezinden farklılık göstermektedir. Uydu sinyalinin antenlerin faz merkezlerindeki azimut ve yükseklik açısı nedeniyle bazı değişimler gözlenebilmektedir. Anten faz merkezi değişimleri antenin yapısına bağlı olarak bir kaç mm ile 1-2 cm civarında olabilmektedir. GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde yüksek doğruluk ihtiyacı olan çalışmalarda anten faz merkezi değişimlerinin de dikkate alınması önem taşımaktadır.

Taşıyıcı Dalga Faz Belirsizliği ve Faz Kesiklikleri

Taşıyıcı dalga fazı gözlemlerinde kod ölçüleri ile faz ölçüleri aynı olmasına rağmen kod gözlemlerinde kodun "*chip*" uzunluğu ölçülürken, faz gözlemlerinde taşıyıcı dalganın dalga boyları sayılmaktadır.

-Faz belirsizliği

Alıcı kod gözlemlerinde kodun hangi bölümünü kaydettiğini çözmektedir. Ancak dalga boyları (*cycle*) birbirinin benzeri olduğundan, alıcı faz ölçüsü esnasında kaydettiği sinyalin neresinde olduğunu bilememektedir. Uydu ile alıcı arasındaki taşıyıcı dalga fazının kaç tane tam dalga içerdiğinin bilinmemesi durumuna “Taşıyıcı Dalga Faz Başlangıcı Belirsizliği (Initial Phase Ambiguity)” ya da kısaca “faz belirsizliği (ambiguity)” adı verilmektedir.

- Faz kesiklikleri

GPS kullanımında uydu sinyallerinin alınmasında herhangi bir program nedeniyle meydana gelen sinyal kesikliklerine “faz kesiklikleri ya da faz kayıklıkları (*cycle slips*)” olarak tanımlanmaktadır. Uydu sinyal kesikliğinin meydana gelmesinden sonraki gözlemlerde elde edilen sonuçlar kayma miktarı kadar düzeltilmelidir.

Uydu Geometrisi

Uyduları dağılımı koordinat hesaplamalarında etkili olabilmektedir. Gözlem/ölçümde kullanılan uyduların bir birine yakın konumda olmaları koordinat doğruluğunu düşürebilmektedir. Uydular dört yöndeki doğrultuda homojen dağıldıklarında koordinat doruluğu yüksek olacaktır. Eğer dört bir doğrultuya homojen olarak dağılmışsa elde edilecek doğruluk yüksek olacaktır. Geometrik hatalar, “*Geometrik Hassasiyet Bozulması*” (*Geometric Dilution of Precision, GDOP*) olarak ifade edilmektedir.

- PDOP (*Positional Dilution of Precision*), konumdaki bozulma,
- VDOP (*Vertical Dilution of Precision*) düşey konumdaki bozulma,
- TDOP (*Time Dilution of Precision*) zamandaki bozulmayı belirtmektedir.

GPS ölçü hataları genel olarak üç başlık altında sınıflandırılabilir:

- Uydu kaynaklı hatalar
 - Yörünge hatası: önceden saptanan uydunun konumunun, beklenen yerden başka bir yerde bulunması durumudur.
 - Saat hatası: Uydu ve GPS saatlerinin senkronize çalışmaması, bu sebeple de koordinasyon sisteminde yaşanan bozukluk durumudur.
 - İstasyon bazlı hata: *Multi-Path* (sinyal çokluluğu) sebebiyle, alıcı merkezinde kayma yaşanması ve arka arkaya gerçekleşen faz değişiklikleri¹⁵⁶ yaşanması durumudur.

GPS’te Doğruluk

Yapılan ölçümlerde vasıtasıyla elde edilen hassasiyet, uydu konumları ile oluşturulan geometri, konum için oluşturulan sistem ve ölçü süresi için oluşturulan programa bağlı olarak üç boyutlu konum oluşturmada, bağlı konum saptanmasında noktaların konumları doğrudan saptanır. Bu sonuçta konumlandırma sırasında, GPS uydular senkronize şekilde gönderilen kodlarla şifrelenmiş sinyallerin, GPS alıcılarına varış süreleri ölçülerek, hesaplanan uydu konumu, başlangıç noktası konumu ve istenilen noktanın konumu belirlenir. GPS ile yeryüzünde kontrol edilen noktaların konumları, *Pseudo-Range*¹⁵⁷ ve *Phase* (faz) ölçmeleri olarak iki çeşit ölçü olarak belirlenir. *Pseudo-*

¹⁵⁶ Arka arkaya faz değişimi hatalarına “Cycle Slip” denmektedir.

¹⁵⁷ Yalancı mesafe, bir uydu ve bir navigasyon uydu alıcısı arasındaki sözde mesafedir - örneğin Global Konumlandırma Sistemi (GPS) alıcıları. Konumunu belirlemek için, bir uydu navigasyon alıcısı, iletim

Range ölçümleri, GPS sinyalinin uydudan çıkış zamanı ve sinyallerin *receiver* yani alıcıya varış süresi arasında geçen zaman farkının, ışık hızı “C” ile çarpılması sonucunda mesafe hesabı gerçekleştirilir. Bu şekilde minimum 4 uydudan elde edilen sinyal ile hesaplanan mesafe ölçümleri yardımı ile *receiver* koordinat belirsizlikleri, sinyalin tür ve uydu konumlarına bağlı doğruluk hesabı ile anında ve kesin şekilde belirlenmektedir. *Pseudo-Range*, kesin konum oluşturma ve tek bir *receiver* ile *navigasyon* sistemi oluşturmada yeterli duyarlılığı sağlayabilir.

Faz ölçümleri ise yüksek duyarlılık gerektiren jeodezik konum belirlemede santimetrik veya milimetrik düzeylerde bağlı hassasiyet gerektirdiği için, minimum iki *receiver* kullanarak taşıyıcı dalga/faz ölçümleri üç şekilde gerçekleştirilmektedir. Bunlar tekli, çiftli ve üçlü faz farklarıdır. Bu faz ölçümleri sonuç itibariyle kurulan matematiksel modeller ile tam sayı belirsizlikleri önemli düzeyde azaltılırken, uydu/saat farkları kesin olarak çözümlenir.

2.2.3. Yeraltı Taramaları İle Haritalandırma

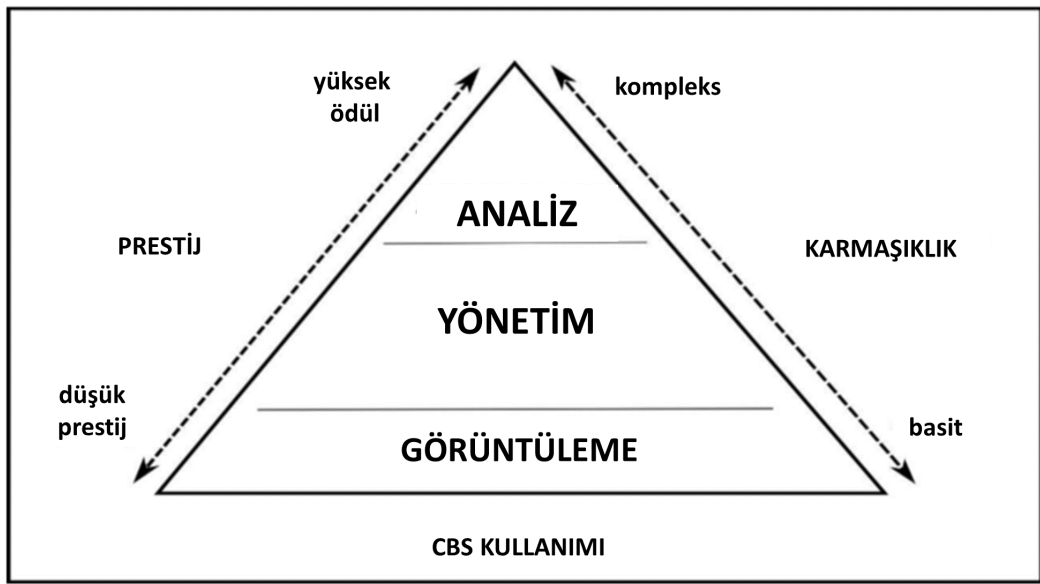
Yeraltı taramaları için kullanılan yaygın cihazlardan ilk akla gelen detektörlerdir. Ancak bu, belirtildiği üzere sadece detektörler ile sınırlı değildir. Yeraltı görüntüleme için kullanılan radarlar, jeofiziksel araştırmalar ışığında toprak altında kalmış olan nesnelere, mimari yapıların ve elemanlarının yerlerinin saptanması amacıyla kullanılan teçhizatlardır. Arkeolojik alanlarda geniş uygulama çeşitliliği söz konusudur. Yüzey araştırması ve kazı çalışmaları dahilinde yerleşimde başlatılacak açmanın, ilk önce yapısının belirlenmesi esastır. Bu amaçla yer radarının temel amacı, yer altını frekans ve titreşimler yoluyla haritalandırmak ve bu verileri kaydetmektir. Bu amaç doğrultusunda teknikler ve teçhizatlar da çeşitlilik göstermeye başlayacaktır¹⁵⁸.

Birçok çalışmada ortak bir tartışma, CBS'nin sadece “güzel resimler” yapmaktan daha fazlasına izin vermesi gerektiğiydi. Bu bağlamda CBS uygulamaları, arkeolojik verilerin harita formlarında analizi, yönetimi ve görselleştirilmesi veya gösterilmesinden oluşan üç bileşenli bir hiyerarşi olarak düşünülmüştür. Bu kavramsallaştırmada,

sırasındaki konumlarının yanı sıra (en az) dört uyduya olan aralıkları da belirleyecektir. Uyduların yörünge parametrelerini bilerek, bu konumlar zaman içindeki herhangi bir nokta için hesaplanabilir. Her uydunun sözde aralıkları, ışığın hızının sinyalin uydudan alıcıya aldığı zamanla çarpılmasıyla elde edilir. Ölçülen zamanda doğruluk hataları olduğundan, söz konusu mesafeler için aralıklar yerine sözde aralıklar (*Pseudo-Range*) terimi kullanılır. <https://findwords.info/term/pseudorange> (08.11.2022).

¹⁵⁸ Kalaycı 2018, 69-108

görevlerin karmaşıklığı prestijle doğrudan ilişkili olarak görülmüş, analitik görevler her üç bileşenin en büyük prestijini sağlamıştır. CBS'nin geleneksel basit harita görselleştirme yetenekleri, "hayati" olarak kabul edilirken, hızla "çıktı ve görüntüleme" veya "CBS'nin salt okunur modu" olarak önemsiz görülmüştür. CBS Görevlerinin Kavramsallaştırılmış Hiyerarşisi (Ek 6)'da gösterilmiştir¹⁵⁹.



EK 6 - CBS Görevlerinin Kavramsallaştırılmış Hiyerarşisi

(Sol eksen prestij ve sağ eksen karmaşıklığı temsil eder. Görselleştirme, basit kabul edildiği ve analiz gibi karmaşık görevler için "çıktı" olarak düşük prestije sahip olduğu bu hiyerarşinin en altındadır.)

¹⁵⁹ Ebert 2004, 319-341.

Jeomanyetik Tekniği

Jeomanyetizma, arkeolojide manyetik ölçümleri göz önünde tutarak anomalileri baz alarak yapılmaktadır. Bu anomaliler, dünyanın dış çekirdeği ve dolayısıyla etrafındaki metallerin etkileşimi ile ve bugün nükleer enerji olarak tabir edilen enerji ile eksenini etrafında dönmesi sonucunda, gezegen etrafında manyetik bir alan oluşturmaktadır. Bu manyetik alan dünyadan çıkar ve belirli bir açı ile geri döner. Bu açı ve manyetik alanın yoğunluğuna bağlı yerel ölçekte manyetik değeri olan malzemelerce büküme uğrar. Bunlar, arkeoloji-jeomanyetizma ölçümlerinde yer alan anomalilerdir¹⁶⁰.

Taramalar ışığında, ölçümlerde topraktan elde edilen etkiler, taranan malzemenin manyetik özelliklerine, şekillerine, ebat ve derinliklerine bağlıdır. Temel olarak insan etkisinin olduğu her alanda manyetik anomali ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple manyetik ölçümler, bu alanların ayrıştırılması ve ayrıca araştırılması için oldukça önemlidir.

Elektrik Özdirenç¹⁶¹

Elektrik akımının bir madde içinden geçtiğinde karşılaştığı direnç olarak nitelendirilebilir. Özdirenç, nesnenin geometrik biçimine bağlı olarak birim ölçüde nasıl bir direnç ile karşılaştığını gösterir. Yüzey araştırması dahilinde yer altında bulunan nesnenin, bu özelliklerini inceleyerek ayrıştırmaya tabi tutulması ve direnç gösteren-göstermeyen nesnelerin saptanması, verilerin elde edilmesi kapsamında bilgi almayı gerçekleştirir.

Özdirenç yönetimi dahilinde geçecek akım, metal elektrotlar vasıtasıyla toprağa iletilir. Akım geçmesi nedeniyle elektrotlar arasındaki potansiyel fark ölçülür. Bu fark, toprağa verilen akıma oranı elektrik dirençlerine kadar ölçülebilmektedir. Farklı noktalardan gerçekleştirilecek olan ölçümler neticesinde bölgedeki faaliyet, elektronik özellikler, nitelikler kayıt altına alınır. Bölgedeki elektriksel niteliklerden edinilen veriler ışığında, veri kümesinin yorumlanarak arkeolojik özellikte olan veya olabilecek farklılıklar saptanır.

GPR, Jeoradar

Yeraltı Radarı veya genel adıyla Jeoradar (GPR: Ground Penetrating Radar), yakın yüzey araştırmalar için kullanılan yüksek frekanslı elektromanyetik prensip ile çalışan bir jeofizik yöntemdir. Binaların temel, tavan, taban, kolon kiriş, beton ve donatı

¹⁶⁰ Kalaycı 2018, 73.

¹⁶¹ Kalaycı 2018, 76.

incelemelerinde (0-2.00 m. kadar)ve derin yeraltı suyu ve maden haritalama, boşluk tespiti, arkeojeofizik (0-90 metre kadar) vb. sahalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yer Altı Radarları 25 Mhz ile 3000 Mhz aralığında (çok yüksek) frekanslarda çalışırlar. Yüksek frekanslı bu çalışma yüksek çözünürlüklerde harita elde edilebilmesi gereklidir. Anten frekansının yüksekliği inceleme derinliğini azaltmaktadır¹⁶².

Kaynakların tespiti, yerdeki katmanların niteliklerinin anlaşılması ve kayaçlardaki çatlakların saptanıp belgelenmesi gibi birçok fiziksel nitelikler GPR ile tespit edilebilmektedir. Bu yöntem, jeofizikte olduğu gibi arkeolojide de başarıyla uygulanmaktadır. Jeoradar, transmitter ve receiver, yani verici ve alıcı olmak üzere iki anten ile çalışmaktadır. Verici anten, yeraltına yüksek frekanslı elektromanyetik dalga atımı göndermektedir. Bu dalga, malzemelerin içinden geçerek, çarparak geri yansır. Alıcı bu noktada devreye girer ve bu yansıyan dalgayı saptar. Bu dalganın yaptığı git-gel süresince geçen vakit hesaplanır. Bu geçen vakit, nesnenin derinliğinin bilgisini vermektedir. Daimi veri toplayan GPR'dan elde edilen veriler, kesit hakkında bilgi verebilir. Bu kesitlere radargram ismi verilmektedir. Radargram verileri yan yana eklenerek, yeraltının üç boyutlu haritasının oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Bu veriler kaydedildikten sonra, üç boyutlu tasarım programlarınca yeniden oluşturulur ve kesite ait görüntüler oluşturulur. Bu sayede jeoradar verilerini barındıran haritalar oluşturulabilir (Fig. 19)¹⁶³.

2.3. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Ve Uydular İle Uzaktan Algılama

CBS “mekânsal verilerin toplandığı, işlendiği, yönetildiği ve sunulduğu sistemler topluluğudur”¹⁶⁴. ESRI'nin tanımlaması şu şekildedir: “*Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), verilerin toplanması, saklanması, analiz edilmesi, kullanıcıya sunulması gibi işlevleri bütünleştiren bir bilgi sistemidir. Kökünü Coğrafya biliminden alan CBS, birçok veri tipinin birleşmesinden oluşur. CBS, hayatımızın her alanına giren mekânsal konumların analizi ile birlikte bilgi katmanları düzenleyerek haritalarda ve 3B sahnelerde görselleştirme yapılmasını sağlar. Bu benzersiz yetenekle CBS, kullanıcıların daha akıllı*

¹⁶²Ground Penetrating Radar / Jeoradar, <http://zeminrastirma.net/jeoradar.html> (22.05.2020).

¹⁶³ Kalaycı 2018, 78.

¹⁶⁴ Kalaycı 2018, 69-108.

karar vermelerine yardımcı olmak için veriler arası modellemeler yaparak ve ilişki kurarak kullanıcıya daha derin bir bakış açısı sunar”¹⁶⁵.

Arkeologlar, günümüzde arkeolojide rutin olarak kullanılan coğrafi bilgi sistemleri (CBS) (*Geographic Information Systems-GIS*) gibi coğrafi teknolojiler de dahil olmak üzere, sosyal bilimler ve beşeri bilimler içinde mekânsal yaklaşımların kullanılmasında öncü olarak kabul edilmektedir. 1980'lerin sonlarından bu yana, GIS temel olarak veri toplama ve yönetiminin yanı sıra uzamsal analiz ve modellemeyi desteklemek için kullanılmaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), Global Konumlandırma Sistemleri (GPS), uzaktan algılama görüntüleri ve ışık algılama ve aralıklama (LiDAR) gibi coğrafi mekânsal teknolojiler artık rutin olarak arkeolojide kullanılmaktadır¹⁶⁶.

İlk GIS çalışmasını, öncü olarak Roger Tomlinson, 1963'te Kanada Hükümeti tarafından görevlendirilerek yapmıştır. Tomlinson bilgisayar teknolojileri ve yönetilebilir envanterleri kullanarak doğal kaynakları araştırmış ve Kanada kendi Ulusal Arazi-kullanım yönetimi programına başlamıştır. Ayrıca “Geographical Information System” ismini Roger Tomlinson vermiştir¹⁶⁷.

CBS'nin önemli avantajları şunlardır¹⁶⁸:

- Veriler küçük bir dijital alanda saklanabilir,
- Hem depolama hem de kurtarma, geleneksel yollardan daha düşük maliyetlerle elde edilebilir,
- Analiz çok daha hızlı yapılabilir,
- CBS, herhangi bir sorun olmadan verilerin sentetik analizine izin verir,
- CBS, toplama, analiz ve karar verme sürecinin sürekli akışta olduğu entegre bir süreç için dijital ortam sunar.

Harvard Laboratuvarı

1964'te Northwestern Üniversitesi'nde, Howard Fisher ilklerden sayılan bilgisayar tabanlı bir haritalandırma yazılım/programı olan SYMAP (sinagrafik haritalama sistemi)'ı yaratmıştır. 1965'te Harvard Laboratuvarı'nda Bilgisayar Grafikleri üzerinde

¹⁶⁵ <https://www.esri.com/tr-tr/cbs-nedir/genel-bakis> (08.11.2022).

¹⁶⁶ Gupta - Devillers 2017, 852-885.

¹⁶⁷ <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview> (21.05.2020).

¹⁶⁸ Diofantos et al. 2013.

çalışmaya başlamıştır. Bu durum sayesinde laboratuvar araştırma merkezi haline getirilmiştir. GIS'in ilk konseptlerinde laboratuvarında yetenekli coğrafyacılar, bilgisayar bilimcileri ve bu alanda çalışabilecek diğer bilim insanları programa dahil olmuşlardır. 1969'da, Harvard Laboratuvarı üyelerinden Jack Dangermond ve eşi Laura, *ESRI*'yi kurmuştur. Kuruluşun önceki çalışmalarında GIS'in hangi sorunlara getirdiği çözümün problem çözücülüğü üzerinde ne kadar değerli bir çalışma olduğu hakkında tanıtımı yapılmıştır. ESRI, GIS haritalandırma ve şu anda da kullanılan özel analiz metotları üzerinde çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar doğrultusunda varılan sonuç, kuruluşun ilgi alanının genişliği, yapılan yazılım araçlarının akılcı çalışmaları bugünkü GIS standardını oluşturmuştur. GIS, insanlara kendi dijital harita katmanlarını oluşturmalarını ve gerçek-dünya üzerindeki problemlerin çözüme kavuşmasında yardımcı olmaktadır. Ayrıca GIS'in veri tabanı genel olarak veri paylaşımı ve ortak çalışma olanağı sağlamaktadır. Bugün yüzlerce organizasyon ve bilimsel araştırma ekipleri çalışmalarını, yaptıkları haritalandırma ve metotlarını GIS aracılığı ile oluşturmakta ve aktarmaktadır (Fig. 18)¹⁶⁹.

Hassas Nokta Konumlama (Precise Point Positioning-PPP) yöntemi

Arkeolojik kazıların takibinin yapılabilmesi için her aşamada görselleştirme ve haritalandırılma çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Klasik fotogrametrik yöntemlere ilave olarak gelişen teknolojik yöntemlere bağlı olarak GNSS ve insansız hava araçlarıyla yapılan fotogrametrik ölçme yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemlere ilave olarak PPP yöntemi kullanımı kolay, fazlaca GNSS bilgisi gerektirmemesi ve düşük maliyet nedeniyle kullanılabilir diğer bir yöntemdir. Ölçümler için gerekli olan kontrol noktası ihtiyacı PPP yöntemiyle kolaylıkla aşılarak 3 boyutlu nokta koordinatlar kısa sürede elde edilebilmektedir. İnternet ortamında kullanıcılara konum bilgisi sağlayan on-line PPP servisleri bulunmaktadır. Günümüzde on-line hizmet vermekte olan PPP servislerin bazıları şunlardır:

-Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesinin (NASA) Jet Propulsion Laboratuvarı (JPL) tarafından geliştirilen APPS

-Kanada Doğal Kaynaklar Jeodezik Ölçme Dairesi (NRCan) tarafından geliştirilen CSRS-PPP

- New Brunswick Üniversitesi (UNB) tarafından geliştirilen GAPS

- GMV Havacılık ve Savunma tarafından geliştirilen magicGNSS

¹⁶⁹<https://www.esri.com/about/newsroom/arcnews/celebrating-the-advent-of-digital-mapping/> (11.03.2020).

Yaklaşık 2-5 saat ölçüm aralığında 6 farklı noktada 2 farklı GNSS alıcısıyla elde edilen statik gözlem verileriyle konum ve yükseklikte cm seviyesinde doğruluk değerlerine ulaşılabilir¹⁷⁰.

Arkeoloji, teknolojinin sunduğu imkânları tüm dünyada kullanmaya devam etmektedir. Teknolojik gelişmelerin kullanıldığı uygulamalardan biri de uyduların arkeolojik maksatlı olarak kullanılmasıdır. Uydular üzerinden yerleşim arkeolojisi üzerine yönelik kullanılan sistemlere “*remote sensing*-uzaktan algılama” teknolojileri denmektedir. Son 60 yıldır yer yüzeyindeki yerleşimlerin tespit edilmesinde manyetik, termal, elektrik ve elektromanyetik jeofiziksel ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır. Uydular üzerinden yer yüzeyindeki arkeolojik yerleşimlerin koordinatları için aynı zamanda GIS (*Geographic Information System*) ve Coğrafi Bilgi İşleme (CBS) sistemleri de kullanılmaktadır¹⁷¹.

Yönetim otoritelerinin kültürel miras alanlarının risk değerlendirme analizini yapabilmesi için arkeolojik alanları ve çevresini izlemek için uzaktan algılamanın katkıları bulunmaktadır. Risk değerlendirme analizi için sağlanan katkılar bunlarla sınırlı olmamakla birlikte şunlardır¹⁷²:

- Arkeolojik alanlar için tehdit olarak kentsel genişleme ve diğer tehlikeler
- Uydu ve yer ölçümlerine dayalı olarak arkeolojik alanların yakınında hava kalitesinin izlenmesi
- Uzaktan algılama tekniklerine göre arkeolojik alanların tespiti
- Uzaktan algılama teknikleri, CBS ve lazer tarama kullanarak kültürel miras alanlarının belgelenmesi.

Hava ve uydu uzaktan algılama teknolojileri, arkeolojik alanların ve manzaraların korunması için birçok şekilde kullanılabilen tahribatsız bir araç sunmaktadır. Arkeolojik siteleri tehdit eden çevresel değişikliklerin kapsamı ve doğası, peyzajı yerde keşfetmek yerine yukarıdan gözlemleyerek genellikle daha hızlı bir şekilde bulunabilmekte, karakterize edilebilmekte ve ölçülebilmektedir¹⁷³.

Uydular üzerinden uzaktan algılama yöntemiyle, sanal gerçeklik (Virtual Reality) teknolojileri kullanılarak kazı alanlarındaki buluntuların 3 boyutlu rekonstrüksiyonunun

¹⁷⁰ İlçi - Ozulu 2016, 1-9.

¹⁷¹ http://www.arkeotekno.com/pg_223_arkeolojide-uydular-uzerinden-uzaktan-algilama-sistemleri (10.01.2020).

¹⁷² Hadjimitsis, et al. 2013.

¹⁷³ Comer 2014, 29-33.

gerçekleştirilmesi arkeolojik kazı alanı araştırması yapılması ve sadece bu alanlarda bulunan kültürel mirasın kayıt altına alınması değil, aynı zamanda buluntuların görselleştirilerek müzeler gibi topluma açık yerlerde ziyaretçilere sunulması açısından da önemlidir. Kazı alanlarının uydular ile tespit edilmesinden, buluntunun elektronik tarama ile bilgisayar ortamlarında görüntülenebilmesine kadar olan süreç içinde kullanılan bilişim teknolojileri ve özellikle de telekomünikasyon sistemlerinin önemi oldukça büyüktür¹⁷⁴.

Uydu uzaktan algılama, farklı uydulardaki değişik kayıtları farklı çözünürlüklerde görebilmenin ve değişen uydu görüntü veri kümelerinde ölçeklendirmenin yanı sıra, bu kayıtlardaki doğal görünmez veya antropojenik¹⁷⁵ özelliklerin ötesinde verileri kaydedebilme avantajına sahiptir. Çıplak gözle görünmeyen antik kalıntılar büyük bir netlikle ortaya çıkar. Bu şekilde, uydu uzaktan algılama, geçmiş manzaraların nasıl görüldüğünü yeniden yapılandırabilir ve böylece bu manzaraların geçmiş insan işgalini daha iyi anlamayı sağlar. Elektromanyetik spektrum, kalıntıları bulmak kızılötesi, termal ve mikro dalgaya uzanır. Uzaktan algılama alanı arkeolojiden bağımsız olarak gelişmiştir. Arkeolojide uzaktan algılama, son 35 yılda arkeolojik eğilimler yerine uzaktan algılama alanındaki genel gelişmelerle daha yakından bağlantılıdır¹⁷⁶.

Ürdün'deki UNESCO Kültür Mirası alanlardan Petra'da çekilen uydu görüntüleri (Fig. 40) ve Drone fotoğrafları (Fig. 41) sayesinde, daha önce hiç bilinmeyen yeni bir yapı keşfedilmiştir. Keşif, uydu görüntülerini kullanarak daha önce de farklı arkeolojik keşifler yapan Sarah Parcak ve meslektaşısı Christopher Tuttle tarafından yapılmıştır¹⁷⁷.

Uydular İle Uzaktan Algılamanın Kısa Gelişimi

1'inci Dünya Savaşı öncesi ve savaş sırasında düşman bölgesinde veya diğer alanlarda çekilen hava fotoğrafları, arkeolojik alanları havadan izleme arzusu, temel olarak uzaktan algılama bilimini başlatmıştır. Arkeolojideki en erken uzaktan algılama, İngiltere ve İtalya'da gerçekleşmiştir. Bir İngiliz pilotunun 1906'da çektiği hava fotoğrafları ile Belçikalı pilotlar tarafından Birinci Dünya Savaşı sırasında askeri amaçlarla çekilen fotoğraflar bugün bile arkeolojiye katkıda bulunabilecek niteliktedir. Osmanlı Hava Kuvvetleri pilotları tarafından çekilen İsrail ve Ürdün fotoğraflarında

¹⁷⁴ Karaarslan 2013, 1-5.

¹⁷⁵ Antropojenik: Doğada insanoğlunun neden olduğu etkiler. <https://kelimeler.gen.tr/antropojenik-nedir-ne-demek-17341> (20.02.2020).

¹⁷⁶ Parcak 2009, 1-286.

¹⁷⁷ Bursalı 2016.

arkeolojik anlam taşımaktadır. İkinci Dünya Savaşı, savaş sırasında istihbaratta çalışan hava fotoğraf yorumlama becerilerini öğrenen arkeologlar üzerinde büyük bir etkiye sahip olmuştur. Kuzey Carolina'daki Randolph County, Barbeau Creek Rock Shelter'da 1954 yılında arkeolojide kızılötesi (IR) fotoğrafçılığın ilk uygulaması görülmüştür. Arkeolog J. Buettner-Januch, IR fotoğrafçılığının normal olmayan kullanımını karşılaştırmış ve fotoğraf özelliklerinin IR'de daha net görüldüğünü belirtmiştir. IR görüntüleri ve elektromanyetik spektrumun görsel kısmının ötesinde bir hareket, 1969-73 yılları arasında hava arkeolojisindeki yeni gelişmelerin odak nokta olmuştur.

Arkeolojik buluntuların uzaktan tespit edilmesinde, hava fotoğrafçılığı (uçaklarla), toprağın direncinin veya manyetizmasının jeofiziksel yöntemler kullanılarak ölçümü, jeo radar ölçümünden, çok yüksek çözünürlüklü fotoğraf çekebilen uyduların kullanımına kadar çeşitli şekillerde yapılmaktadır. Günümüzde arkeolojik alanda kullanılmak üzere, çeşitli dalga boylarında spektral çözünürlükte ve farklı uydular üzerinden fotoğraflama yapılabilmektedir. *CORONA* uyduları ile istihbarat amaçlı olarak kullanılmak üzere alınan yer yüzeyi fotoğrafları ilk kez arkeolojide kullanılmıştır. Halen kullanılmakta olan teknoloji sayesinde sık ağaçlıklı alanlar ve ormanlık bölgelerde, toprak, su ve yer yüzeyinin farklılıklarını ayırt edebilecek şekilde 10 cm ile 45 metre arasında hassasiyete sahip yüksek çözünürlüklü sensörler ile donatılmış uydular ile aynı zamanda arkeolojik alanlar da tespit edilebilmektedir. Yorumlamaya yardımcı olmak için ileri işlem öncesi ve sonrası uydu görüntüsü (Fig. 42)'de verilmiştir¹⁷⁸.

Sarah Parcak, tarafından uydu uzaktan algılama teknolojilerinin arkeolojik çalışmalara uygulanmasında bir görev üstlenmiştir. Uzay uydu uzaktan algılama görüntülerinin nasıl daha iyi yorumlanabileceği konusunu Sarah Parcak' tarafından şu şekilde ifade etmektedir: "*Çıplak gözle görülemeyen ışık spektrumunun kızılötesi kısmına bakabilmek için görüntüleri birleştirmek ve işlemek. Görüntüler, bir ya da daha az yeraltında kerpiç tuğla gibi nesnelerin neden olduğu ince yüzey değişikliklerini tespit etmesini sağlar.*"

Sarah Parcak ve ekibi tarafından uydulardan istifade edilerek tespit edilen Mısır'ın "Itj-tawy" ve Tanis, 3.000 civarında yerleşim yeri, 1.000 mezar ile 17 adet piramit (Fig. 43) önem taşımaktadır¹⁷⁹.

¹⁷⁸ Karaarslan 2013, 1-5.

¹⁷⁹ Space satellite remote sensing. https://www.age-of-the-sage.org/space_archaeology/dr_sarah_parcak_discoveries.html (05.01.2020).

Uzay arkeolojisi araştırmalarındaki son gelişmeler sayesinde Arkeologlar 2018 yılında Peru'da 50 yeni Nasca çizgisi örneğini keşfetmişlerdir. Keşfedilen çizgilerin bir kısmı, Nasca kültüründen gelmektedir. Araştırmada elde edilen bulguların, MÖ 500 ile MS 200 yılları arasına ait olduğunu düşündürmektedir. Bu çizgiler Paracas ve Topara kültürünün anlaşılması bakımından önemli olarak düşünülmektedir. İki kültürün hakim olduğu Paracas Yarımadası'nda ve Ica Vadisi'nde birden fazla kültürün yaşadığı düşünülmektedir. İki kültürün etkileşimi sonucu olarak Nasca kültürü, seramik ve tekstil geleneklerinin gelişiminde etkili olmuřtur¹⁸⁰.

Uydu görüntülerinin dört ana çözünürlüğü türü bulunmaktadır. Bunlar: mekânsal, spektral, radyometrik ve zamansal şeklinde dirler.

Mekânsal çözünürlük, çoğumuzun en çok bildiği türdür: bir görüntü ne kadar ayrıntılıdır ve görülebilen en küçük özellikler nelerdir? Son 45 yılda, Landsat uzaysal çözünürlüğünü 79 metreden 30 metreye 15 metrelik bir piksel boyutundan geliştirmiştir. Landsat görüntüleri arkeologların bir ortamın geniş bağlamını incelemelerine yardımcı olmak için önemli bir amaca hizmet eder. Ayrıca, on yıllarca Landsat verilerine web'de ücretsiz olarak ulaşılabilmektedir.

Spektral çözünürlük, belirli bir sensörün elektromanyetik spektrumun hangi kısımlarını ölçtüğünü ifade eder. Her nesil Landsat uydusu ile spektral çözünürlük artmıştır (Halen Landsat 8¹⁸¹ mevcuttur. Mayıs 2020'de Landsat 9¹⁸² ile müşterek çalışacaktır.).

Radyometrik çözünürlük belki de en ezoteriktir. Bir sensörün enerji farklarını (parlaklık) ayırt etme yeteneğini tanımlar. Radyometrik çözünürlük ne kadar iyi olursa sensör küçük enerji farklılıklarına o kadar duyarlı olur¹⁸³.

Arkeolojide uyduların kullanımı son yıllarda daha da artmıştır. Hektar başına kazı maliyetlerine bakıldığında, direnç ölçüm yöntemi 1000 Avro, manyetometre yöntemi 900 Avro ve LiDAR 50 Avro'dur. İkonos uydusu, CASI (Kompakt Hava Spektrografik Görüntüleyici) yöntemi, termal kızılötesi algılama yöntemi ve Corona uydusu ile maliyet 10 Avro'ya kadar düřmektedir¹⁸⁴.

¹⁸⁰ <http://www.ntboxmag.com/2018/04/20/peruda-yeni-nasca-cizgileri-bulundu/> (15.05.2020).

¹⁸¹ https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con

¹⁸² https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-9?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_com (20.02.2020).

¹⁸³ <https://earthobservatory.nasa.gov/images/91071/space-archaeology-in-the-realm-of-resolution> (05.01.2020).

¹⁸⁴ Vedat Karaarslan, http://www.arkeotekno.com/pg_243_remote-sensing-for-archaeology (10.01.2020).

Uzaktan Algılamanın Avantajları

Uzaktan algılama tekniklerinin, yer tabanlı enstrümanlar, hava veya uzay kaynaklı sensörler aracılığıyla, “arkeolojik uzaktan algılama” için bilinen avantajlar aşağıdakileri içerir, ancak bunlarla sınırlı değildir¹⁸⁵:

- Çalışma nesnesiyle doğrudan temas etmeden parametrelerin ve yüzey / yeraltı özelliklerinin tahmini,
- Uzaktan gözlem yapabilme, böylece operatör için riskleri önleme ve yerinde inceleme maliyetlerini azaltma imkânı,
- İzleme ve durum değerlendirmesi¹⁸⁶ amacıyla zaman içinde yeniden gözden geçirme ve veri analizinin yinelemeli iş akışlarını gerçekleştirme olasılığı.

Uzaktan Algılama Yöntem Ve Malzemesi

Uzaktan algılamada, yüzey araştırması imkânı olmayan durumlarda ve aşağıdaki yöntem ve malzemeyi kullanılarak yapılmaktadır¹⁸⁷:

Hava Fotoğrafçılığı

Yerde durduğunda görmenin zor veya imkânsız olduğu birçok özellik havadan görüldüğünde oldukça net görülebilmektedir.

Renkli Kızılötesi Film (CIR)

Işık spektrumunun kırmızı ucunun biraz ötesinde daha uzun dalga boylarını algılar. Renkli kızılötesi film, bitki örtüsündeki çok küçük farklılıklara duyarlıdır. Gömülü arkeolojik özellikler bitkilerin üzerlerinde nasıl büyüdüklerini etkileyebileceğinden, bu özellikler renkli kızılötesi fotoğrafçılıkta görünür hale gelir.

Termal Kızılötesi Multispektral Tarayıcı (TIMS)

Zemin tarafından verilen termal radyasyonu 0,1 santigrat dereceye kadar hassasiyetle ölçen altı kanallı bir tarayıcı. Piksel (Fig. ögesi) algılanan kare alandır ve pikselin boyutu sensör yüksekliğiyle doğru orantılıdır.

¹⁸⁵ Tapete 2018, 1-10.

¹⁸⁶ Bkz. Çoklu zamansal değişiklik tespiti.

¹⁸⁷ Archeological Remote Sensing, https://weather.msfc.nasa.gov/archeology/remote_sensing.html (10.02.2024).

Havadaki Oşinografik LiDAR (ADI)

Dünya yüzeyinin "profillerini" oluşturan bir lazer cihazı. Lazer ışını yere saniyede 400 kez vurur, yüzeye her üç buçuk inçte bir vurur ve kaynağına geri döner. Çoğu durumda, ışın bitki örtüsünün üstünden ve zemin yüzeyinden sıçrar; ikisi arasındaki fark orman yüksekliği, hatta otlaklardaki çim yüksekliği hakkında bilgi verir. Alınan impulslar arasında geçen süre, su derinliğinin ve yeraltı topografyasının belirlenmesine izin verir.

Sentetik Açıklıklı Radar (SAR)

SAR, enerji dalgalarını toprağa ışınlar ve yansıyan enerjiyi kaydeder. Radar, özellikle farklı radar dalga boyları ve yatay ve dikey verilerin farklı kombinasyonları kullanıldığında yerdeki doğrusal ve geometrik özelliklere duyarlıdır. Farklı dalga boyları bitki örtüsüne veya yer yüzeyi olaylarına duyarlıdır. Kuru, gözenekli topraklarda radar yüzeye nüfuz edebilir.

Mikrodalga Radarı

Radar darbelerinin zemine ışınlanması ve yankının ölçülmesi kurak bölgelerde gömülü artefaktlar bulmanın iyi bir yoludur (su mikrodalgaları emer). İnsan yapımı nesnelere mikrodalgaları yansıtma eğilimindedir ve bir alana yeraltını rahatsız etmeden yeraltının bir "resmini" verir.

Uzaktan Algılama Açık Kaynakları

Uzaktan algılama veri kümelerinin yanı sıra bu görüntüleri işlemek için kullanılacak birçok açık kaynaklı yazılım göz önüne alındığında, arkeolojik araştırma prosedürlerine en kolay ve uygun maliyetle entegre edilebileceği düşünülmektedir. Bu açık kaynaklı platformların bazıları, arkeologlar tarafından çok iyi bilinmesine rağmen (ör. Google Earth), diğerleri daha az tanınmaktadır. Örneğin, Google Earth Engine (GEE), eğitim, araştırma ve kar amacı gütmeyen gruplar için ücretsiz bir platformdur. GEE, uzaktan algılama görüntülerine erişmek ve bu verileri karmaşık görüntü işleme algoritmalarıyla analiz etmek için kullanılabilir (Tablo 5)¹⁸⁸.

¹⁸⁸ Davis - Douglass 2020, 9–24.

Tablo 5. Uzaktan algılama analizi için açık kaynaklı, veri havuzları ve yazılım platformları

Kaynak adı	İşletim sistemleri	Notlar / yetenekleri	Referans
QGIS (eski adıyla Quantum GIS)	<ul style="list-style-type: none">• Windows• MacOS• Linux	<ul style="list-style-type: none">• Bazıları çok sayıda eklenti yazılımına sahiptir. (ör. GRASS)¹⁸⁹,Otomatik ve OBIA analizleri dahil olmak üzere uzaktan algılama analiz yetenekleri	QGIS ¹⁹⁰
SAGA	<ul style="list-style-type: none">• Windows• Linux• FreeBSD• MacOS	<ul style="list-style-type: none">• Birçok çevresel modelleme aracı ve görselleştirme algoritması içerir.	Conrad 2015 ¹⁹¹
Google Earth Engine	İnternet Tabanlı	<ul style="list-style-type: none">• Serbestçe erişilebilen görüntü veri kümelerinin deposu.• Bulut tabanlı bilgisayar işleme, büyük veri kümelerinde son derece hızlı analiz yapılmasına olanak tanır.• Otomatik analiz algoritmaları yürütebilme.	Gorelick 2017 ¹⁹²
R	<ul style="list-style-type: none">• Windows• MacOS• Linux• Solaris OS	<ul style="list-style-type: none">• Birçok uzaktan algılama paketli kodlama platformu (ör. raster¹⁹³, RStoolbox¹⁹⁴)	R Core Team. 2018 ¹⁹⁵
Earth Explorer	İnternet Tabanlı	Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Servisi (USGS) için uzaktan algılama veri havuzu. Uydu verilerinden LiDAR'a ve tüm dünyadaki havadan görüntülere kadar değişen veri kümeleri içerir.	https://earthexplorer.usgs.gov/
Copernicus	İnternet Tabanlı	<ul style="list-style-type: none">• Avrupa Alanı için uzaktan algılama veri havuzu Ajans uyduları (Ör: Sentinel 1 ve 2)	https://scihub.copernicus.eu/

¹⁸⁹ Open Source Geospatial Foundation. <https://grass.osgeo.org> (22.05.2020).

¹⁹⁰ Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>. (22.05.2020).

¹⁹¹ Conrad et al. 2015, 7.

¹⁹² Gorelick et al. 2017, 18–27.

¹⁹³ <https://CRAN.Rproject.org/package=raster>. (22.05.2020).

¹⁹⁴ <https://CRAN.R-project.org/package=RStoolbox> (16.04.2020).

¹⁹⁵ <http://www.R-project.org/> (15.05.2020).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AİZANOİ TİYATRO STADİON YAPI KOMPLEKSİ ÇALIŞMALARI

3.1. Aizanoi'da Bölge Topografyası

Aizanoi Antik Kenti, Çavdarhisar Platosu üzerinde yer almaktadır. Aizanoi merkez bölgesinin güneydoğusunda Çavdarhisar fayı yer almaktadır ve bu fay 'kuvaterner fay' olarak listelenmiştir (Fig. 44). An itibarıyla aktivitesi bulunmayan bu fayın kırıldığı noktada horst ve graben oluşumu açıkça görülmektedir ve bu oluşum Meter Steunene Kutsal Alanı'na 700m mesafede, kutsal alanın güneyinde yer almaktadır.

Kentin merkezinden bugün Kocaçay olarak isimlendirilmiş olan Penkalas Nehri yer almaktadır ve kenti iki yakaya ayırmıştır. Doğu yakasında bugün Sütunlu Cadde, Macellum yapısı, Mozaikli Hamam yapısı olarak kayda geçen mekanlar tespit edilmiş olup; batı yakasında Agora, Zeus Tapınağı, Dor Sütunlu Avlu, Odeon, Hamam Palaestra Kompleksi ve Tiyatro Stadion Yapı Kompleksi, Meter Steunene Kutsal Alanı ve nekropoller yer almaktadır.

Kente dair yapıların büyük bölümü batı yakasında bulunmaktadır. Bu nehrin üzerinde iki yakayı birbirine bağlayan dört adet Roma Köprüsü yer almaktadır. Bugün bu köprülerden iki tanesi ayakta ve restorasyonu tamamlanmıştır¹⁹⁶. Diğer iki köprü ise tamamen yıkılmış vaziyette ve sadece selyaran blokları konumlarını koruyarak günümüze ulaşmayı başarmıştır.

Genel anlamda plato özellikleri gösteren Çavdarhisar'da çok az sayıda tepe ve yamaç bulunmaktadır. Bu tepelerden Maltepe olarak isimlendirilen bölge üzerinde yapılan kurtarma kazıları sonucunda tepenin yapay olduğu ve altında bir nekropolün varlığı tespit edilmiştir^{197, 198}. Bu tepelerin kamusal yapıların hemen yanlarında bulunması, kentte yer alan birçok tepenin yapay olduğu fikrini ortaya atsa da, bölgede herhangi bir sondaj çalışması yapılmadan bu hükme varılması olası değildir.

¹⁹⁶ Güneyde 2 numaralı köprü ve kuzeyde 4 numaralı köprünün restorasyonları tamamlanmış ve kullanılabilir vaziyettedir.

¹⁹⁷ Aizanoi Kazı Arşivi.

¹⁹⁸ Bayram, 2022, 28.

3.1.1. Lokal Topografik Ölçümler

Aizanoi kentinde, merkez bölgede yapılan araştırmalar ve ölçümler sonucunda taban kot 1006.58m, tavan kot ise 1025m olarak kaydedilmiştir. 1006m kotunda yer alan bölge, kentin seviye olarak en alçak olan bölgesi olan Agora'dır. 1025m olarak ölçülen en yüksek seviye ise Tiyatro yapısının summa cavea kalıntısının olduğu noktadır. Çalışmalar süresince en yüksek kotta yapılan kazılar bu bölgede gerçekleştirilmiştir ve aynı zamanda bu kotta, Aizanoi Tiyatrosu'nun kuzeyinde 'Kuzey Nekropolis' bölgesi yer almaktadır. Nekropolis ve Tiyatro Analemma duvarı arasında 15m mesafe bulunmaktadır.

Bölgedeki araştırmalar ve ölçümler, 1012m kotunda bulunan ve Stadion yapısının güneyinde bulunan yol ile ciddi kot farkı olduğunu göstermektedir. Kazı ekibi ve daha önce bu bölgede çalışmış olan araştırmacıların verilerine göre, tiyatro yapısı yamaca yaslanmış vaziyettedir ve desteğini ana kayadan almaktadır (Fig. 45). 2022 yılında gerçekleştirilen Ima Cavea sondaj çalışmaları neticesinde bu durum kesinlik kazanmıştır. Klasik Greko-Roman tiyatro özelliklerini gösteren yapı, Antik dönem Grek tiyatroları gibi kentin en güzel manzarasına ve en yüksek bölgesinde yer alan yamaca bir tiyatro yapmayı uygun gören Aizanoi halkı, Anadolu'da bulunan Greko-Roman tiyatrolarının inşa geleneğini devam ettirmiştir.

Bölgede araştırma yapmış olan 19. Yüzyıl gezginleri olan Leon De Laborde ve Charles Texier'in yaptığı ölçümler ve çizdiği gravürler neticesinde (Fig. 46, 47), yaklaşık 200 yıl boyunca topografyanın çok fazla değişim göstermediği aşikârdır.

3.1.2. Aizanoi Tiyatro-Stadion Bölge Topografyasının modellenmesi

Yürütülen çalışma kapsamında Aizanoi Tiyatro-Stadion yapısı çevresinde topografya modelleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma yapılırken Leica TS-02, TS-06 TotalStation, Foif A90 GPS Cors ve DJI Mavic 3 Pro GNSS Drone teçhizat olarak kullanılmış olup; Google Earth Engine, Agisoft Metashape, 3DS Max ve QGIS yazılımlarından faydalanılmıştır.

Topografik Modelin ortaya çıkarılması için önce bölgede, Tiyatro ve Stadion yapısı sınırları içerisinde toplamda 12 adet sabit nokta belirlenmiştir. Bölgede yürütülen tüm çalışmalar bu 12 sabit noktası üzerinden istasyon kurularak yapılmıştır. Tavan kot ve taban kot ölçümlerinin yapılması adına Tiyatro yapısı üzerinde 1, 18, 19, 13, 12; Stadion yapısı üzerinde S1, S3, S4, S6, S7, S8 noktalarına TotalStation kurulumu yapılmıştır. Bunun sebebi, bölgeyi en iyi gören konumlar olmasıdır. Zeminden itibaren bölgede yükselti gösteren tüm bölgelerde reflektörlü ölçüm ve lazerli ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sağlaması yapılması için aynı noktalardan Foif A90 GPS Cors ile ölçüm yapılmış ve iki farklı cihazda veri oluşturulmuştur. Bu bağlamda elde edilen veriler, AutoCAD ortamına aktarılmıştır (Fig. 45).

Bölgenin görsel modeli ve kaplamasının yapılabilmesi için DJI Mavic 3 Pro GNSS Drone ile 2 zamanlı uçuş gerçekleştirilmiştir. Tiyatro-Stadion yapısı ve 10m mesafedeki tüm çevrenin Fotogrametri çalışmasının yürütülmesi adına fotoğrafları çekilmiştir. GNSS kaydı ile mühürlenmiş fotoğrafların tümü Agisoft Metashape programına aktarılmıştır. Metashape programının birleştirme motoru vasıtasıyla fotoğraflar otomatik olarak birleştirilmiş ve bölge topografyası ve Tiyatro-Stadion yapısını içeren 3 Boyutlu seviye kaydı barındıran nokta bulutu, kaplama verisi ve katı model dosyası oluşturulmuştur. Oluşturulan katı model, 3DS Max programına aktarılmış ve modelleme çalışmasına hazır hale getirilmiştir. Bu modelleme çalışması sırasında elde edilen fotogrametrik veri formatı STL ve OBJ uzantılı dışa aktarılmıştır. Aynı veri QGIS içerisine, TotalStation verileri ile çakıştırılarak aktarılmış ve Coğrafi Bilgi Sistemi içerisinde katı modellenmiş topografik ölçüm verisi oluşturulmuştur. Rekreasyon çalışması için bu katı model üzerinden faydalanılmıştır (Fig. 48).

3.2. Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapısının Konumlandırılması

Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapı Kompleksi, kentin kuzeyinde yer almakta olan büyük bir yapıdır. Konumlandırılış biçimi kuzey-güney doğrultusundadır ve kentin merkez aksını dik olarak kesen çizginin üzerinde yer almaktadır. Bölge, Zeus Tapınağı'nı ortalamayan aksın üzerinde yer almakta ve bu çizgi Zeus Tapınağı'nı orta nokta olarak görmektedir.

Konumlandırılış şekli ise, yapılan ölçümlerle açıkça görülmektedir ki gün ışığının tümünden faydalanabilmesi adınadır. Yapı manyetik kuzeyden 8 derece kuzeydoğu yönüne meyilli inşa edilmiştir. Yapının merkez çizgisi üzerinde yürütülen ölçüm çalışmaları, bu 8 derecelik sapmanın, gerçek kuzeye göre yapıldığını göstermektedir. Dünya'nın kutup noktası manyetizma ve gravitasyona göre konum değişikliği gösterse bile¹⁹⁹, belirlenen gerçek kuzey yıldızlara göre belirlenmiştir. Bu bağlamda yapının doğu ve batı parados duvarı, doğu ve batı yönlerine göre konuşlandırılmıştır. Bu bağlamda güneşin doğuşu ve batışı süresince alınabilecek maksimum verimi alabilen, gündüz vakti sürekli ışık alan bir yapı oluşturulmuştur.

3.2.1. Güneşin Kerteliz Hareketi ve Analemma Duvarlarının İncelenmesi

Aizanoi Tiyatro-Stadion kompleksi'nin 8 derecelik konumlandırılması, gün ışığının tamamından faydalanabilmesine olanak tanımaktadır. Yapı doğrudan manyetik kuzeye değil, gerçek kuzeye yönelim göstermektedir. Bu durum, analemma duvarlarından yükselen ve batan bir güneşten faydalanmasına ve güneşin doğumundan batımına kadar ışıktan bütünüyle faydalandığını açıkça göstermektedir.

Bu sistemi anlamak üzere model bazlı bir simülasyon çalışması yürütülmüştür. Bu simülasyonda, Tiyatro yapısı doğrudan olması gerektiği konuma yerleştirilmiştir. Yapının konumlanması program üzerinde Kütahya'nın Çavdarhisar ilçesi içerisinde, 39°12'25.01"K Enlem ve 29°36'42.51"D Boylam koordinatlarına yerleştirilmiş ve 8 derece kuzeyden saptırılmıştır. Çalışma sırasında Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarında, yani ekinoks vakitlerinden faydalanılmıştır. Bu bağlamda, bölgede sabah saat 06:00 vakitlerinde güneşin yükselmesiyle birlikte tiyatronun da aydınlandığı görülmüştür (Fig. 53). 12 saat boyunca tiyatronun aydınlandığı ve saat 18:06'ya kadar, yani güneşin

¹⁹⁹ Sagnotti et al, 2014, 1110-1124.

batış zamanına kadar aydınlık kaldığı kaydedilmiştir (Fig. 54). Stellarium programıyla elde edilen veriler ışığında tekrar gözlem yapılmıştır.

Bu gözlemin sonucunda ise güneşin doğu parados duvarının bulunduğu bölge ekseninde yükseldiği ve batı parados duvarı ekseninde battığı açıkça görülmüştür (Fig. 55, 56).

3.3. Aizanoi Tiyatrosu'nun Yapısı

Aizanoi Tiyatro kompleksi, tüm yapı göz önüne alındığında oldukça benzersizdir. Dünyada henüz Tiyatro ve Stadion yapısının bir arada, yani tek bir yapı kompleksi şeklinde bir örneği ile henüz karşılaşılmamıştır.

1836 yılında ilk kez keşfedildiği dönemlerden bu yana yapı hakkında çeşitli çalışmalar yürütülmüş ve gravürler çizilmiştir (Fig. 57)²⁰⁰. Bu gravürlerden anladığımız kadarıyla, yapı üzerinde deprem gibi etkenler de dahil olmak üzere herhangi bir değişiklik, parça kaybı veya yıkılma gibi bir durum yaşanmamıştır. En kapsamlı çalışmaların ilki 1982 yılında Alman Arkeoloji Enstitüsü tarafından başlatılmıştır. Bu çalışmalar sondaj bazlı çalışma ve literatür taraması şeklinde ilerlemiştir²⁰¹. Yapı analizi konusunda ise en kapsamlı çalışma, yine Alman Arkeoloji Enstitüsü bünyesinde çalışmalarda yer alan Mimar Dr. Corinna Rohn tarafından yapılmıştır²⁰².

Rohn, Tiyatro inşa evresinin 6 aşama şeklinde yürütüldüğünü ve 7. Aşamada ufak değişiklikler ve eklemeler şeklinde ek bir çalışmanın daha olduğundan bahsetmektedir²⁰³. Mevcuttaki tiyatro yapısının inşasının, sahne yapısı ve Stadion inşaatlarının başlamasından kısa süre sonra başladığını (ikinci aşamada) öne sürmektedir²⁰⁴. Yaptığımız çalışma kapsamında; inşa süreçlerine ve gelişim evrelerine değil, son aşamada nasıl görüldüğünün modellenmesi üzerinde çalışma yürütüldüğü için bu aşamaların modellenmesi veya gelişimine dair bir örüntünün oluşturulması gerçekleştirilmemiştir.

²⁰⁰ La Borde, 1836

²⁰¹ Aizanoi Kazı Arşivi.

²⁰² 1996 yılında çalışmalara başlanmış, 2003 yılında belgeleme çalışmaları tamamlanmıştır. Rohn, doktora tezini 2008 yılında yayınlamıştır.

²⁰³ Rohn, 2008, 200.

²⁰⁴ Rohn, 2008, 187.

3.3.1. Tiyatro Yapısı Orchestra Bölgesi Koruma Müdahaleleri

Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapı Kompleksi'nde 2020 yılında yürütülen çalışmalar neticesinde, antik kentin önemli bölgelerinde kapsamlı arkeolojik kazılar gerçekleştirilmiştir²⁰⁵. Bu çalışmalar kapsamında özellikle Ima Cavea bölgesi, Summa Cavea bölgesi, Summa Cavea'nın altında bulunan Doğu Cryptae bölgesi, sahne binası önü ve Orchestra bölgesinde yoğun kazı çalışmaları yapılmıştır. Bu bölgelerde yapılan kazılar sonucunda, antik dönemden kalma çok sayıda mimari blok ortaya çıkarılmış ve yerlerinden kaldırılmıştır. Çıkarılan bu bloklar, Stadion içinde, dış hatlarda ve tiyatro yapısının etrafında oluşturulan tasnif alanlarına özenle transfer edilmiştir (Fig. 49).

Yapının büyük bir kısmı, bu kapsamlı kazı çalışmaları sayesinde yıkıntılardan arındırılmıştır. Ancak, bu kazı çalışmaları sonucunda, mevcut durumu koruma amacıyla yeterli önlem alınmamış olması, yapı üzerinde olumsuz etkiler yaratmıştır. Özellikle, toprak altından çıkarılan ve en yüksek baskıya maruz kalan Orchestra bölgesindeki parapet ve orthostat blokları bu durumdan en çok etkilenen kısımlar olmuştur. Bu bloklar, yağmur sularının birikmesi sonucu gölete dönüşen bu bölgede büyük zarar görmüştür (Fig. 50).

Tiyatro yapısının özgün mimari şekli ve Orchestra bölgesinin yoğun yağmurlar sebebiyle sık sık su altında kalması, bu bölgenin zamanla gölete dönüşmesine neden olmuştur. Bu süreçte, tiyatro yapısının üst kademelerinde bulunan gradus blokları, en aşağıda yer alan orthostat ve parapet bloklarına ciddi bir baskı uygulamıştır. Toprağın suya doyması sonucu şişmesi, üst katlardaki blokların ağırlığını taşıyamaz hale getirmiş ve bu durum blokların yıkılmasına yol açmıştır (Fig. 51).

2022 yılında yürütülen kazı çalışmaları kapsamında, tiyatro yapısının Diazoma, Ima Cavea ve Orchestra bölgesinde zemin etütü amacıyla sondajlar yapılmıştır ve Laser Scanner ile bölge taraması gerçekleştirilmiştir. 2022 ve 2023 yıllarında, tiyatro yapısının korunmasına yönelik statik müdahale paftası hazırlanmış ve koruma müdahaleleri üzerine çalışmalara başlanmıştır²⁰⁶. 2023 yılında ise, Orchestra bölgesinde daha fazla parçanın yıkılmaması amacıyla orthostat ve parapetlere destek iskelesi kurulmuş ve geçici koruma sağlanmıştır²⁰⁷ (Fig. 52).

²⁰⁵ Özer et al. 2022, 24-30.

²⁰⁶ Coşkun et al. 185-187.

²⁰⁷ Aizanoi Kazı Arşivi.

Bu bölgede karşılaşılan problemlerden önce yürütülen dijital arkeoloji çalışması sayesinde, tiyatro-stadion yapısının ve özellikle Orchestra bölgesindeki orthostat ve parapetlerin yıkılmadan önceki halinin 3D modeli oluşturulmuştur. Bu neticede, yapının daha iyi durumdaki hali dijital ortamda 3D veri olarak korunmuştur. Bu dijital kayıtlar, yapının gelecekteki restorasyon çalışmalarına önemli bir referans noktası sağlayabilecek niteliktedir (Fig. 61).

3.3.2. Aizanoi Tiyatro Yapısı Ölçümleri

Aizanoi Tiyatrosu Ima Cavea, Summa Cavea ve Sahne binası olmak üzere üç grupta inşa edilmiş bir yapıdır. Dolayısıyla Tiyatro Yapısı ölçümleri 3 aşama şeklinde gerçekleştirilmiştir. İlk ölçüm çalışmalarına Ima Cavea üzerinden başlanmıştır. TotalStation bu çalışma sırasında büyük kolaylık sağlamıştır. Lazerli ölçüm sistemi ile nokta kayıt edebilme yeteneği sayesinde bölgede bulunan taşları 3D nokta bulutu oluşturabilecek şekilde ölçme imkanı tanımıştır. Ima Cavea ölçümlerinde TotalStation 1, 2, 3, 4, 5, 7, 12, 13, 14, 15 ve 16 numaralı noktalar üzerinde kurulmuş ve böylelikle farklı açılardan nokta alımı çalışmaları yürütülebilmıştır (Fig. 58). Farklı açılarda kurulan TotalStation vasıtasıyla aynı bloğun farklı açılardan noktalarının alınması ile iş dosyası üzerindeki ölçümler AutoCAD programı üzerinde çakıştırılmıştır. Cihaz, aynı istasyonlar üzerinden kurulduğu için bu işlem oldukça kolaya indirgenmiş ve kısa sürmüştür. Hemen ardından oluşturulan nokta bulutu üzerindeki noktalar, nokta alım sırasına göre ağ şeklinde birleştirilmiş ve kaba şekilde Tiyatro yapısının Ima Cavea kısmının hem nokta bulutu, hem de 3D örüntüsü ortaya çıkmıştır. Ardından yürütülen çalışma ikinci kat, yani Summa Cavea bazında gerçekleştirilmiştir.

İkinci kat ölçümleri, Summa Cavea'nın deprem gibi afetler ile oturma basamaklarının büyük oranda yıkılması sebebiyle Ima Cavea ölçümleri kadar kapsamlı olamamıştır. Ancak 2020-2022 yılları arasında sürdürülen kazı çalışmaları sayesinde Tiyatro yapısına ait Diazoma, Cryptae ve Vomitorium açıklıklarının bütünüyle açığa çıkarılmış olması, ölçümlerin, oturma basamaklarından çok altyapısının üzerinde yoğunlaşmasına sebebiyet vermiştir. Dolayısıyla Summa Cavea ölçümlerindeki odak, ikinci kat oturma basamaklarının altında bulunan kapı açıklıkları ve dehliz/koridor kısmı üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu ölçümlerde TotalStation 2, 5, 6, 8, 9, 10, 17 ve 18 numaralı bölgelere kurulmuştur. 6, 17 ve 18 numaralı bölgede kurulan TotalStation ile iç mekan ölçümleri yapılmış ve Doğu kanatta gün yüzüne çıkarılmış olan Cryptae duvarları ile

birlikte doğu ve batıda yer alan Parados duvarlarının ölçümü gerçekleştirilmiştir. Geri kalan kurulum noktalarında ise diazoma ve summa cavea üzerindeki diğer mimari parçaların ölçümleri gerçekleştirilmiş ve AutoCAD üzerinde oluşturulmuş taslak dosyasında birleştirilmiştir (Fig. 59). Aynı teknikle 2, 3, 4, 5, 10, 11 ve 12 numaralı bölgelerde TotalStation kurulmuş ve sahne binasının tiyatro yapısına bakan cephesinin nokta alımları tamamlanmıştır. Bu çalışma sonucunda, Aizanoi Tiyatrosu'nun 3D nokta bulutu verisi oluşturulmuş ve detay çizimleri için altlık olacak veri elde edilmiştir (Fig. 60).

Detay çizimi ve modelleme çalışması için 2022 yılında gerçekleştirilen 3D Laser Scanner taramasından²⁰⁸ elde edilen veriyi güncel veri ile zenginleştirmek amacıyla DJI Mavic 2 ve 3 Pro GNSS drone ile fotogrametri çalışmasına geçilmiştir. 4K çekim özelliği olan bu cihaz ile birlikte detaylı bir fotogrametri çalışması yürütülmüştür. Çalışma sırasında Cryptae içinde de uçuş gerçekleştirildiği için elde edilen veri son derece detaylı bir 3D model altlığı oluşturma şansı vermiştir. Agisoft Metashape üzerinden otomatik koordinat ve açı kaydına sahip Drone ile çekilmiş fotoğrafların katı model oluşturma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonucunda Aizanoi Tiyatrosu'nun fotoğraf ile dokulandırılmış 3D katı model verisi oluşturulmuştur (Fig. 61). AutoCAD ve Drone verisini bir araya getirmek ve AutoCAD ortamında plan çiziminin oluşturulması için mevcutta oluşturulmuş 3D Tiyatro görüntüsü detaylı orthografik fotoğraf dosyasına dönüştürülmüş ve TIF formatında kaydedilmiştir. Bu dosya AutoCAD ortamına aktarıldıktan sonra oluşturulmuş nokta bulutu verisi ile birleştirilmiş ve mevcutta açığa çıkarılmış olan yapı kalıntısına ait mimari blokların plan bazında detay çizimleri gerçekleştirilmiştir.

3.3.3. Aizanoi Tiyatro Yapısının Planı

Koordineli çalışma şeklinde yürütülen 3D nokta alımı ve Fotogrametri çalışması sonrasında elde edilen veriler ışığında tamamlanan Aizanoi Tiyatrosu'nun plan çizimleri üzerinden ölçüm değerlendirmesi ve veri detaylandırma çalışmalarına geçilmiştir. Genel anlamda yapı, manyetik kuzey aksından 8 derecelik bir sapma göstermektedir (Fig. 62). Doğru yönüne doğru yönelim gösteren sapmanın hesaplanması tiyatronun merkezi baz alınarak hesaplanmıştır. Bu doğrultuda merkez; hem dış Analemma duvarlarının, hem

²⁰⁸ Coşkun et al. 2023, 195.

Cryptae çerperinin, hem de Orchestra'nın merkezi olan A noktası olarak saptanmıştır. Yapı AutoCAD ortamında parados duvarları ve Analemma duvarı çerperinden oluşturulmuş merkez çizgi ile düzleme oturtulmuş ve bilgisayar ortamında detaylı ölçüm için eksendeki 8 derecelik kayma giderilmiştir (Fig. 63).

Kuzey-Güney doğrultusunda inşa edilmiş Aizanoi Tiyatrosu'nun Batı Parados duvarı 38,61M olarak ölçülmüştür. Doğu Parados duvarı ise 35,62M olarak ölçülmüştür. Bu 3M'lik farkın sebebi ise Doğu Parados duvarının Analemma duvarı ile bağlantısının afetler sonucunda yıkılmasıdır.

Analemma Duvarı uzunluğu 197.06M, Cryptae açıklığı 5M, Cryptae mesafesi 162.59M, Diazoma açıklığı 2.4M, Orchestra bölümü yarıçapı 12.89M, genel Tiyatro yapısının yarıçapı ise 53.67M olarak ölçülmüş durumdadır (Fig. 64).

Aizanoi Tiyatrosu Orchestra kısmında, Orchestra orthostatlarının yükseldiği noktadan 54cm açıklıkta Euripos kanalları yer almaktadır. Euripos kanalları, yağmur vb. unsurlarla oluşan suyun tahliyesi amacıyla yapılmış su tahliye kanallarıdır²⁰⁹. Yapılan kazılar sonucunda orchestra üzerinde herhangi bir zemin kaplaması tespit edilmemiş olup, bu parçaların zaman içerisinde devşirilmiş olması muhtemeldir²¹⁰.

Tiyatro Yapısının ilk katı, yani Ima Cavea'sı üzerinde 9 adet basamak grubu yani Climakes yer almaktadır. Bu basamak gruplarından sadece 8 tanesi Tiyatro Cavea gruplarını bölecek şekilde tasarlanmıştır. 9. Basamak sırası Batı Parados duvarı hizasında yer almaktadır. Bu merdiven basamakları, yani Climakes grubu, Ima Cavea'nın ilk oturma basamak sırasından Diazoma'ya ulaşımı sağlamaktadır. Ima Cavea üzerinde, merkez aks üzerinde bulunan ve 2020 kazıları sırasında sonradan oluşturulduğu anlaşılan geç dönem yapısı bulunmaktadır. Bu yapı uzun süre Bisellium olarak nitelendirilmiş olsa da, yapı içerisinde kullanılmış devşirme oturma basamakları ve bir künk hattı tespit edilmiştir²¹¹.

Aizanoi Tiyatrosu'nun Diazoma üzerinde, Summa Cavea parapetleri hizasında konuşlandırılmış 14 adet Vomitorium'u bulunmaktadır. Bu Vomitorium'lar Diazoma ve Cryptae'ı birbirine bağlamaktadır. Vomitorium'lar hem üst katlara ulaşımı sağlamakta,

²⁰⁹ Ferrero, 1990, 162.

²¹⁰ Aizanoi Kazı Arşivi.

²¹¹ Aizanoi Kazı Arşivi.

hem de insanların yapıyı kolayca boşaltabilmesi adına çıkış kapılarına ulaşımı kolaylaştırmaktadır²¹².

Orchestra bölümünden Diazoma üzerinde bulunan son Ima Cavea basamağının yerden yükseliş açısı 31.3° olarak ölçülmüştür (Fig. 65). Parados duvarı yüksekliği, orchestra merkezli zemin çizgisine göre 22,73M olarak ölçülmüştür (Bu ölçüm en sağlam durumda olan Batı Parados duvarını baz almıştır). Son oturma basamağı grubu, Parados yüksekliğine göre modelleme üzerinde oluşturulmuştur.

3.3.4. Aizanoi Tiyatro Yapısının modellemesi

Tiyatro yapısı modellemesi sırasında mevcut ölçüm ve elde edilen verilerin yanı sıra, bölgede daha önce çalışmış olan Mimar Dr. Corinna Rohn'un önerilerinden de faydalanılmıştır. Mevcut veriler ışığında Tiyatro ve Stadion modellemesi AutoCAD ve 3D model verisi üzerinden 3DS Max ortamına taşınmıştır. Burada yürütülen dijital restitüsyon çalışmasında yapıya dair ölçümlerin dışına çıkılmamıştır.

Modelleme esnasında, Sütun ve sahne binası cephesi tasarımında Dr. Corinna Rohn'un önerdiği sahne binası restitüsyon görseli ana fon olarak kullanılmıştır. Bu fon, parça ve model tasarımında altlık olarak görev almakla birlikte, mimari bezemelerin modellenmesi ve 3D modele entegrasyonu konusunda da oldukça faydalı olmuştur. Sahne binası oluşturulması sırasında dört tip sütun tasarlanmıştır. Bunlar yivli sütunlar, 1/3lük oranında yarım bırakılmış yivli sütunlar, spiral yivli sütunlar ve yivsiz sütunlardır. Sütunların oranlaması ve katlara yerleştirilme şeklinde Dr. Corinna Rohn'un önerisine sadık kalınmıştır (Fig. 66). Arşitrav ve friz kuşağı üzerindeki süslemeler tamamlanmadığı ve bu grup üzerinde halen daha çalışıldığı için friz bezemeleri modelleme esnasında es geçilmiştir. Sütun başlıklarının modellemesi korinth ve Ion düzeninde yapılmış ve yine Dr. Corinna Rohn'un önerisine sadık kalınarak yerleştirilmiştir. Rohn'un ölçümleri ve çalışma kapsamında yapılan ölçümler birbiriyle uyuşmaktadır. Dolayısıyla modelleme ve oluşturulan modelin yerleştirilmesi konusunda herhangi bir engelle karşılaşılmamıştır (Fig. 67).

Gradus blokları ve klimakes modellemeleri sırasında çoğunlukla extrude komutu kullanılmış olup, kesitlerden faydalanılmıştır. Bu şekilde oluşturulan model üzerinde kavis ve açı farkları kolaylıkla düzenlenebilir hale gelmiştir (Fig. 68A, 68B).

²¹² Longfellow, 1903, xxxii.

Summa Cavea tasarımında, yapılan TotalStation ölçümleri ve Fotogrametri çalışmaları baz alınmıştır ve oranlaması Orchestra-Ima Cavea oranlamasıyla aynı tutularak yapılmıştır. Bu oranlama sonrasında Summa Cavea oturma blokları, Diazoma orthostatlarından Summa Cavea'ya ait son oturma basamağına kadar 17 basamak katı olarak modellenmiştir. Summa Cavea'nın en üst kısmına, Analemma duvarı hizasında yivsiz ion düzenli sütunlar eklenmiş ve çatı sistemi modellenerek oluşturulan modele entegre edilmiştir (Fig. 69).

Tiyatro Yapısı modellemesinin son birleştirme çalışmasında Parados duvarları yeniden oluşturulmuş ve Analemma duvarlarına bağlanmıştır.

3.3.5. Aizanoi Tiyatro yapısının Rekreasyonu

Yapının 3D ortamda yeniden oluşturulması sırasında mevcut mermer bloklarının kaplamasına benzer yeni bir mermer kaplaması tekstür olarak kullanılmıştır. Sahne binası ve tiyatro yapısının Analemma duvarı hizasında konuşlandırılmış galeri modeli üzerine çatı kiremiti modellenmiş ve eklenmiştir. Yeni oluşturulan tiyatro modeli, render alımı için hazır hale getirilmiş ve ortam ışıklandırması eklenmiştir. Eklenen ortam ışıklandırması güneş ışığı parametrelerine göre ayarlanmış olup; gün doğumu, gün ortası ve gün batımı sırasında gerçekçi şekilde görünebilmesi adına gerçek yönler kullanılmıştır. Bu bağlamda oluşturulan model, 3D ortamda kuzey yönünden 8 derece doğuya saptırılmıştır. Görüntünün daha gerçekçi olması adına modellenen tiyatro yapısının çevresine mevcut topografyaya uygun yeni topografya modellenmiş ve ağaç modelleri eklenmiştir. Işık parametreleri, gün ışığı parametrelerinde sabit tutularak hareket ettirilmiş ve stellarium programından elde edilen açılara çok benzer açılarda gün doğumu ve gün batımı sekansının elde edildiği görülmüştür.

Oluşturulan model üzerinde alınan render, gerçekçi aydınlatma motoru olan V-Ray ile desteklenmiştir.

3.4. Aizanoi Stadionu'nun Yapısı

Yapı kompleksi inşaatında, ilk inşa evresinde yapımına başlanan Stadion yapısı, yapı kompleksinin ikinci bileşeni ve tamamlayıcısıdır²¹³. Sahne yapısından sonra inşasına başlanan Stadion yapısı, yapıya ek olarak yapılmış bir geçit yapısı ile bütünlük oluşturur. Söz konusu geçit yapısı batı tribünleri ile tümleşiktir²¹⁴. Doğuda tribünde de dış cephede yer alan kemerli bir alan bulunmaktadır ancak geçit yapısı göz önüne alındığında yapısal farklar taşımakta ve geçit yapısı gibi bariz şekilde görülmemektedir²¹⁵.

Rohn'a göre stadion yapısı son şekline 6. Evrede kavuşmuş olsa da, ufak çaplı değişiklikler ve kullanım farkları sebebiyle 7. Bir evreden daha bahsetmektedir. Ancak yürüttüğümüz bu çalışma kapsamında, yapının 6. Evresi baz alınarak çalışmalar yapılmıştır.

3.4.1. Aizanoi Stadion Yapısı Ölçümleri

Stadion yapısında ölçümler S1 noktasından başlatılmış ve bu noktada TotalStation kurulumu yapılmıştır. Lazerli ölçüm sistemi ile çalışılmış ve bölgenin gördüğü doğu parados, sahne binası ve batı tribün yapısının kuzey kısmının görüldüğü kadarı bu noktadan ölçülmüştür (Fig. 70). Daha sonra S2 noktasına cihaz kurulmuş ve batı paradosun ölçümleri, sahne binasının görünen açıdan nokta alımı, doğu tribün yapısı kalıntıları ölçülmüştür. Bölgede yer alan blokların büyük kısmı toprak altındadır. Dolayısıyla hem lazerli ölçüm, hem reflektörlü ölçüm yapılmıştır. S3 noktasında sahne binasının görünmeyen kısımlarında nokta alımları gerçekleştirilmiş olup, yapının içerisindeki enkazın nokta alımı için reflektörlü ölçüme geçilmiştir. S4 noktasında batı tribün ile entegre şekilde bulunan geçit yapısının doğu cephesi ve genel yapı kalıntısının görünen kısmının ölçümleri yapılmış, daha sonra doğu tribüne ait topraktaki kalıntıların ölçümlerine geçilmiştir. Geçit yapısının üst katında reflektörlü ölçüm yapılmıştır. Bunun sebebi bölgenin lazerli ölçüme elverişli olmamasıdır. Olduğu yerde yapının içine çöken oturma basamakları ve üst yapı elemanları lazerli ölçümü oldukça güç hale getirmiştir. Daha geniş açıdan ve gözden kaçan mimari parçaların nokta alımını kolaylaştırmak adına S5 noktası oluşturulmuş ve bu noktadan lazerli ölçüm yapılarak eksikler giderilmiştir.

²¹³ Rohn 2008, 179.

²¹⁴ Rohn 2008, 181-192-197.

²¹⁵ Rohn 2008, 198; Aizanoi Kazı Arşivi.

Geçit yapısının batı cephesi gün yüzündedir. Dolayısıyla bu yapıya dair nokta alımının tamamlanması için S6 noktası oluşturulmuş ve bu bölgeye GPS Cors ile iki adet sabit nokta eklenmiş ve TotalStation kurulumu yapılmıştır. Yapının görünen tüm kısmının lazerli ölçümü gerçekleştirilmiştir. Daha sonra batı tribün yapısının açıkta kalan son kalıntılarının ölçülebilmesi adına S8 noktası oluşturulmuş ve bu bölgede kurulan TotalStation ile lazerli ve reflektörlü ölçümler yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında bölgede açıkta yer alan in-situ yapı kalıntısının nokta alımları tamamlanmıştır. Bu aşamadan itibaren fotogrametri çalışması yürütülmüştür. DJI Mavic 2 ve Mavic 3 Pro GNSS Drone'lar ile bölgede uçuş gerçekleştirilmiştir.

Kapsamlı yürütülen fotogrametri çalışması sonucunda Tiyatro-Stadion Yapı Kompleksi'nin detaylı orthografik görüntüsü ve katı 3D modeli oluşturulmuştur. Bu model ve orthografik görsel, TotalStation verileri ile karşılaştırılmış ve bölgenin mevcut halinin AutoCAD çizimleri gerçekleştirilmiştir. Mevcut model ve oluşturulan genel plan çizimi, 3D modelleme sırasında kullanılmak üzere dışa aktarılmış ve Dr. Corinna Rohn'un çizimleri ile birleştirilmiştir. (Fig. 71)

3.4.2. Aizanoi Stadion Yapısının Planı

Stadion yapısı, yapı kompleksinin en büyük kısmını oluşturan eklentidir. Yürütülen çalışmalarda, Stadion eklentisinin mevcut durumu üzerinden ölçüm yapmak oldukça meşakkat gerektirmiştir. Bunun sebebi, yapıya dair birçok mimari bloğun halen daha toprağın altında olmasıdır. Stadion bölgesinde yürütülen kazı çalışmaları neticesinde yapı kalıntılarının çok küçük bir kısmı gün yüzüne çıkarılmıştır. Bu sebeple sahada yapılan ölçümler yalnızca görünür kısmı temel almaktadır ancak modelleme çalışmasında, süreç içindeki ölçümler dahil olmak üzere önceki çalışmalardan da faydalanılmıştır.

Alman Arkeoloji Enstitüsü'nün 1996 yılında yürüttüğü sondaj çalışmaları ve bu ekibin bir üyesi olan Dr. Corinna Rohn'un 2000-2003 yılları arasında yürüttüğü kataloglama çalışmaları neticesinde yapı kompleksinin tamamının belgeleme çalışmaları tamamlanmıştır²¹⁶. Bu çalışma neticesinde Rohn, Stadion yapısının detaylı çizimlerini oluşturmuş ve aşamalara bölmüştür. Yürüttüğümüz çalışmada, yapının tamamlanmış hali üzerindeki en güncel veri olan bu çizimler üzerinden karşılaştırma yapılmış ve yapının mevcut durumunun 3D kaydının alınması için yürütülmüş fotogrametri çalışması

²¹⁶ Rohn 2008, 22-176-181.

neticesinde elde edilen 3D veri ile Rohn'un verisi üzerinde çakıştırma yapılmıştır (Fig. 72).

Bölgede yapılan son kazılar Alman Arkeoloji Enstitüsü tarafından yapılmıştır. Dolayısıyla ölçü karşılaştırmalarında elde edilen sonuçlarda herhangi bir değişim yoktur.

Geçit yapısının dış kapı genişlikleri ve yükseklikleri varyasyon göstermektedir. Her kapının ölçüsü birbirinden farklı vaziyettedir. Mevcut durumunda batı cephede 6 adet kapı bulunmaktadır (Fig. 73). Kuzeyden güneye 1'den 6'ya doğru numaralandırılmış olan bu kapılardan 1 numaralı kapının yüksekliği 4.6M, genişliği 2.5M olarak ölçülmüştür. 2 numaralı kapının yüksekliği 4.6M, genişliği 2.66M olarak ölçülmüştür. 3 numaralı kapının yüksekliği 4.69M, genişliği 2.29M olarak ölçülmüştür. 4 numaralı kapının yüksekliği 4.66M, genişliği 2.51M olarak ölçülmüştür. 5 numaralı kapının yüksekliği 4.70M, genişliği 2.8M olarak ölçülmüştür. 6 numaralı kapının yüksekliği 4.67M, genişliği 2.38M olarak ölçülmüştür. Bu kapılar içerisinden en geniş yapılmış olan kapı 5 numaralı kapı olarak tespit edilmiştir.

Batı tribün yapısına bağlı olan geçit yapısının batı cephesinde yer alan altı kapı, aynı zamanda stadionun arena kısmına açılan Z ve Y kapılarına bağlanmaktadır. X kapısı ise diğerlerinden bağımsızdır. X kapısı, Batı tribün yapısında, 7A olarak nitelendirilen ve üstü mermer plakalarla kapatılmış kapıya bağlanmaktadır (Fig. 74). 7A kapısı, kalıntılara göre bakıldığında önceden tıpkı diğerleri gibi kemerli bir geçit şeklinde inşa edilmiştir. Ancak mevcut durumu, bu kapının geç dönemlerde değiştirildiğini açıkça göstermektedir. Modelleme çalışmasında bu kapı, diğerleri gibi kemerli biçimde yapılacaktır.

7A kapısının mevcut yüksekliği 2.42M, genişliği 1.6M olarak ölçülmüştür. Bu veriye ek olarak kemer kalıntısı üzerinden, AutoCAD ile iki kemer bloğu arasında kavis çekilerek özün yüksekliği bulunabilmiştir. Elde edilen kavis hattı ile yeniden ölçüldüğünde 7A kapısının, kemerli halinin yüksekliği 5.38M olarak ölçülmüştür. Bu durum, 7A kapısının, geçit yapısındaki diğer kapılardan daha yüksek ve daha dar olduğunu göstermektedir.

Batı tribün yapısının batı cephesinde, diğer kapılarla aynı hizada olan ve 7A kapısının 5.2M güneyinde 7B kapısı bulunmaktadır. 7B kapısının yüksekliği 4.6M, genişliği ise 2.07M'dir. bu kapının kemer blokları korunmuş vaziyettedir. Aynı hizada 27M mesafede ise 7C kapısı bulunmaktadır ancak bu kapıya dair sadece eşik bloğu ve söve bloklarının bir kısmı korunmuş vaziyettedir.

Geçit yapısının Arena cephesinin (doğu) büyük kısmı yıkılmış durumdadır. Bu bölgede üç adet büyük kemer göze çarpmaktadır. Çalışma sırasında güney merkezli

sıralama yapılmış ve X, Y ve Z kemerleri olarak adlandırılmışlardır. Kemerler mevcut durumda yarım daire formunu koruyamamış ve yaptıkları kaviste bozulmalar oluşmuştur. En iyi korunmuş bölgelerden çap hesabının yapılabilmesi adına ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler doğrultusunda kemerlerin çapları;

X kemer 4.6M, Y Kemer 10.2M, Z kemer 5.1M olarak ölçülmüştür. 1 kilit taşı olmak üzere 9 adet kemer bloğunun kullanılmış olduğu görülmektedir.

Geçit yapısı ortalandığında Stadion Ima Cavea grubu ile Arena bölgesini birbirinden ayıran 1.60M yüksekliğinde orthostatların kullanılmış olduğu görülmektedir.

Stadion yapısının batı tribün yapısının mevcut kalıntılar göz önüne alındığında uzunluğu 164.7M'dir, genişliği ise 24.6M'dir (Fig. 75). Doğu tribün yapısının mevcut kalıntıları temel alındığında uzunluğu net olarak ölçülememektedir. Bunun sebebi ise lokal bölgelerde kalıntı yoğunluğu bulunmaktadır ve yapının büyük kısmı toprak altındadır. Dr. Rohn'un tespitine göre Stadion yapısının tamamının uzunluğu 215.09M olmalıdır. Çalışma kapsamında yapılan ölçüm sonucunda 215.89M olarak ölçülmüştür. Yapılan ek ölçümlerin sonucunda batı tribün yapısının merkez genişliği 24.6M, doğu tribün yapısının merkez genişliği ise 24.38M olarak ölçülmüştür.

Batı tribün geçit yapısının uzunluğu ise 32.58M olarak ölçülmüştür. Stadion yapısının oryantasyonu, tiyatro yapısı ile aynı durumda ve manyetik kuzeyden 8° sapma göstermektedir.

Stadion yapısı, tiyatro yapısı ile aynı sahne binasını paylaşmaktadır.

Dr. Corinna Rohn'un saptamalarına göre Scaenae yapısındaki bezeme üslubu, tiyatro cephesi ile Stadion cephesinde farklılık göstermektedir. Zemin ile birinci kat arasında üslup Doric'tir. Ancak ikinci ve üçüncü kattaki mimari üslup varyasyonlar göstermekte, yivsiz sütunlar ve Korint başlıklar gibi karma bir düzen göze çarpmaktadır²¹⁷.

Modelleme çalışmasında Dr. Rohn'un önerileri baz alınmıştır.

²¹⁷ Rohn 2008, 88-89.

3.4.3. Aizanoi Stadion Yapısının modellemesi

Corinna Rohn, yapılan sondajlar ve bölgede yürüttüğü çalışmalar sonucunda Stadion eklentisinin çizimlerini aşama aşama kaydetmiştir²¹⁸. Bu doğrultuda Corinna Rohn'un 6. Evre olarak nitelendirdiği mimari plan, 3D modelleme çalışmasında da altlık olarak kullanılmıştır (Fig. 76).

Tıpkı Tiyatro yapısı modellemesinde olduğu gibi, Stadion modellemesinde de extrude komutlarıyla gradus bloklarının 3D çıktısı oluşturulmuştur. Stadion Ima Cavea grubunda 12 gradus bloğu extrude komutuyla oluşturulmuş ve yerleştirilmiştir. Yapının üst katı ile alt katını ayıran Diazoma bölgesindeki açıklık, zemin kaplaması tekstüleriyle doldurulmuştur. Stadion Summa Cavea grubunda ise 18 gradus bloğu yerleşimi yapılmıştır. Summa Cavea gradus grubu, diazoma üzerinde konuşlandırılmış yüksek parapet sırasından itibaren başlatılmıştır. Bu parapetlerin yüksekliği 1.46M olarak ayarlanmış olup, Arena ile Ima Cavea'yı birbirinden ayıran orthostatların yüksekliği 1.60M olarak ayarlanmıştır. Diazoma üzerinde bulunan parapetlerin yüksekliği, Dr.Rohn'un restitüsyon önerisindeki çizimleri üzerinden tespit edilerek ayarlanmıştır (Fig. 77)²¹⁹.

Stadion yapısında yürütülen ölçüm çalışmaları neticesinde, batı tribün yapısının arena cephesindeki ortostatlarının korunmuş olması, Stadion yapısının kavis hesabının yapılmasına olanak tanımıştır. Stadion yapısının çizdiği kavis daireye tamamlandığında 862.8M'lik yarıçapa sahip bir daire oluşturmaktadır. Bu arc hesabı, aynı zamanda ima ve summa cavea grubunun yaptığı kavisi de bize vermektedir. Bu şekilde extrude edilen gradus modellerine kavis verilebilmiştir.

Bölgede halen daha ön restorasyon ve restitüsyon çalışmaları yürütülmektedir ve bloklar üzerinde tasnif işlemleri devam etmektedir. Kazı çalışmaları sırasında pek çok blok açığa çıkarılacak ve tasnifi yapılacaktır. Bu sebeple modelleme çalışmalarında bezeme detaylarına yer verilmemiş, mevcut çalışmalar ışığında genel modellemesi üzerinde durulmuştur.

Sahne binasının Stadion cephesindeki motiflerinden doric triglif ve metopları işlenmiş, Korith sütun başlıkları işlenmiş ve attic ion kaide modellemeleri

²¹⁸ Rohn 2008, 22-176-181.

²¹⁹ Rohn 2008, Tafel 89 ; Aizanoi Kazı Arşivi.

tamamlanmıştır (Fig. 78). Friz kuşağındaki sahne betimlerinin modellenmesi yapılmamıştır.

Hazırlanan Stadion modeli, katı model formatı olan .OBJ ve .STL uzantılarıyla kaydedilmiş ve Tiyatro yapısı modeline eklenmek üzere hazırlanmıştır.

Model üzerinde kullanılan mermer tekstürü, mevcutta bulunan Stadion mermeri dokusuna benzer şekilde yapılmış ve kaplama dosyası klasörlerine aktarılmıştır. Bu doku, elbette günümüzdeki halinden farklı olmalıdır, zira 1800 yıllık yapının mermer kalıntısı tahribata uğramış haldedir. Bölgede kullanılmış mermerler için en iyi korunmuş mermerden faydalanılmıştır. Bu parça sahne binasının önünde bulunmaktadır. Oldukça korunmuş vaziyette ve neredeyse ilk günkü gibi sağlam durumdadır. Gri/beyaz damarlı beyaz mermerdir. Bu parçanın fiziksel özellikleri, tüm kaplamaların oluşturulmasında temel unsur olarak kullanılmıştır.

3.4.4. Aizanoi Tiyatro ve Stadion yapılarının 3D ortamda birleştirilmesi

Bağlantılı ancak ayrı şekilde oluşturulmuş olan iki 3D modelleme, aynı ortamda birleştirilmek üzere tek dosyaya alınmıştır. Bu dosyada, mevcut ölçümler baz alınarak model oryantasyonu yapılmış ve iki yapı birleştirilmiştir. Bu şekilde, hem Dr. Corinna Rohn'un önerdiği yapı kompleksi restitüsyonuna benzer, hem de mevcut ölçümlerle kıymetlendirilmiş yeni modelleme tamamlanmıştır. İki yapının dijital ortamdaki tasarımlarının birleştirilmesinden sonra, modellenen topografya yapının model dosyasına eklenmiş ve zemin ayarları sıfırlanmıştır. Oluşturulan kompleks model yapısına gerçekçi bitki örtüsü zemin kaplaması olarak atılmıştır. Yapı dışına, önceki modelleme sırasında oluşturulan ağaçlar eklenmiştir. Bu şekilde yapı çevresinde ve içinde alınacak renderlar oldukça gerçekçi görünecektir (Fig. 79).

Işıklandırma parametreleri, tiyatro modellenmesi ve rekreasyon çalışmalarındaki parametrelerle aynı tutulmuş ve herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

Oluşturulan yeni modelleme üzerinde, her iki yapıda kullanılan dijital kaplamalar aynı forma getirilmiştir. Böylelikle mermer kaplaması ve kiremit kaplamasındaki renk farkları ortadan kaldırılmıştır.

3.4.5. Tiyatro-Stadion Yapı Kompleksinin Rekreasyonu

Yapı kompleksinin dijital modellemesi tamamlandıktan sonra tüm parametrelerle yeniden render alınmıştır. Stadion içinde, Stadion dışı doğu cephesi ve batı cephesinden, tiyatro orkestrasından, Tiyatro Summa Cavea'sından ve tüm modellemeyi görecektir şekilde yüksekte renderlar alınmıştır (Fig. 80A, 80B, 80C, 80D).

Render alımı sırasında simülatif çalışmalar da dahil edilmiştir.

Oluşturulan tasarım gerek parça parça olacak şekilde, gerekse bütün halde farklı 3D uzantılarla kaydedilebilir hale getirilmiştir. Böylelikle sanal gerçeklik, simülasyon, kaplama ve artırılmış gerçeklik sistemlerinde kullanılabilir hale getirilmiştir. 3D modelleme, güçlü ışıklandırma ve gerçekçi kaplamalar ile görülmektedir ki, gelişen teknoloji ve yeni teçhizatlar vasıtasıyla büyük kompleks yapıların ayağa kaldırıldığında nasıl görülebileceği sorusuna cevap verilebilmektedir.

Günümüzde 3D modelleme teknolojisinin restitüsyon ve restorasyon planlaması alanında getirdiği yenilikler büyük bir ilgi çekmektedir. 3D modelleme sayesinde, tarihi ve kültürel yapıların detaylı dijital kopyaları oluşturulabilmekte ve bu sayede restitüsyon planları daha doğru ve detaylı bir şekilde hazırlanabilmektedir. Restorasyon sürecinde, 3D modelleme teknikleri kullanılarak yapıların mevcut durumu dijital ortamda analiz edilebilmekte ve restorasyon planlaması daha akıllıca ve etkili bir şekilde yapılabilir hale gelmektedir. Ayrıca, 3D modelleme ile yapılan restorasyon projeleri, sonuçları önceden görmeyi sağlayarak olası hataları önlemekte ve bütçe kullanımını optimize etme konusunda da kolaylık sağlayacaktır. Bu yenilikçi yaklaşım, tarihi mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılması açısından büyük bir adım olarak kabul görme potansiyeli taşımaktadır.

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Tarihi öneme sahip kültür varlıklarının korunması ve gelecek nesillere taşınmasında çağın getirdiği yeniliklerin ve teknolojinin kullanımı önem arzeder. Sahip olunan teknolojinin kullanılması ise çağın getirdiği yenilikleri belirli bir alanda uygulayabilen bilim insanlarına olan ihtiyaca işaret eder. Dijital teknolojiler, arkeolojide analiz ve yorumlama süreçlerini, araştırma sonuçlarını yayınlama ve yaygınlaştırma sürecini etkilerken, analogdan dijital yöntemlere geçiş arkeolojinin karakterini de önemli ölçüde değiştirmiştir. Büyük verilerle doldurulan veri tabanları, çeşitli bilgi kaynaklarına kolay ve özgürce erişmeyi mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda dijital arkeolojinin en önemli katkılarından biri, veri toplama ve analiz süreçlerinde sağladığı hız ve doğruluktur. Zira geleneksel yöntemlere kıyasla, dijital araçlar ve yöntemler, daha fazla veriyi daha kısa sürede ve daha yüksek doğrulukla toplamamıza olanak tanımaktadır. Özellikle 3D modelleme, fotogrametri ve GIS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) gibi teknolojiler, arkeolojik alanların ve buluntuların detaylı belgelenmesinde büyük rol oynamaktadır. Ayrıca, dijital arkeoloji, veri yönetimi ve paylaşımı konusunda da önemli avantajlar sunmaktadır. Büyük veri kümelerinin depolanması, yönetilmesi ve diğer araştırmacılarla paylaşılması, dijital platformlar sayesinde daha kolay ve etkili hale gelmiştir. Bu durum, disiplinler arası işbirliklerini artırarak, arkeolojik araştırmaların kapsamını ve etkisini genişletmektedir. Dijital araçlar ve teknolojiler, saha çalışması, laboratuvar çalışması ve ötesindeki arkeolojik uygulamaları etkilemekte veri toplama, işleme, analiz, görselleştirme ve yaygınlaştırma dahil olmak üzere arkeolojinin tüm aşamaları, ara bağlantı ve iş akışında yaşanan temel dönüşüm süreci devam etmektedir. Teknolojinin hızlı gelişimi, arkeologların sürekli olarak yeni araç ve yöntemlere adapte olmalarını gerektirirken, arkeoloji alanında sahip olunan teknolojiyi uygulama yetkinliğine sahip bilim insanlarına duyulan ihtiyacı da artırmaktadır.

Bu çalışmada Dijital Arkeoloji ve getirdiği ilkelere sadık kalarak Aizanoi Tiyatro-Stadion yapısında ölçüm, araştırma, dijital veri analizi ve dijital ortamda yapının mevcut durumunu 3D veri şeklinde koruma altına alma ve elde edilen ölçüm verileri üzerinden yapı için simülasyon bazlı rekreasyon çalışmaları yürütülmüştür. Çalışma, dijital arkeolojik çizim, modelleme, haritalandırma ve tarama tekniklerinin yanı sıra bu sistemler bütününe bağlı olarak dijital arkeolojik çizim, modelleme, haritalandırma ve tarama tekniklerini de içermektedir. Bu Dijital Arkeolojik Sistemler, Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapı Kompleksi'nin dijital arkeoloji yöntemleriyle belgelenmesi ve analiz

edilmesine yönelik önemli katkılar sağlamıştır. Topografik ve mimari kalıntıların TotalStation ile nokta alımları sayesinde, bölgenin mevcut durumu yüksek doğrulukla dijital ortama aktarılmıştır. Bu nokta alımları, yapının hem genel hatlarını hem de detaylarını anlamamıza yardımcı olmuş, gelecekteki restorasyon çalışmaları için sağlam bir temel oluşturmuştur. Bu kapsamda Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapı Kompleksinde gerçekleştirilen Dijital Arkeoloji ve Arkeometri Çalışmaları sonucu elde edilen verilere dayanarak koruma önerileri getirilmiştir. örneğin Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapı Kompleksi'nin dijital arkeoloji yöntemleriyle belgelenmesi ve analiz edilmesine yönelik önemli katkılar sağlayan Dijital Arkeolojik Sistemlerin kullanımı, (topografik ve mimari kalıntıların TotalStation ile nokta alımları yapılarak) bölgenin mevcut durumunun yüksek doğrulukla dijital ortama aktarılmasını sağlamıştır. Bu nokta alımları, yapının hem genel hatlarını hem de detaylarını anlamamıza yardımcı olmuş, gelecekteki restorasyon çalışmaları için sağlam bir temel oluşturmuştur. Çalışmada, TotalStation kullanılarak yapılan topografik ve mimari nokta alımları, lazer tarama ve fotogrametri teknikleri ile oluşturulan 3D model, yapı kompleksinin detaylı bir dijital kaydını oluşturmuştur. Bu 3D model, antik yapının daha iyi korunmuş halini gözler önüne sermekte ve gelecekteki restorasyon çalışmaları için önemli bir referans noktası sunmaktadır.

Dijital arkeolojik sistemler bütününe bağlı olarak mimari çizim, modelleme, haritalandırma ve tarama tekniklerinin Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapı Kompleksi'nde yapılan arkeolojik araştırmalara olan etkisi incelendiği çalışmada elde edilen bulgular, bu dijital tekniklerin arkeolojik saha çalışmalarını nasıl dönüştürdüğünü ve geliştirdiğini açıkça göstermektedir. Dijital arkeolojik çizim, geleneksel el çizimlerinin yerini giderek dijital çizim araçları ile almaktadır. CAD (Computer-Aided Design) yazılımları, arkeolojik buluntuların ve alanların daha hassas ve detaylı çizimlerinin yapılmasına imkân tanır. Dijital çizimler, hem doğruluk hem de tekrar kullanılabilirlik açısından önemli avantajlar sunar. Ayrıca, bu çizimlerin dijital ortamda kolayca paylaşılması ve arşivlenmesi, araştırmacılar arasında işbirliğini artırır. Buna paralel olarak, 3D modelleme teknolojileri, arkeolojik alanların ve eserlerin üç boyutlu temsilini sağlar. Fotogrametri ve lazer tarama (LiDAR) gibi yöntemler, yüksek çözünürlüklü ve detaylı modeller oluşturulmasına imkân tanır. Bu modeller, arkeolojik yapıların ve objelerin dijital olarak korunmasına, analiz edilmesine ve sergilenmesine olanak tanır. 3D modeller, restorasyon ve koruma çalışmalarında da kritik bir rol oynar, zira yapıların orijinal hallerinin yeniden oluşturulmasına yardımcı olur. Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS), arkeolojik verilerin coğrafi bağlamda analiz edilmesini ve görselleştirilmesini sağlar.

GIS, arkeologların kazı alanlarını, buluntu yerlerini ve çevresel verileri haritalandırmasına ve analiz etmesine yardımcı olur. Bu teknolojinin kullanımı, arkeolojik alanların daha iyi anlaşılmasını ve korunmasını sağlar. Ayrıca, GIS tabanlı analizler, arkeolojik hipotezlerin test edilmesine ve yeni araştırma sorularının oluşturulmasına yardımcı olur. Yer radarı (GPR), manyetometre ve LiDAR gibi tarama teknikleri, arkeolojik alanların yüzey altı özelliklerini ve topografyasını ortaya çıkarır. Bu teknikler, kazı yapılmadan önce alanların incelenmesine ve potansiyel buluntu yerlerinin belirlenmesine olanak tanır. Tarama teknikleri, arkeolojik kazıların daha hedeflenmiş ve verimli olmasını sağlar, zaman ve maliyet tasarrufu sunar. Yakın resim fotogrametrisi tarihi eserlerin dokümantasyonunda veri elde etme ve 3 boyutlu modelleme tekniklerinin gelişimine bir ivme kazandırmıştır. 3 boyutlu fotogrametrik modellerinin, ayrıntılı ve gerçekçi bir görüntü elde etmede etkili olarak kullanılabilirdiği söylenebilir. Dijital görüntüler sayesinde bu modellerin oluşturulması için, her geçen gün daha gerçekçi modeller üretilmektedir. Geliştirilen modern uzaktan algılama teknolojisi ve yöntemi artık sahalara yerleştirilebilen, iş yapabilen ve Karasal Lazer Tarama gibi önceki teknolojilere oranla daha gelişmiş yöntemler içermektedir. İçinde bulunduğumuz dönem algılama bakımından son derece hızlı gelişmektedir. Bilgisayar görme tabanlı 3D tarayıcılar, kameralar ve sensörler, gerçek zamanlı veri işlemede kullanılabilen mobil veya web uygulamaları ve veri paylaşımı için etkileşimli platformlar çok yönlü teknolojilerin hızla yayılması ile çok sayıda kullanıcıya ulaşabilmektedir. Dijital arkeolojik çizim, modelleme, haritalandırma ve tarama teknikleri, arkeolojik araştırmaların doğruluğunu, verimliliğini ve etkinliğini önemli ölçüde artırır. Bu dijital yöntemler, arkeologların daha kapsamlı ve detaylı veriler toplamasına, analiz etmesine ve paylaşmasına olanak tanır. Gelecekte, bu teknolojilerin daha da gelişmesi ve yaygınlaşması, arkeolojik araştırmaların kapsamını genişletecek ve geçmişi daha iyi anlamamıza yardımcı olacaktır. Dijital tekniklerin entegrasyonu, arkeolojinin modern bilimsel disiplinler arasındaki yerini sağlamlaştıracak ve kültürel mirasın korunmasına yönelik çabaları destekleyecektir. Dijital arkeoloji, arkeolojik araştırmaların verimliliğini ve doğruluğunu artıran, veri yönetimini kolaylaştıran ve işbirliklerini teşvik eden güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Gelecekte, bu teknolojilerin daha da geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, arkeolojinin dijital dönüşümünü daha da hızlandıracaktır. Dijital arkeolojik süreçlerin etkin bir şekilde uygulanması, geçmişin izlerini daha iyi anlama ve koruma çabalarımızı güçlendirecektir.

Tüm bu kavram ve teknikler ışığında Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapı Kompleksi'nde, dijital arkeoloji çalışmaları yürütülebilmıştır. Çalışma kapsamında, Drone ile Fotogrametri yöntemleri, GPS Cors ve Total Station kullanılarak yapının mevcut durumu ortaya çıkarılmıştır. Bu tekniklerin kullanımı, yapının mevcut durumunun yüksek doğrulukla belgelenmesini ve 3D modelinin oluşturulmasını sağlamıştır. Fotogrametri ve Drone teknolojileri, yapı kompleksinin hızlı ve detaylı bir şekilde belgelenmesini mümkün kılmıştır. GPS Cors ve Total Station ise, yapının koordinatlarının hassas bir şekilde belirlenmesine ve mevcut durumunun topografik olarak haritalandırılmasına olanak tanımıştır. Bu yöntemlerin kombinasyonu, yapının dijital ortamda yüksek doğrulukla temsil edilmesini sağlamıştır. Oluşturulan dijital model, hem bilimsel araştırmalar hem de kültürel mirasın korunması açısından büyük bir öneme sahiptir. 2020 yılında yürütülen çalışmalarda yeterli önlem alınmaması sebebiyle yıkılan Tiyatro yapısı Orchestra bölgesindeki parapet ve orthostatların, yıkılmadan önceki hali de bu çalışma vasıtasıyla dijital ortamda belgelenmiştir. Bu çalışma sistemi, müdahale öncesi ve sonrasında gerçekleştirildiği takdirde tüm değişimlerin üçboyutlu şekilde bilgisayar ortamında takip edilebilmesine ve belgelenmesine olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda rekreasyon, simülasyon ve sanal ortamda deneyimleme (VR) gibi yenilikçi yaklaşımlar üzerinde çalışmak üzere zemin hazırlamaktadır. Ölçümler ve fotogrametrik çalışmalar neticesinde oluşturulmuş yapının mevcut modeli üzerinde yapılan 3D modelleme çalışması, Dr. Corinna Rohn'un çalışmalarında yapının 6. evresi olarak nitelendirilen ve son iyi durumundaki hali baz alınarak bir rekreasyon çalışması gerçekleştirmek üzerinedir. Bu rekreasyon çalışması, bir restorasyon önerisi şeklinde değil, dijital arkeolojik çalışmalar bünyesinde oluşturulabilir sanal gerçeklik ve tasviri model oluşturma amacıyla yapılmıştır. Bu sayede, yapının geçmişteki halinin dijital ortamda canlandırılması ve görselleştirilmesi mümkün olmuştur. 3D modelleme ve simülasyon çalışması, antik yapının tarihsel evrimini ve orijinal formunu daha iyi anlamamıza yardımcı olmaktadır. Bu simülasyon, yapının geçmişteki durumunu temsili olarak canlandırarak, tarihsel süreç içerisindeki değişimlerini ve gelişimini analiz edebilmeye olanak tanımaktadır. Ayrıca, bu çalışma, arkeolojik ve mimari araştırmalar için önemli bir referans noktası oluşturmaktadır. Dijital verilerin ve modellerin, eğitim ve akademik araştırmalarda kullanılması, dijital sistemler vasıtasıyla antik kalıntının bilgisayar ortamında koruma altına alınması, kültürel mirasın korunması ve tanıtılması açısından büyük fayda sağlayacaktır. Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapı Kompleksi üzerinde gerçekleştirilen bu dijital arkeoloji çalışması, geçmişini anlamak ve geleceğe aktarmak için

güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma, dijital teknolojilerin arkeolojik araştırmalarda ne denli etkili olabileceğini göstermekte ve bu alandaki çalışmaların devam etmesinin önemini vurgulamaktadır. Dijital arkeolojik yöntemlerin kullanımı, yapının mevcut durumunun korunmasına ve gelecekte yapılacak çalışmalara temel oluşturmasına olanak tanımıştır. Ayrıca, oluşturulan 3D modeller ve sanal gerçeklik uygulamaları, yapının geçmişteki hali hakkında daha iyi bir anlayış sunmakta ve kültürel mirasın dijital olarak korunmasına katkıda bulunmaktadır. Sonuç olarak dijital arkeoloji, geçmişi anlamak ve geleceğe aktarmak için güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır ve bu alandaki çalışmaların devam etmesi büyük önem taşımaktadır. Bu araştırma, dijital arkeoloji yöntemlerinin antik yapıların belgelenmesi, korunması ve yeniden inşası konularında sunduğu avantajları açıkça ortaya koymaktadır. TotalStation ve fotogrametri tekniklerinin bir arada kullanılması, yüksek doğrulukta ve detaylı bir belgelemeyi mümkün kılmaktadır. Elde edilen 3D modeller ve simülasyonlar, hem bilimsel araştırmalar hem de kültürel mirasın korunması açısından önemli katkılar sağlamaktadır. Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapı Kompleksi'nde yürütülen dijital arkeoloji çalışmaları, dijital arkeolojik yöntemlerin etkinliğini ve potansiyelini açıkça ortaya koymaktadır. Gelecekte, bu teknolojilerin daha da geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, arkeolojik araştırmaların kapsamını genişletecek ve kültürel mirasın korunmasına yönelik çabaları destekleyecektir. Arkeolojideki dijital dönüş, dijital araçların artan kullanımından daha fazlasıdır. Dijital yöntemlere geçişin neden olduğu uygulamaların değişmesi, yorumlama ve analiz süreçlerinin de değişmesine yol açmaktadır. Bu, özünde yeni sorular sorma ve yeni bilgiler edinme olasılığına yol açan bir perspektif değişikliğidir. Dijital teknolojinin arkeolojideki sonuçları nicel ve nitel niteliktedir. Örneğin, nicel etki veri kümelerinin büyüklüğü ve edinme ve analiz hızıyla ilgilidir. Analizlerin artan hızının yanı sıra daha fazla verimlilik ve zamandan tasarruf prosedürlerine yönelik baskıdan etkilenen dijital iş akışlarının yorumlama süreci üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Arkeolojide analogdan dijital kayda geçişle arkeolojik yorum ve bilgi koşulları değişmiştir. Bu değişiklikler hem olumlu hem de olumsuzdur ancak genellikle bu dijital gelişmede arkeolojinin kazanacağı büyük avantajlar vardır. Ancak, yorumlama süreçlerinde farkındalık ve şeffaflık ve bunların yöntemlerden nasıl etkilendikleri gereklidir. Bu durumda etkili bir dijital arkeolojiyi mümkün kılan dikkatle planlanmış iş akışlarıyla başarılı bir şekilde birleştirilebileceğine inanılmaktadır. Her geçen gün gelişen bilişim sistemleri ve dijital yöntemlerin hayatın her alanında olduğu gibi akademik

disiplinlere de girdiği gerçeği genel olarak kabul görmektedir. Önemli olan arkeolojinin bilimsel temellerine zarar vermeden en iyi şekilde yararlanmaya çalışmaktır.

SİMGELER VE KISALTMALAR

- BIM : Building Information Modeling-Bina Bilgi Modellemesi
- CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri
- CCD : Charge-Coupled Device, (Yük Bağlı Ayrıt)
- ET : Elektronik Teodolitler
- GIS : Geographic Information Systems
- GPR : Ground Penetrating Radar-Yeraltı Radarı
- GPS : Global Positioning System- Global Konumlama Sistemi
- GIMP : GNU Image Manipulation Program
- IT : Information Technology-Bilgi Teknolojisi
- İHA : İnsansız Hava Aracı
- LiDAR: Light/Laser Detection and Ranging
- MEB : Milli Eğitim Bakanlığı
- SHGM: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
- TDK :Türk Dil Kurumu
- TS : Total Station
- UAV :Unmanned Aerial Vehicle- İnsansız Hava Aracı

KAYNAKÇA

Aizanoi Kazı Arşivi

- Akdeniz 2011 Akdeniz, G., Çetin, İ.H. ve Güler, E., “Laser total station aletinin rölöve alımında kullanımı”, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB)*, 2011, 1-5.
- Annan 2002 Annan, A.P., “GPR-History, trends, and future developments”, *Subsurface Sensing Technologies and Applications*, 3(4), 2002, 253-270.
- Bayram 2022 Bayram, G., “*Aizanoi Thymiaterionları*”, Pamukkale Üniversitesi Arkeoloji Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 2022, 28.
- Berggren 2015 Berggren Å. vd., “Revisiting reflexive archaeology at Çatalhöyük: integrating digital and 3D technologies at the trowel's edge”, *Antiquity*, 89 (344), 2015, 433-448.
- Berggren 2018 Berggren, Å.O. ve Gutehall, A., “From analogue to digital a study of documentation methods during an excavation of the neolithic flint mines at pilbladet”, Sweden, *Current Swedish Archaeology*, 26, 2018, 119-158.
- Binici 2018 Binici, K., “Bilişim teknolojilerinin bilgi merkezlerine ve hizmetlerine etkileri”, *Bilgi ve Belge Araştırmaları Dergisi*, 10, 2018, 1-22. ISSN: 2148-8975
- Bjelajac 1995 Bjelajac, V., Randy W. ve Donald B., “Ground penetrating radar survey: results from four sites in California”, *Proceedings of the Society for California Archaeology*, 8, 1995, 5-12.
- Bonde 2017 Bonde S., Coir A. ve Maines C., "Construction-Deconstruction-Reconstruction: The Digital Representation of Architectural Process at the Abbey of Notre-Dame d'Ourscamp," *Speculum* 92, 1, 2017, 288-320. <https://doi.org/10.1086/694169>

- Brun 2017 Brun, Wenche, “Når materiell kultur blir digital - ei viktig vending i norsk arkeologi”, *VIKING, Norsk Arkeologisk Årbok*, LXXX, 2017, 181–202. ISSN 0332-608x
- Bruno 2010 Bruno, F., vd., “From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition”, *Journal of Cultural Heritage*, 11, 2010, 42-49.
- Capra 2002 Capra, A., vd., “Multidisciplinary Approach for Archeological Survey: Exploring GPS Method in Landscape Archeology Studies”. *Journal of Cultural Heritage*, 3(2), 2002, 93-99.
- Castro 2020 Castro F. ve Dostal, C., “Computer Graphics for Archaeology”, *Visual Computing for Cultural Heritage*, 2020, 3-21.
- Çelik 2014 Çelik, H., Baş, N. ve Coşkun, H.G., “Taşkın Modelleme ve Risk Analizinde LiDAR Verisiyle Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi”, *GÜFBED/GUSTIJ*/ 4(1), 2014, 117-125.
- Chiabrandò 2018 Chiabrandò, F., D'Andria, F., Sammartano, G. ve Spanò, A., “UAV photogrammetry for archaeological site survey. 3D Models at the Hierapolis in Phrygia (Turkey)”, *Virtual Archaeology Review*, 9(18), 2018, 1-16
- Comer 2014 Comer D.C., “Aerial and Satellite Remote Sensing in Archaeology”, İçinde: *Encyclopedia of Global Archaeology*, Smith C. (eds), *Springer*, New York, NY, 2014.
- Cömert 2012 Cömert R., Avdan U. ve Şenkal, E., IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS), Zonguldak, 2012.
- Coşkun 2023 Coşkun, G., Özbay, F., Çevirici Coşkun, F., “Aizanoi 2022”, 43. *Kazı Sonuçları Toplantısı* (16-20 Ekim 2023 Ankara), 5. Cilt, Ankara, 2023, 195.
- Costopoulos 2016 Costopoulos, A., “Digital Archeology Is Here (and Has Been for a While)”, *Frontiers Digital Humanities*, 3(4), 2016, 1-3.

- Cruz 2014 Cruz, V., "Preservation and Collaboration: Going Digital in Archaeology Undergraduate", *Research Journal*, 14, 2014, 111-123.
- Daniels 2000 Daniels, J.J., *Ground Penetrating Radar Fundamentals* (Appendix to U.S.EPA, Region V). Ohio, 2000, 1-21.
- Davis 2020 Davis, D.S. ve Douglass, K., "Aerial and Spaceborne Remote Sensing in African Archaeology: A Review of Current Research and Potential Future Avenues", *African Archaeological Review*, 37, 2020, 9-24.
- Demirel 2015 Demirel, H. ve Şeker, D.Z., "Fotogrametrik Açık Kaynak Kodlu Yazılımlar: Yeni Bir Dönem", TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs / Konya, 2015, 122-127.
- Deperlioğlu 2010 Deperlioğlu, Ö. ve Köse, U., "Web 2.0 Teknolojilerinin Eğitim Üzerindeki Etkileri ve Örnek Bir Öğrenme Yaşantısı", Akademik Bilişim'10 - XII. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, 10 - 12 Şubat 2010, 337-342.
- Ding 2010 Ding, S., "Freehand Drawing, Transformed Digital Drawing: A Preliminary Study and Comparison", *American Society for Engineering Education*, 2010, 1-14.
- Dolan 2017 Dolan, M., "Astronomical Knowledge Transmission Through Illustrated Aratea Manuscripts", *Historical & Cultural Astronomy*, 2017, 426-427.
- Duran 2002 Duran, Z. ve Toz, G., Tarihi Eserlerin Fotogrametrik Yöntemle 3D Modellenmesine Örnek, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002, Konya, s.403-410.
- Ebert 2004 Ebert, D., "Applications of Archaeological GIS", *Canadian Journal of Archaeology*, 28 (2), 2004, 319-341.
- Eisenbeiß 2009 Eisenbeiss, H., UAV Photogrammetry, ETH Zurich for the degree of Doctor of Science, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 2009.

- Ekercin 2004 Ekercin, S. ve Üstün, B., “Uzaktan Algılamada Yeni bir Teknoloji: Lidar”, *HKMO Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, İTÜ, İstanbul, 2004, 34-38.
- Erdem 2017 Erdem, N., “Arkeolojik Amaçlı Harita Ölçüm Uygulamaları: Neronias-Eirenopolis Kurtarma Kazısı Örneği”, *Art-Sanat Dergisi*, 2017, 35-50.
- Eryılmaz 2014 Eryılmaz, S. ve Çakır H., “Bilgisayarın Tarihi Gelişimi”, *İçinde:Eğitimciler İçin Bilişim Teknolojileri*, (eds.Hüseyin Çakır ve Selami Eryılmaz), Pegem Akademi, Ankara, 2014, 2-6.
- Felicísimo 2018 Felicísimo, Á.M., Polo, M.E. ve Domínguez, G.D.R., Archaeological photography for the graphic documentation of cultural heritage, Proceedings of the 23rd International Conference on Cultural Heritage and New Technologies. CHNT 23, 2018.
- Ferrero 1990 Ferrero, D. B., Batı Anadolu'nun Eski Çağ Tiyatroları, çev. E. Özbayoğlu, İtalya Kültür Heyeti Arkeoloji Araştırmaları Bölümü, İtalyan Ulusal Araştırma Kurulu, s.162, 1990.
- Foley 1993 Foley, J., vd., “Introduction to Computer Graphics”, Reading, Mass, Addison-Wesley Professional, 1993.
- Galeazzi 2018 Galeazzi, F. ve Richards-Rissetto H., Editorial Introduction: “Web-based Archaeology and Collaborative Research”, *Journal Of Field Archaeology*, 43, 1, 2018, 51-58.
- Geray 1994 Geray, H., *Yeni İletişim Teknolojileri*, Kılıçaslan Matbaası, Ankara, 1994, 34-35.
- Gerim 2018 Gerim, V. ve Erener, A., “LIDAR Verileri İle Desteklenmiş Ortofoto Görüntülerinden Bina Tespiti Performans Değerlendirilmesi İstanbul, Küçükçekmece Örneği”, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(2), 2018, 53-61.
- Gorelick 2017 Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., ve Moore, R., “Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone”, *Remote Sensing of Environment*, 202, 2017, 18-27.

- Gunnarsson 2017 Gunnarsson, F., *Archaeological Challenges Digital Possibilities, Digital Knowledge Development and Communication in Contract Archaeology*, Licentiate Thesis, Department of Cultural Sciences, Linnaeus University, Kalmar, 2018, 1-154
- Gupta 2017 Gupta, N. ve Devillers, R., “Geographic Visualization in Archaeology”, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 24(3), 2017, 852-885.
- Hadjimitsis 2013 Hadjimitsis, D., Agapiou A., Themistocleous, K., Alexakis D. D. ve Sarris A., “Remote Sensing for Archaeological Applications: Management, Documentation and Monitoring, Remote Sensing of Environment - Integrated Approaches”, 2013.
- Hermon 2018 Hermon, S. ve Niccolucci, F., *Digital authenticity and the London charter authenticity and cultural heritage in the age of 3D digital reproductions*, (Edited by Paola Di Giuseppantonio Di Franco, Fabrizio Galeazzi and Valentina Vassallo), McDonald Institute for Archaeological Research University of Cambridge, 2018, 38.
- Hermon 2007 Hermon, S. ve Nikodem, J., “3D Modelling as a Scientific Research Tool in Archaeology”, İçinde: Posluschny, A., K. Lambers and I. Herzog (eds.), *Layers of Perception*. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Berlin, Germany, 2007.
- Hill 2019 Hill, C., “Economical Drone mapping for archaeology: Comparisons of efficiency and accuracy”, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 24, 2019, 80-91.
- Hrubý 2017 Hrubý, J., Hlásek D., Rejdovianová, Z.,vd., “A Comparison of different software solutions for 3D modelling”, İn: *Virtual Reconstructions And Computer Visualisations In Archaeological Practice*, Editors: Nenad Tasić, Predrag Novaković and Milan Horňák, CONPRA Series, IV, 2017, 49-67.

- Huggett 2018 Huggett, J, Reilly, P. ve Lock G.,“Whither Digital Archaeological Knowledge? The Challenge of Unstable Futures”, *Journal of Computer Applications in Archaeology*, 1 (1), 2018, 42-54.
- Huggett 2015 Huggett, J., “Challenging Digital Archaeology”, *Open Archaeology*, 1, 2015, 79-85.
- Huggett 2017 Huggett, J., “The Apparatus of digital archaeology”. *Internet Archaeology*, 2017, 42-54.
- Hummler 2014 Hummler, M., “Recording in archaeology”. İçinde: Smith, C. (ed.), *Encyclopedia of Global Archaeology*, Springer, New York, 2014, 6240-6245.
- ICOMOS 2017 ICOMOS 19th General Assembly, “International Principles of Virtual Archaeology”, *Principles of Seville*, 2017.
- İlçi 2016 İlçi V. ve Ozulu İ.M., “PPP yönteminin arkeolojik amaçlı ölçme uygulamalarında kullanılabilirliği: Şapinuva Kazı Alanı örneği”, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8, 3, 2016, 1-9.
- Kahveci 2017 Kahveci M. ve Can, N., İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, tanımı, dünyada ve Türkiye'deki yasal durumu, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4), 2017, 511-535.
- Kalay 2008 Kalay, Y., Kvan, T. ve Affleck, J., *New Heritage: New Media and Cultural Heritage*, Routledge Yayınları, Londra, 2008.
- Kalaycı 2018 Kalaycı, T., Arkeolojide Mekânsal Teknolojiler : Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri, İçinde: *Arkeolojide Temel Yöntemler* (Eds. Ünlüsoy S., Çakırlar C., Çilingiroğlu Ç.) Ege Yayınları, İstanbul, 2018, 69-108.
- Kaleem 2018 Kaleem Z. ve Rehmani, M.H., Amateur Drone monitoring: State-of-the-art architectures, key enabling technologies, and future research directions-IEEE Wireless Communications, 25 (2), 2018, 150-159.
- Karaarslan 2013 Karaarslan, S. V., Bilişim teknolojileri ve uzay arkeolojisi yakınsaması bağlamında uydular ile uzaktan algılama ile buluntu

- tespiti, *Türkiye Bilişim Derneği (TBD)* 30. Ulusal Bilişim Kurultayı, 2013, 1-5.
- Karaarslan 2014 Karaarslan, S.V., Arkeoloji ve bilişim teknolojilerinin yakınsaması, *Aylık Bilişim Kültürü Dergisi*, Türkiye Bilişim Derneği 42, (171), 2014, 62-70.
- Karakoç 2014 Karakoç F., AutoCAD 2B Uygulamaları, Dumlupınar Üniversitesi, 2014, 1-26.
- Kersten 2012 Kersten T.P. ve Lindstaedt M., Image-Based Low-Cost Systems for Automatic 3D Recording and Modelling of Archaeological Finds and Objects. In: Ioannides M., Fritsch D., Leissner J., Davies R., Remondino F., Caffo R. (eds) Progress in Cultural Heritage Preservation. EuroMed 2012. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 7616. Springer, Berlin, 2012.
- Khan 2018 Khan, S. ve Mohiuddin, K., Evaluating the parameters of ArcGIS and QGIS for GIS Applications, *International Journal of Advance Research in Science and Engineering*, 7, special issue 03, 2018, 582-594.
- Kimball 2014 Kimball, J.J.L., 3D Delineation: A modernisation of drawing methodology for field archaeology (Master's Thesis), Department of Archaeology & Ancient History, Lund University, 2014.
- Krantz 2012 Krantz, P. ve Smith, M., Arkeologisk information i kulturmiljösystemet. Slutrapport i Delprojekt 3. Visby: Riksantikvarieämbetet, 2012, 1-17.
- Lambrou 2018 Lambrou, E., Modeling the deviations of the reflectorless distance measurement due to the laser beam's incident angle, *International Journal of Applied Science and Technology*, 8(1), 2018, 11-23.
- Larsson 2017 Larsson, Å.M., vd., Digitising the Archaeological Process at the Swedish National Heritage Board: producing, managing and sharing archaeological information, *Internet Archaeology*, 2017, 43.

- Laudon Laudon, K.C. ve Laudon, J.P., Management Information Systems Managing the Digital Firm, Thirteenth Edition, Pearson Education Limited, 2014, 45.
- Lercari 2016 Lercari, N., Terrestrial Laser Scanning in the Age of Sensing İçinde: *Digital Methods and Remote Sensing in Archaeology Archaeology in the Age of Sensing*, (Eds: Maurizio Forte Stefano Campana), Springer International Publishing Switzerland, 2016, 4.
- Levy 2007 Levy, T.E. and Smith, N.G., On-Site GIS Digital Archaeology, GIS-based Excavation Recording in Southern Jordan, İn: *Crossing Jordan: North American contributions to the archaeology of Jordan*, Equinox Pub. Ltd., 2007, 47-58.
- Lienhart 2016 Lienhart, W., Ehrhart, M. ve Grick, M., "High frequent total station measurements for the monitoring of bridge vibrations", *J. Appl. Geodesy*, 11, 2016, 1-8.
- Longfellow 1903 Longfellow, W. P. P., A Cyclopaedia of Works of Architecture in Italy, Greece, and the Levant, New York Charles Scribner's Sons, 1903, xxxii.
- Manataki 2015 Manataki, M. vd., GPR: Theory and Practice in Archaeological Prospection, İçinde: *Best Practices of GeoInformatic Technologies for the Mapping of Archaeolandscapes*, 2015.
- MEB 2012 Milli Eğitim Bakanlığı, Fotoğraf ve Grafik, Objektifler 13GIM043, Ankara, 2012, 16.
- Morgan 2012 Morgan, C. ve Eve, S., DIY and digital archaeology: what are you doing to participate? *World Archaeology*, 44, 4, 2012, 521-537.
- Olivito 2016 Olivito, R., Taccola, E. and Albertini, N., Cultural Heritage and Digital Technologies, İçinde: *Quantitative Methods in the Humanities and Social Sciences*, (Eds: Maurizio Forte, Stefano Campana), Springer International Publishing Switzerland, 2016, 475-494.
- Orhan 2018 Orhan A. ve Genç, S.Y., Bilişim Teknolojisindeki Gelişmenin Sosyoekonomik Etkileri, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları*

- Dergisi / Journal of Management and Economics Research*, 16 (Özel Sayı), 2018, 264-275.
- Özener 2006 Özener, A., Arkeoloji Biliminde Fotoğraf Teknikleri, 18 Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, 2006.
- Özer 2022 Özer, E., Türkan, A., Erdinç, Z., “Aizanoi Antik Kenti 2019 ve 2020 Kazı Sezonları Kazı ve Araştırmaları”, *2019-2020 Yılı Kazı Çalışmaları*, Cilt 2, Ankara, 2022, 24-30.
- Özgül 2015 Özgül, B., Gelişen bilişim teknolojilerinin merkezden ve yerinden yönetim anlayışlarına etkisi, *The Journal of Academic Social Science*, 3 (9), 2015, 457-473.
- Pace 1995 Pace, S., vd., The global positioning system: Assessing national policies. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 1995.
- Parcak 2009 Parcak, S.H., Satellite Remote Sensing For Archaeology, Routledge Taylor and Francis Group, 2009, 1-286.
- Pehlivan 2019 Pehlivan, H., Robotik total station ve GNSS ölçümlerinin analizi, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 2019, 1018-1027.
- Perry 2018 Perry S. ve Taylor J. S., Theorising the Digital: A Call to Action for the Archaeological Community. In: Matsumoto, M. ve Uleberg, E. (eds). Oceans of Data: Proceedings of the 44th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, 2018, 11-22.
- Polat 2016 Polat N. ve Uysal, M., Hava Lazer Tarama Sistemi, Uygulama Alanları ve Kullanılan Yazılımlara Genel Bir Bakış, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi (AKÜ FEMÜBİD)*, 16, 2016, 679-692.
- Popescu 2019 Popescu, G., vd., Advantages of realistic representation of a geographic area by combining optical and LiDAR data, captured with UAVs. *Journal of Civil Engineering*, 8, 2019, 169-174.

- Pospíšil 2012 Pospíšil J., Digital Reconstruction of Archaeological Finds, Masarykova Univerzita Fakulta Informatiky, Master Thesis, Brno, jaro, 2012.
- Psimoulis 2008 Psimoulis, P. ve Stiros, S., “Experimental assessment of the accuracy of GPS and RTS for the determination of the parameters of oscillation of major structures”, *Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 23, 2008, 389-403.
- PWC 2018 Pwc ve Agoria, A Drone’s eye view, 2018, 1-54.
- Rabinowitz 2016 Rabinowitz, A., Response: Mobilizing (Ourselves) for a Critical Digital Archaeology. I Mobilizing the Past for a Digital Future: The Potential of Digital Archaeology, redigert av Erin Walcek Averett, Jody Michael Gordon og Derek B. Counts, 2016, 493–520.
- Reda 2012 Reda A. ve Bedada B., Accuracy analysis and Calibration of Total Station based on the Reflectorless Distance Measurement, Master of Science Thesis in Geodesy, School of Architecture and the Built Environment, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden, 2012, 54.
- Remondino 2011 Remondino, F., Heritage recording and 3D modelling with photogrammetry and 3D scanning, *Remote Sensing*, Vol. 3, 2011, 1104-1138.
- Richards 1998 Richards J.D., Recent trends in computer applications in archaeology, *Journal of Archaeological Research*, 6, (4), 1998, 331-382.
- Rogers 2000 Rogers, D., An introduction to NURBS: With historical perspective. San Francisco: Elsevier, 2000.
- Rohn 2008 Rohn, C., “Der Theater-Stadion-Komplex Von Aizanoi”, Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus, Mimarlık Fakültesi, Doktora Tezi, Brandenburg, 2008.
- Saldana 2015 Saldana, M., “An Integrated Approach to the Procedural Modelling of Ancient Cities and Buildings”, *Digital Scholarship in the Humanities*, Cilt: XXX/1, 2015, 148-163.

- Schofield 2007 Schofield W., Breach M., Engineering Surveying, UK, Elsevier Ltd., 2007, 622.
- Scollar 1999 Scollar, I., 25 Years of Computer Applications in Archaeology. In: Dingwall, L, Exon, S, Gaffney, V, Laflin, S and van Leusen, M (eds.), Archaeology in the Age of the Internet. CAA97. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, 1999, 5-10.
- Sevin 1999 Sevin V., *Arkeolojik Kazı Sistemi El Kitabı*, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul, 1999, 15.
- Siebke 2018 Siebke, I., Campana, L., Ramstein, M., vd., The application of different 3D-scan-systems and photogrammetry at an excavation - A Neolithic dolmen from Switzerland, *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 10, e00078, 2018, 2-11.
- Steinbuch 1957 Steinbuch, K., Informatik: Automatische Informationsverarbeitung. In: SEGNachrichten (Technische Mitteilungen der Standard Elektrik Gruppe) – Firmenzeitschrift 4, 1957, 171.
- Stobiecka 2018 Stobiecka, M., Digital Escapism: How Do Objects Become Deprived of Matter, *Journal of Contemporary Archaeology*, 5,2, 2018, 1-19. ISSN 2051-3429
- Suarez 2019 Suarez, M., Parke, F. ve Castro, F., A Procedural approach to computer-aided modelling in Nautical Archaeology İn: *3D Recording and Interpretation for Maritime Archaeology*, 2019, 123-134.
- Sürücü 2016 Sürücü O. ve Başar M.E., Kültürel Mirası Korumada Bir Farkındalık Aracı Olarak Sanal Gerçeklik, *Artium*, 4 (1), 2016, 13-26.
- Tanasi 2020 Tanasi, D., The digital (within) archaeology. Analysis of a phenomenon, *The Historian*, Volume 82, Issue, 2020, 22-36.
- Tapete 2018 Tapete, D., Remote Sensing and Geosciences for Archaeology, *Geosciences* 8, 41, 2018, 1-10.

- Tasić 2017 Tasić, N.N., About Digital Field Documentation, İn: Virtual Reconstructions And Computer Visualisations In Archaeological Practice, Editors: Nenad Tasić, Predrag Novaković and Milan HorňákCONPRA Series, Vol. IV, 2017, 23-25.
- Tercan 2017 Tercan E., İnsansız hava aracı kullanılarak antik kent ve tarihi kervan yolunun fotogrametrik belgelenmesi: Sarıhacılar örneği, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 2017, 633-642.
- Torun 2017 Torun, A., İnsansız Hava Aracı (İHA) sektöründe trend: İHA fotogrametrisi bakışıyla, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17, Özel Sayı, 2017, 35-52.
- Tüker 2015 Tüker, Ç., Üç boyutlu sayısal ortam araçlarının görsel iletişim tasarımı bağlamında öğretimi: Bir Lisans dersi örneği, *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication – TOJDAC*, 5 (4), 2015, 37-56.
- Uslu 2017 Uslu A. ve Uysal M., Arkeolojik eserlerin fotogrametri yöntemi ile 3 boyutlu modellenmesi: Demeter Heykeli örneği, *Geomatik Dergisi*, 2(2); 2017, 60-65.
- Vareaa 2013 Vareaa, S. ve Lemerle, J.-B., Archaeological rescue excavation and digitalization of cultural heritage, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-5/W2, XXIV International CIPA Symposium, 2 – 6 September 2013, Strasbourg, France, 2013, 669-673
- Varinlioğlu 2018 Varinlioğlu, G., In situ visualization of underwater cultural heritage, İçinde: *Miras 4, Heritage In Context 2*, (Eds:Katja Piesker, Burcu Akan, Duygu Göçmen, Seçil Tezer Altay), Ege Yayınları. 2018, 191-200.
- Wegen 2019 Wegen W.v., Which photogrammetry solutions are surveyors waiting for? Geomares Publishing. *The Global Magazine for Geomatics*, Volume 33, 2019.

INTERNET KAYNAKLARI

URL 1, 2020

3Ds Max İçin Bilgisayar Özellikleri Ne Olmalıdır? <https://3dsahnesi.com/3ds-max-icin-bilgisayar-ozellikleri-ne-olmalidir/> (Son Erişim Tarihi: 21.05.2020).

URL 2, 2020

Adobe Illustrator Nedir Ne İşe Yarar, 17 Ocak 2010. <https://www.grafiktasarimmedya.com/adobe-illustrator-nedir-ne-ise-yarar.html> (Son Erişim Tarihi: 20.01.2020).

URL 3, 2020

Anwar, A.R., Functionality differences between ArcGIS and QGIS, Department of Space Science, University of the Punjab, Lahore. <http://www.suparco.gov.pk/pages/presentations-pdf/day-2/session-2/13B-III/3.pdf> (Son Erişim Tarihi: 24.05.2020)

URL 4, 2024

ARC, Automatic Reconstruction Cloud, Convert your images into 3D. <https://www.arc3d.ae/> (Son Erişim Tarihi: 23.05.2024).

URL 5, 2024

ArcGIS tutorials. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/main/get-started/arcgis-tutorials.htm> (Son Erişim Tarihi: 23.05.2024).

URL 6, 2024

Archeological Remote Sensing, https://weather.msfc.nasa.gov/archeology/remote_sensing.html (Son Erişim Tarihi: 10.02.2024).

URL 7, 2023

Arkeolojide Uydular Üzerinden Uzaktan Algılama Sistemleri. http://www.arkeotekno.com/pg_223_arkeolojide-uydular-uzerinden-uzaktan-algilama-sistemleri (Son Erişim Tarihi: 17.05.2023).

URL 8, 2021

Buczowski, A. (2018). “Drone LiDAR or photogrammetry? Everything you need to” know.<http://geoawesomeness.com/Drone-lidar-or-photogrammetry-everything-you-need-to-know/> (Son Erişim Tarihi: 10.12.2021).

URL 9, 2024

Bursalı, A., Ürdün’deki Petra’da Devasa Büyüklükte Yeni Bir Yapı Bulundu, 2016. <https://arkeofili.com/urdundeki-petrada-devasa-buyuklukte-yeni-bir-yapi-bulundu/> (Son Erişim Tarihi: 23.05.2024).

URL 10, 2022

CBS Nedir? <https://www.esri.com.tr/tr-tr/cbs-nedir/genel-bakis> (Son Erişim Tarihi: 08.11.2022).

URL 11, 2020

Celebrating the Advent of Digital Mapping, 2015, <https://www.esri.com/about/newsroom/arcnews/celebrating-the-advent-of-digital-mapping/> (Son Erişim Tarihi: 11.03.2020).

URL 12, 2020

Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Weherg, J., vd. (2015). System for automated geoscientific analyses (SAGA) v. 2.1.4. Geoscientific Model Development, 8(7), 1991–2007. <https://doi.org/10.5194/gmd-8-1991-2015>. (Son Erişim Tarihi: 28.01.2020).

URL 13, 2020

Corel Draw Nedir? 24 Ekim 2014. <https://bilgi-sayar.net/corel-draw-nedir/> (Son Erişim Tarihi: 28.01.2020).

URL 14, 2020

Divya Joshi, 2019, Drone technology uses and applications for commercial, industrial and military Drones in 2020 and the future. <https://www.businessinsider.com/Drone-technology-uses-applications>. (Son Erişim Tarihi: 28.01.2020).

URL 15, 2024

Drone ile 3D Haritalama, <http://www.arceproje.com.tr/faaliyet-detay/Drone-ile-3d-haritalama> (Son Erişim Tarihi: 23.05.2024).

URL 16, 2020

Drone Kamera ve Gimballeri <https://www.Dronemarket.com/kategori/Drone-kamera-ve-gimballeri> (Son Erişim Tarihi: 28.01.2020).

URL 17, 2024

Ekran Görüntüsü Yakalama. <https://www.nedirnedemek.com/screen-capture-ne-demek> (Son Erişim Tarihi: 23.05.2024).

URL 18, 2020

Gizli Maya Uygarlığı, <http://www.larendem.com/dunya-tarihi/gizli-maya-uygarligi.html> (Son Erişim Tarihi: 22.04.2020).

URL 19, 2020

GPR Radar Nedir Nerelerde Kullanılır,2018. <https://defineavcisi.info/dedektor/gpr-radar-nedir-nerelerde-kullanilir/> (Son Erişim Tarihi: 22.04.2020).

URL 20, 2020

Grahame Johnston, What is Experimental Archaeology? <http://www.archaeologyexpert.co.uk>, 2010. (Son Erişim Tarihi: 05.03.2020).

URL 21, 2020

GRASS Development Team. (2018). Geographic Resources, Analysis Support System (GRASS) Software (Version 7.4). Open Source Geospatial Foundation. <https://grass.osgeo.org> (Son Erişim Tarihi: 22.05.2020).

URL 22, 2020

Ground Penetrating Radar/Jeoradar, <http://zeminrastirma.net/jeoradar.html> (Son Erişim Tarihi: 22.05. 2020).

URL 23, 2020

Hijmans, R. J. (2019). raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version, 2, 9–5 <https://CRAN.Rproject.org/package=raster>. (Son Erişim Tarihi: 22.05.2020).

URL 24, 2022

<http://smartheritage.com/seville-principles/seville-principles>. (Son Erişim Tarihi: 21.04.2022)

URL 25, 2023

<http://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview>. (Son Erişim Tarihi: 22.02.2023).

URL 26, 2023

<http://www.sketchup.com/>. (Son Erişim Tarihi: 11.11.2023).

URL 27, 2020

<http://www.teknikerik.com/render-nedir.html> (Son Erişim Tarihi: 15.03.2020).

URL 28, 2020

<https://3dnews.ru/921277> (Son Erişim Tarihi: 21.03.2020).

URL 29, 2020

<https://cadsay.com/catia-nedir> (Son Erişim Tarihi: 21.03.2020).

URL 30, 2022

<https://findwords.info/term/pseudorange> (Son Erişim Tarihi: 08.11.2022).

URL 31, 2022

<https://kelimeler.gen.tr/antropojenik-nedir-ne-demek-17341> (Son Erişim Tarihi: 20.02.2022).

URL 32, 2024

<https://kvmgm.ktb.gov.tr/TR-44798/turkiye-geneli-korunmasi-gerekli-tasinmaz-kultur-varligi-.html> (Son Erişim Tarihi: 23.05.2024).

URL 33, 2020

<https://mediatrend.mediamarkt.com.tr/gimbal-nedir-ne-ise-yarar-kimlerin-ihtiyaci-vardir/> (Son Erişim Tarihi: 21.05.2020).

URL 34, 2023

<https://osmanuslublog.wordpress.com/2016/10/21/cuda-nedir/> (Son Erişim Tarihi: 20.02.2023).

URL 35, 2020

<https://sanalkurs.net/solidworks-nedir-ne-ise-yarar-nasil-ogrenilir-8347.html> (Son Erişim Tarihi: 21.03.2020).

URL 36, 2020

<https://tazemuhendis.net/2018/09/3ds-max-nedir.html> (Son Erişim Tarihi: 21.03.2020).

URL 37, 2023

<https://tr.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap> (Son Erişim Tarihi: 21.03.2023).

URL 38, 2024

https://web.pa.msu.edu/people/horvatin/Astronomy_Facts/constellation_pages/corona_borealis.htm (Son Erişim Tarihi: 21.05.2024)

URL 39, 2020

<https://www.agisoft.com/> (Son Erişim Tarihi: 21.04.2020).

URL 40, 2023

<https://www.autodesk.com.tr/products/3ds-max/overview> (Son Erişim Tarihi: 21.03.2023).

URL 41, 2023

<https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview> (Son Erişim Tarihi: 21.02.2023).

URL 42, 2023

https://www.esri.com/software/mapping_for_everyone/explorer (Son Erişim Tarihi: 24.05.2023).

URL 43, 2023

<https://www.finanspara.com/gopro-nedir/> (Son Erişim Tarihi: 11.03.2023).

URL 44, 2020

<https://www.gimp.org/> (Son Erişim Tarihi: 21.03.2020).

URL 45, 2022

<https://www.slideshare.net/BCanKARA/gps-l-ve-hesaplarn-etkileyen-hata-kaynaklar-42358689> (Son Erişim Tarihi: 08.11.2022).

URL 46, 2022

https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con (Son Erişim Tarihi: 20.02.2022).

URL 47, 2020

Illustration and Graphics. <http://www.archaeologyskills.co.uk/illustration-and-graphics/782/> (Son Erişim Tarihi: 05.03.2020).

URL 48, 2020

İnsansız Hava Aracı Kayıt Sistemi <https://iha.shgm.gov.tr/public/index?ReturnUrl=%2f> (Son Erişim Tarihi: 05.03.2020).

URL 49, 2020

insight3d. opensource image based 3d modelling software, <http://insight3d.sourceforge.net/> (Son Erişim Tarihi: 05.03.2020).

URL 50, 2020

Karaarslan, S. V., Remote Sensing For Archaeology, 2017, http://www.arkeotekno.com/pg_243_remote-sensing-for-archaeology (Son Erişim Tarihi: 10.01.2020).

URL 51, 2020

Leutner, B. Horning, N., & Schwalb-Willmann, J. (2019). RStoolbox: Tools for remote sensing data analysis. R package version 0.2.4. <https://CRAN.R-project.org/package=RStoolbox> (Son Erişim Tarihi: 16.04.2020).

URL 52, 2020

LiDAR Archaeology Discoveries, <https://geodetics.com/lidar-archaeology/> (Son Erişim Tarihi: 22.05. 2020).

URL 53, 2020

Lockyear, K. (2010), Site photography in the digital age, https://www.academia.edu/36929546/Site_photography_in_the_digital_age (Son Erişim Tarihi: 12.04.2020).

URL 54, 2020

Meyers, K., Defining Digital Archaeology, (2011) <http://chi.anthropology.msu.edu/2011/10/defining-digital-archaeology/> (Son Erişim Tarihi: 05.03.2020).

URL 55, 2020

Nokta bulutu. https://en.wikipedia.org/wiki/Point_cloud (Son Erişim Tarihi: 22.05.2020).

URL 57, 2020

Ofluoğlu, S., 2011, Bilgisayar Destekli Modelleme, 1-21. <https://docplayer.biz.tr/6294909-Poligon-modelleme-poligon-ve-nurbs-modelleme-arasindaki-farki-anlamak-icin-asagidaki-kure-incelebilir.html>. (Son Erişim Tarihi: 15.03.2020).

URL 57, 2020

Ofluoğlu, S., 3DS Max Ders Notları, 2011, 1-9 <https://docplayer.biz.tr/9284538-Konu-04-poligon-modelleme.html> (Son Erişim Tarihi: 15.05.2020).

URL 58, 2020

Osm-bundler, <https://code.google.com/archive/p/osm-bundler/> (Son Erişim Tarihi: 15.05.2020).

URL 59, 2020

Patch-Based Multi-View Stereo Software (PMVS), <https://www.di.ens.fr/pmvs/> (Son Erişim Tarihi: 15.05. 2020).

URL 60, 2020

Peru'da Yeni Nasca Çizgileri Bulundu, 20 Nisan 2018. <http://www.ntboxmag.com/2018/04/20/peruda-yeni-nasca-cizgileri-bulundu/> (Son Erişim Tarihi: 15.05.2020).

URL 61, 2020

Photogrammetric 3D restitution of surfaces using free tools. <http://www.arcland.eu/capture/aerial-photography/1508-photogrammetric-3d-restitution-of-surfaces-with-free-tools> (Son Erişim Tarihi: 15.01.2020).

URL 62, 2020

QGIS Development Team. (2018). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Retrieved from <http://qgis.osgeo.org>. (Son Erişim Tarihi: 22.05. 2020).

URL 63, 2020

R Core Team. (2018). R: A language and environment for statistical computing (Version 3.5.2). <http://www.R-project.org/> (Son Erişim Tarihi: 15.05.2020).

URL 64, 2020

Revit Architecture Tanıtma ve Kullanma Kılavuzu, Sayısal Grafik (Son Erişim Tarihi: 05.04.2020).

URL 65, 2020

Revit Architecture Tanıtma ve Kullanma Kılavuzu, Sayısal Grafik Sunumu. https://www.academia.edu/20044654/Revit_sunum (Son Erişim Tarihi: 05.03.2020).

URL 66, 2020

Revit, <https://tutorialesenpdf.com/revit/> (Son Erişim Tarihi: 05.03.2020).

URL 67, 2020

Sistem Gereksinimleri. <https://smartpro.com.tr/revit-nedir/> (Son Erişim Tarihi: 15.02.2020).

URL 68, 2023

Space Archaeology: In the Realm of Resolution,2017.

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/91071/space-archaeology-in-the-realm-of-resolution> (Son Erişim Tarihi: 05.03.2023).

URL 69, 2020

Space satellite remote sensing. https://www.age-of-the-sage.org/space_archaeology/dr_sarah_parcak_discoveries.html (Son Erişim Tarihi: 05.01.2020).

URL 70, 2024

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, belgeleme. <https://www.ktb.gov.tr/TR-96128/> (Son Erişim Tarihi: 23.05. 2024).

URL 71, 2020

TDK Güncel Türkçe Sözlük (2011), 11'inci baskı, <https://sozluk.gov.tr/?kelime=bilgisayar> (Son Erişim Tarihi: 15.03.2020).

URL 72, 2020

Tietzch-Tyler, D. 2007, Archaeological Reconstruction. <http://www.dantt.net/> (Son Erişim Tarihi: 15.03. 2020).

URL 73, 2020

What are the Differences between AutoCAD and Revit? <https://www.admecindia.co.in/blog/what-are-difference-between-autocad-and-revit> (Son Erişim Tarihi: 15.03.2020).

URL 74, 2020

Yakınsak, <https://www.seslisozluk.net/konvergent-nedir-ne-demek/> (Son Erişim Tarihi: 15.03.2020).

URL 75, 2020

Yıldırım, H., 2013, Bilişim Teknolojisi Nedir? http://hamzayildirim.meb.k12.tr/icerikler/bilisim- teknolojisi-nedir_399424.html. (Son Erişim Tarihi: 15.03.2020).

FIGÜRLER LİSTESİ

Figür 1. Total Station	144
Figür 2. Drone	144
Figür 3. Drone Konsolu.....	145
Figür 4. GPR (Ground Penetrating Radar-Yeraltı Radarı).....	145
Figür 5. LiDAR entegreli Drone	146
Figür 6. LiDAR çıktısı	146
Figür 7. Kuzey Guatemala Maya uygarlığı yerleşim alanının havadan görüntüsü.....	147
Figür 8. Maya uygarlığına ait yerleşim alanının LiDAR görüntüsü	147
Figür 9. Lazer Tarayıcı.....	148
Figür 10. Revit Ekran görüntüsü	148
Figür 11. Grafik tasarım	149
Figür 12. Drone Flightstick	149
Figür 13. Mimari yapıların bilgisayar ile hazırlanan plan krokisi	150
Figür 14. Drone Fotogrametrisi.....	150
Figür 15. Hava haritalama için donanımlı RPAS - Sabit Kanatlı	151
Figür 16. Hava haritalama için donanımlı RPAS - Hexacopter.....	151
Figür 17. Yazılım tarafından gerçekleştirilen 3D koşullu görüntü	152
Figür 18. CBS (GIS) haritaları	152
Figür 19. Jeoradar haritası.....	153
Figür 20. İmplant uygulaması	153
Figür 21. İmplant uygulaması	154
Figür 22. Mimari yapıda implant	154
Figür 23. Drone'a bağlı kamera görüntüsü	155
Figür 24. Drone'a bağlı kamera görüntüsü	155
Figür 25. Drone'a bağlı kamera görüntüsü	156
Figür 26. Drone kontrolü ile çekilmiş fotoğraf.....	156
Figür 27. Dijital ortamda freehand çizim programları	157
Figür 28. Bir amphoranın iki boyutlu belgelemesinden üç boyutlu modellemesi	157
Figür 29. İonik sütun taslağı.....	158
Figür 30. Korinth başlık tipi.....	158
Figür 31. Render.....	159
Figür 32. Render.....	159
Figür 33. Render.....	160
Figür 34. AutoCAD çizimi.....	160

Figür 35. Autodesk ReCap 360 görüntüsü	161
Figür 36. Autodesk 123D Catch görüntüsü.....	161
Figür 37. ARC3D Görüntüsü	162
Figür 38. İnsight3d Görüntüsü	162
Figür 39. PMVS yazılımı ile üretilmiş 3B model	163
Figür 40. Petra'nın uydu fotoğrafı	163
Figür 41. Petra'nın Drone fotoğrafı.....	164
Figür 42. İleri işlem öncesi ve sonrası uydu görüntüsü.....	164
Figür 43. Mısır Saqqara'da piramit alanlarının görüntüleri.....	165
Figür 44. Çavdarhisar Fayı, MTA Harita verisi	165
Figür 45. Tiyatro Stadion Bölgesi İzohips Eğrisi.....	166
Figür 46. Texier'in Aizanoi Tiyatro bölgesi topografyası konusundaki yaklaşımı.	166
Figür 47. Laborde'un Çavdarhisar topografya analizi.	167
Figür 48. Elde edilen veriler ışığında oluşturulan lokal topografya modeli.....	167
Figür 49. 2020 Tiyatro yapısı çalışmaları. Blokların vinç vasıtasıyla tasnif alanlarına aktarılması.	168
Figür 50. Tiyatro yapısı, Orchestra bölgesinin su altında kalması.....	168
Figür 51. Tiyatro yapısı Orchestra bölgesinde yer alan Orthostat ve Parapet bloklarının yıkılması.....	169
Figür 52. Tiyatro yapısının Orchestra bölgesinde yer alan Orthostat ve Parapet bloklarının destek iskelesi vasıtasıyla geçici korumaya alınması.	169
Figür 53. Stellarium üzerinden Tiyatro bölgesinde güneş simülasyonu, Saat 06:00 itibariyle güneşin doğuşu.	170
Figür 54. Stellarium üzerinden Tiyatro bölgesinde güneş simülasyonu, Saat 18:06 itibariyle güneşin batışı.	170
Figür 55. Stellarium üzerinden Tiyatro bölgesinde güneş simülasyonu, Model entegrasyonu ile gündeğümü.	171
Figür 56. Stellarium üzerinden Tiyatro bölgesinde güneş simülasyonu, Model entegrasyonu ile günbatımı.	171
Figür 57. Leon De Laborde'un Aizanoi Tiyatrosu Gravürü.	172
Figür 58. Ölçüm Çalışmaları sırasında TotalStation'ın kurulduğu noktalar.	172
Figür 59. TotalStation ölçümlerinin bir araya getirilmesi sonucu ortaya çıkan nokta bulutu.	173
Figür 60. TotalStation ölçümlerinin bir araya getirilmesi sonucu ortaya çıkan nokta bulutunun son aşaması.	173
Figür 61. Fotogrametri işlemi sonucu Aizanoi Tiyatro-Stadion yapısının 3D katı modeli.....	174
Figür 62. Tiyatro yapısındaki 8 derecelik sapma.	174

Figür 63. Tiyatro yapısındaki 8 derecelik sapmanın giderilmesi.....	175
Figür 64. Aizanoi Tiyatro yapısının ölçüleri.....	176
Figür 65. Aizanoi Tiyatro yapısının oturma basamağı yükseliş açısı.	176
Figür 66. Aizanoi Tiyatro yapısının sahne binası modelleme çalışması.....	177
Figür 67. Aizanoi Tiyatro yapısının sahne binası 3D Modeli (Rohn'un önerisine göre).	177
Figür 68A. Aizanoi Tiyatro yapısının oturma basamağı modelleme çalışması.	178
Figür 69. Aizanoi Tiyatro yapısının 3D Modeli.....	179
Figür 70. Stadion çalışmaları sırasında TotalStation kurulumu yapılan bölgeler.	179
Figür 71. Tiyatro-Stadion Yapısı'nın tamamlanan plan çizimi.....	180
Figür 72. Tiyatro-Stadion Yapısının Fotogrametri verisi ve Rohn'un çalışmasının karşılaştırılması.	180
Figür 73. Geçit Yapısı Kapıları, isimlendirme ve numaraları.....	181
Figür 74. Geçit Yapısı haricinde oluşturulmuş kapılar ve numaralandırmaları.....	181
Figür 75. Stadion ölçüleri.....	181
Figür 76. Dr. Rohn'a göre Tiyatro-Stadion yapısının evreleri.....	182
Figür 77. Stadion Yapısının Modellemesi.....	182
Figür 78. Sahne Binasının Stadion Cephesi ve Gladyatör canlandırmaları.	183
Figür 79. Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapısı Modellemesinin tamamlanması	183
Figür 80A. Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapısı Modellemesi.....	184
Figür 80B. Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapısı Modellemesi, iklim motoru testi.....	184
Figür 80C. Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapısı Modellemesi, iklim motoru testi.....	185
Figür 80D. Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapısı Modellemesi, iklim motoru testi.....	185

FIGÜRLER



Figür 1. Total Station



Figür 2. Drone



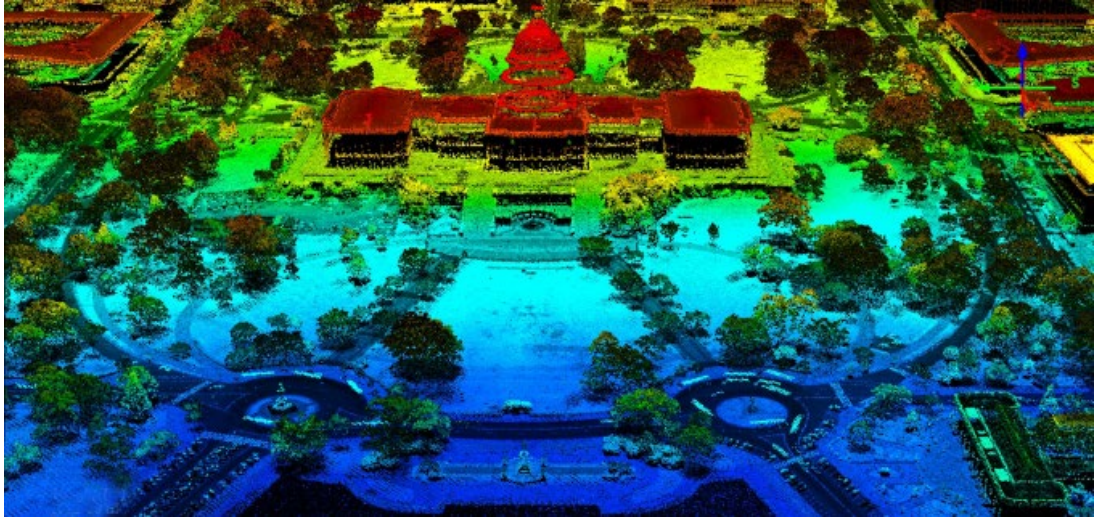
Figür 3. Drone Konsolu



Figür 4. GPR (Ground Penetrating Radar-Yeraltı Radarı)



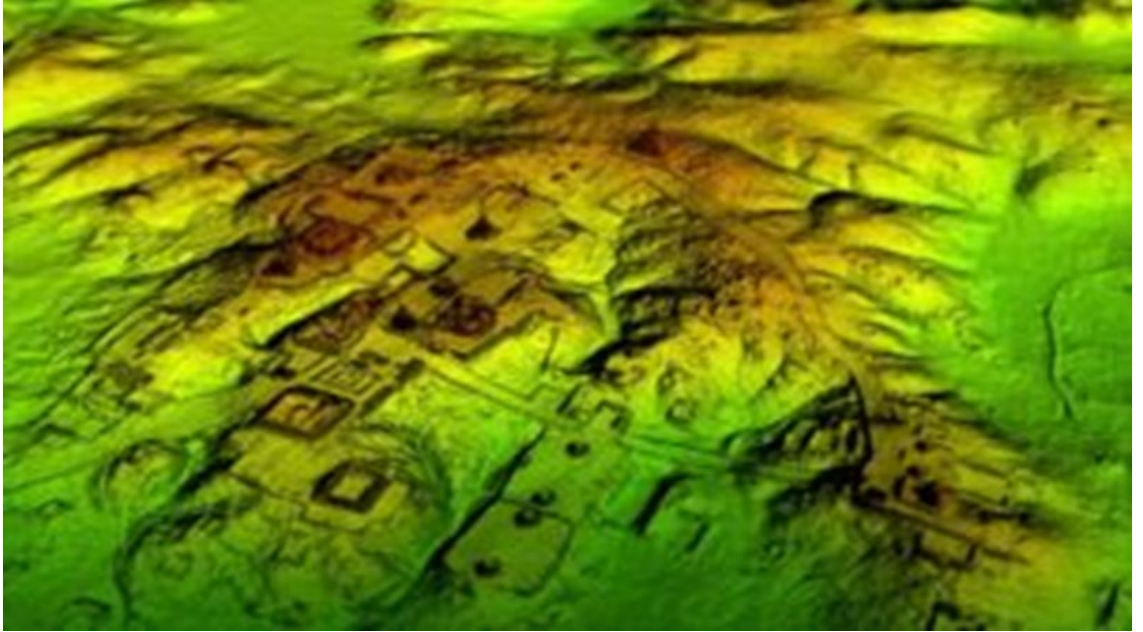
Figür 5. LiDAR entegreli Drone



Figür 6. LiDAR çıktısı



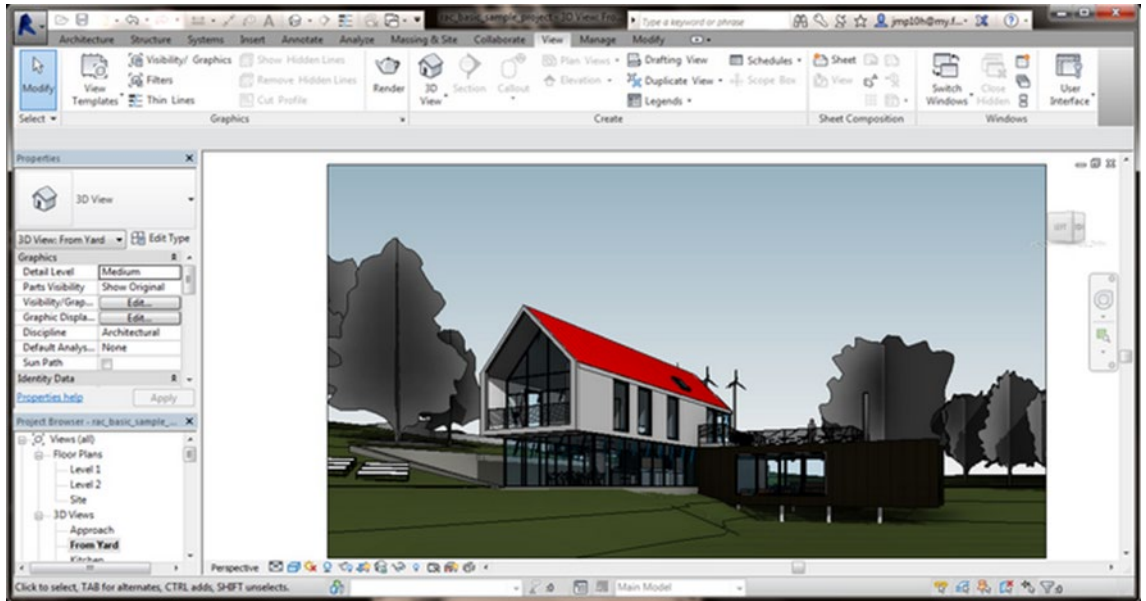
Figür 7. Kuzey Guatemala Maya uygarlığı yerleşim alanının havadan görüntüsü



Figür 8. Maya uygarlığına ait yerleşim alanının LiDAR görüntüsü



Figür 9. Lazer Tarayıcı



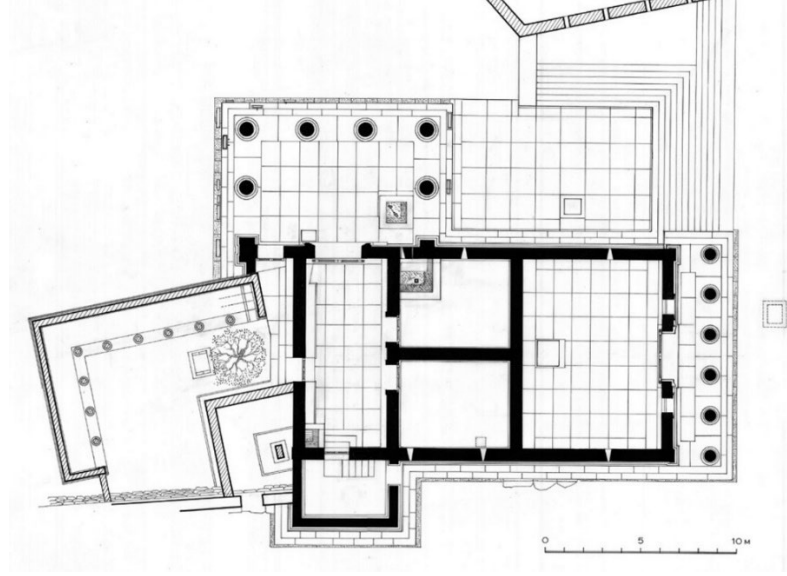
Figür 10. Revit Ekran görüntüsü



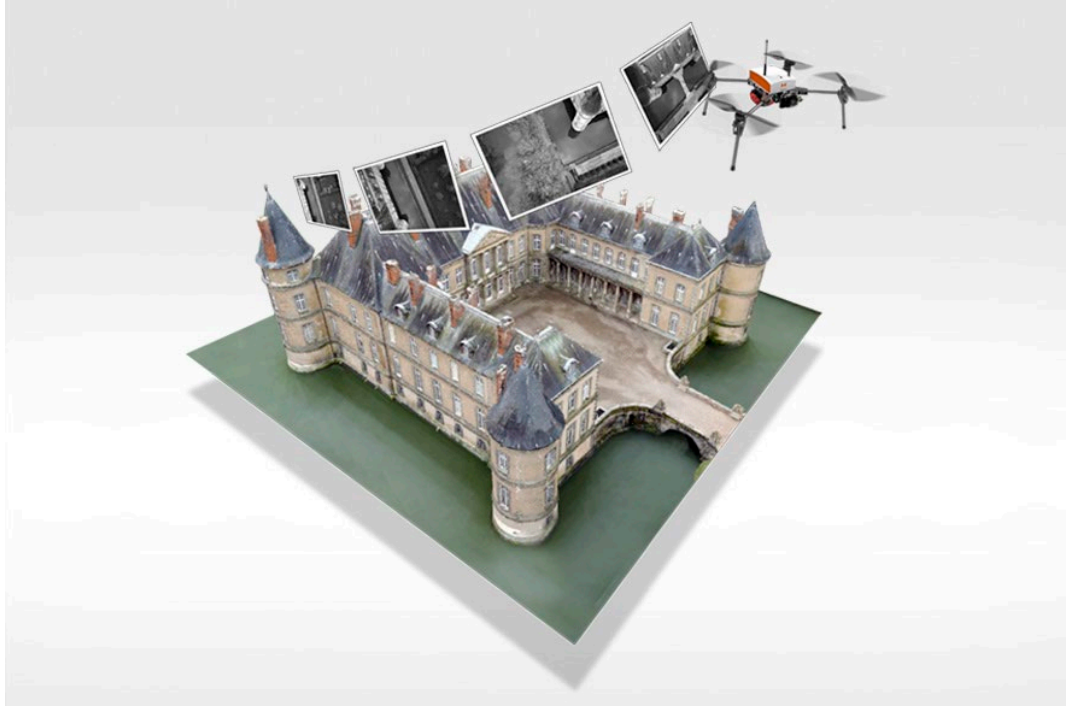
Figür 11. Grafik tasarım



Figür 12. Drone Flightstick



Figür 13. Mimari yapıların bilgisayar ile hazırlanan plan krokisi



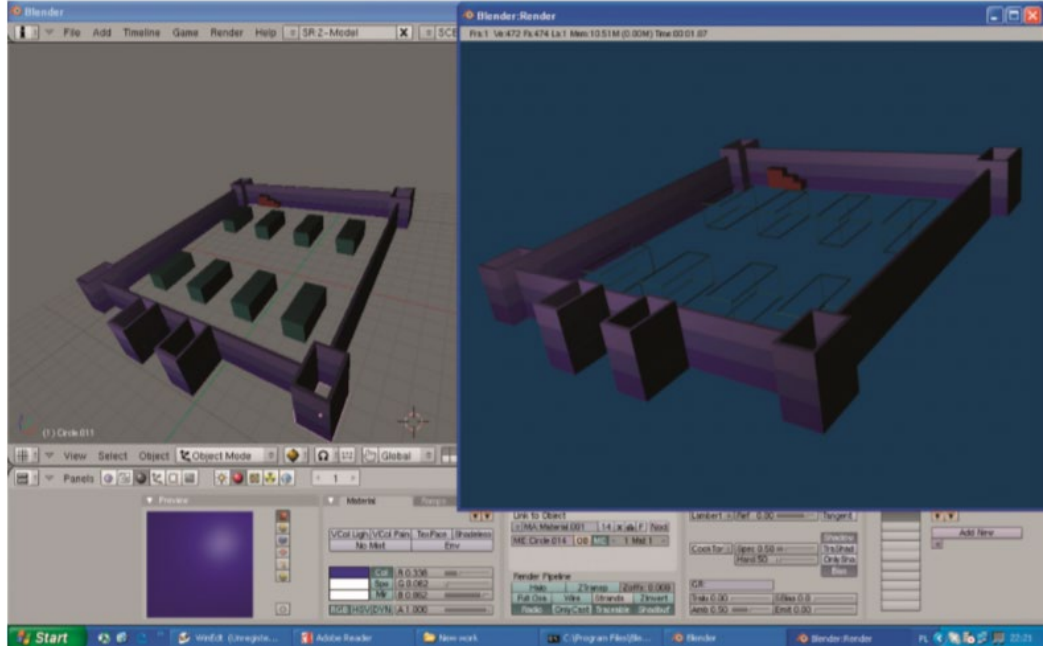
Figür 14. Drone Fotogrametrisi



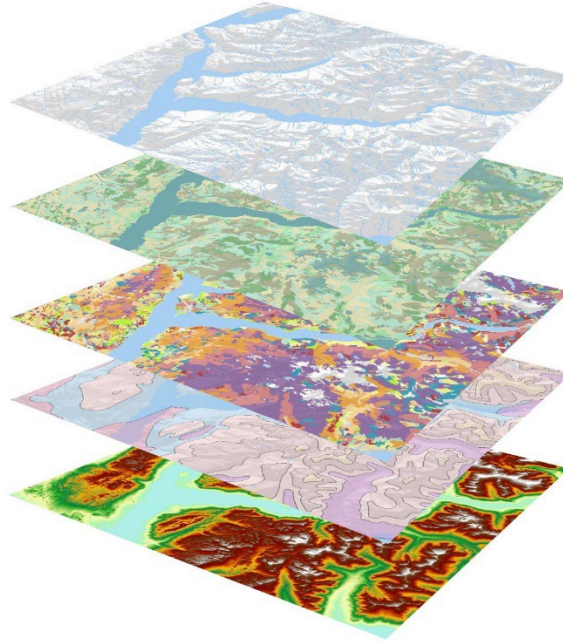
Figür 15. Hava haritalama için donanımlı RPAS - Sabit Kanatlı



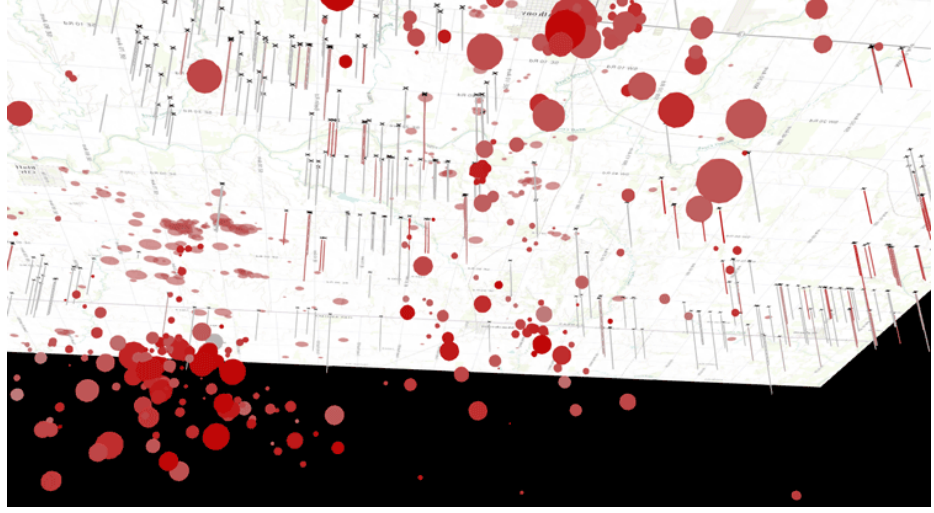
Figür 16. Hava haritalama için donanımlı RPAS - Hexacopter



Figür 17. Yazılım tarafından gerçekleştirilen 3D koşullu görüntü



Figür 18. CBS (GIS) haritaları



Figür 19. Jeoradar haritası



Figür 20. İmplant uygulaması



Figür 21. İmplant uygulaması



Figür 22. Mimari yapıda implant



Figür 23. Drone'a bağlı kamera görüntüsü



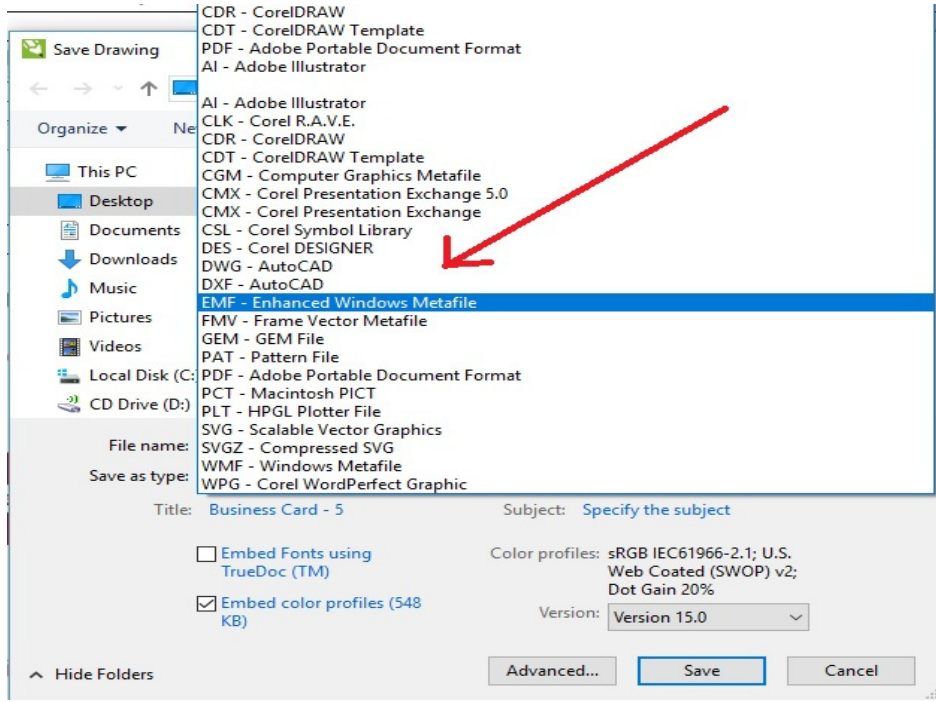
Figür 24. Drone'a bağlı kamera görüntüsü



Figür 25. Drone'a bağlı kamera görüntüsü



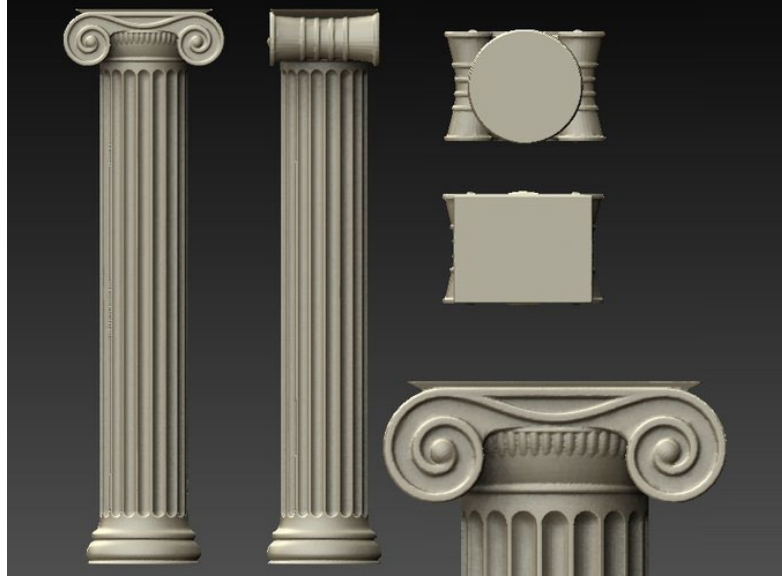
Figür 26. Drone kontrolü ile çekilmiş fotoğraf



Figür 27. Dijital ortamda freehand çizim programları



Figür 28. Bir amphoranın iki boyutlu belgelemesinden üç boyutlu modellenmesi



Figür 29. İonik sütun taslağı



Figür 30. Korinth başlık tipi



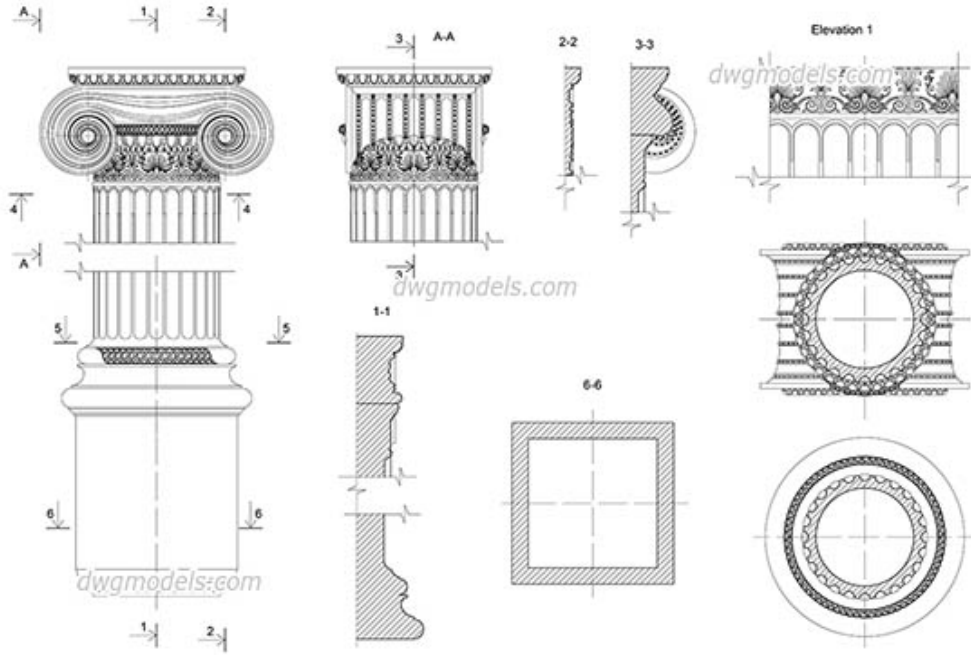
Figür 31. Render



Figür 32. Render



Figür 33. Render



Figür 34. AutoCAD çizimi



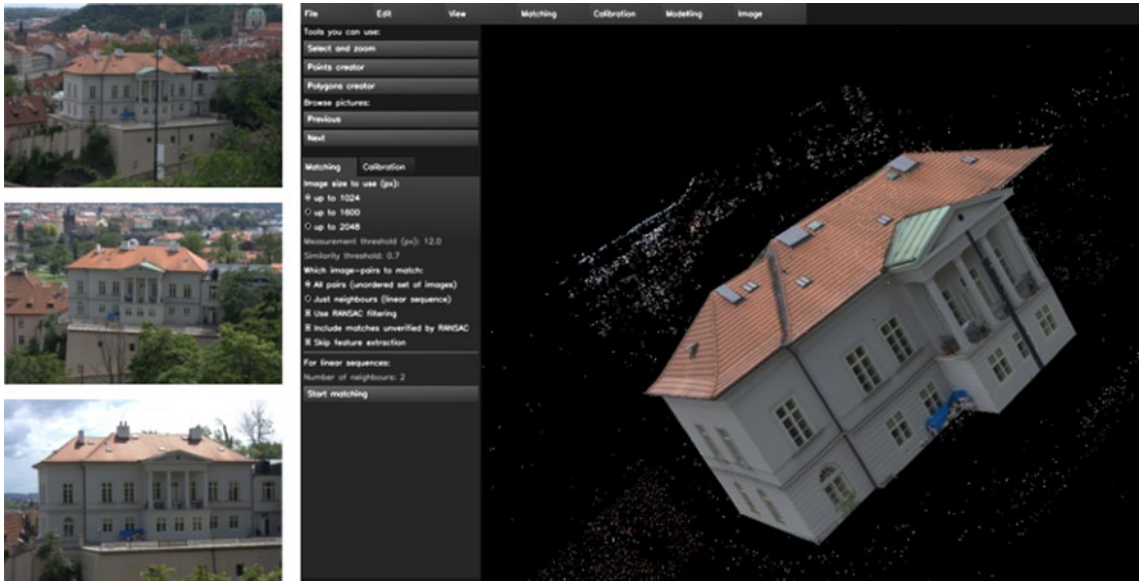
Figür 35. Autodesk ReCap 360 görüntüsü



Figür 36. Autodesk 123D Catch görüntüsü



Figür 37. ARC3D Görüntüsü



Figür 38. İnsight3d Görüntüsü



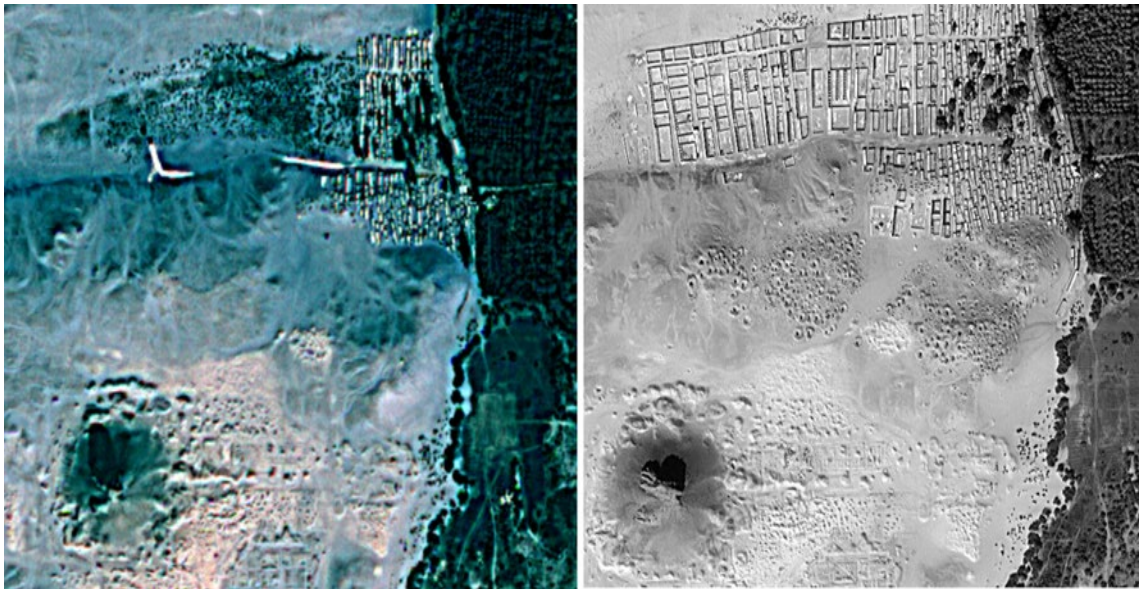
Figür 39. PMVS yazılımı ile üretilmiş 3B model



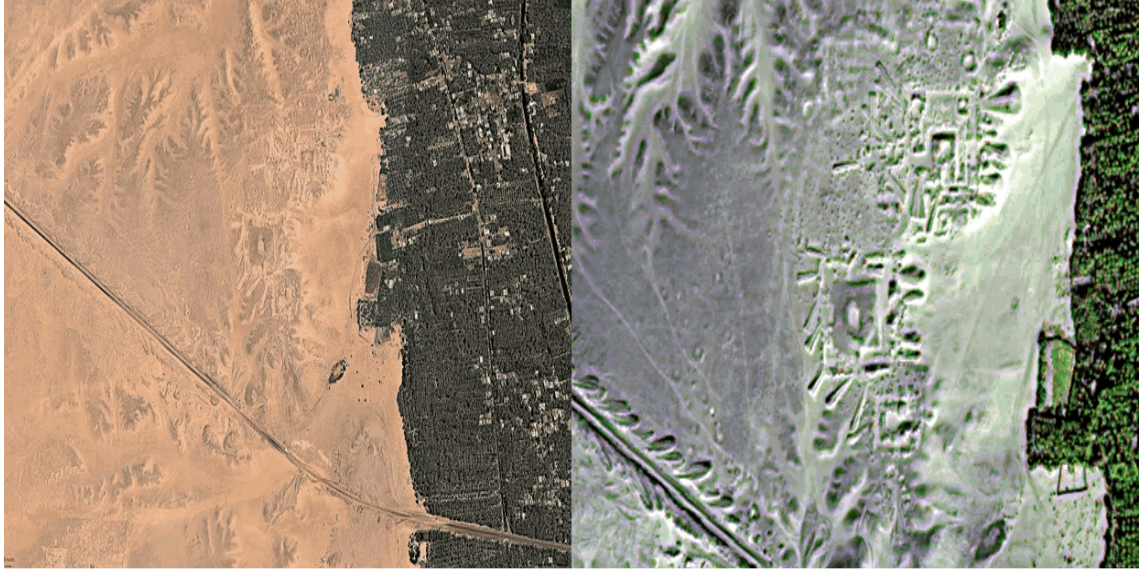
Figür 40. Petra'nın uydu fotoğrafı



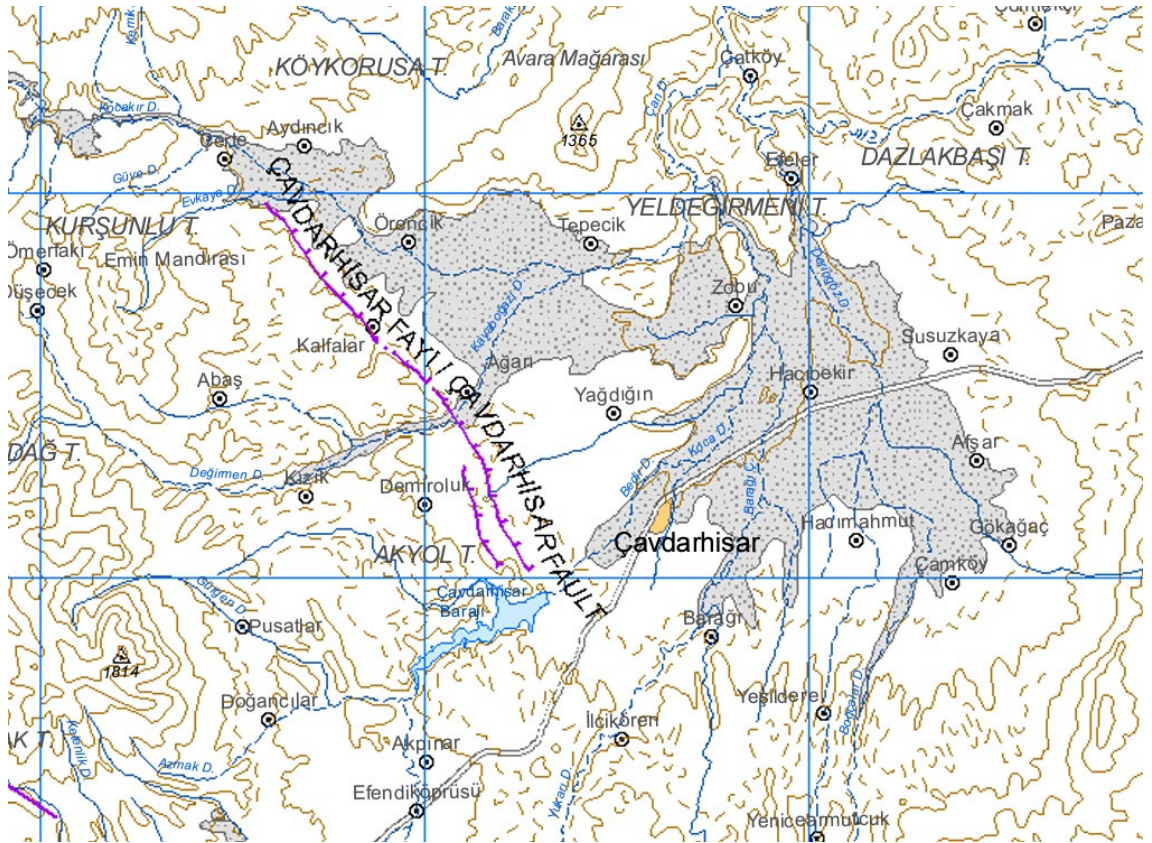
Figür 41. Petra'nın Drone fotoğrafı



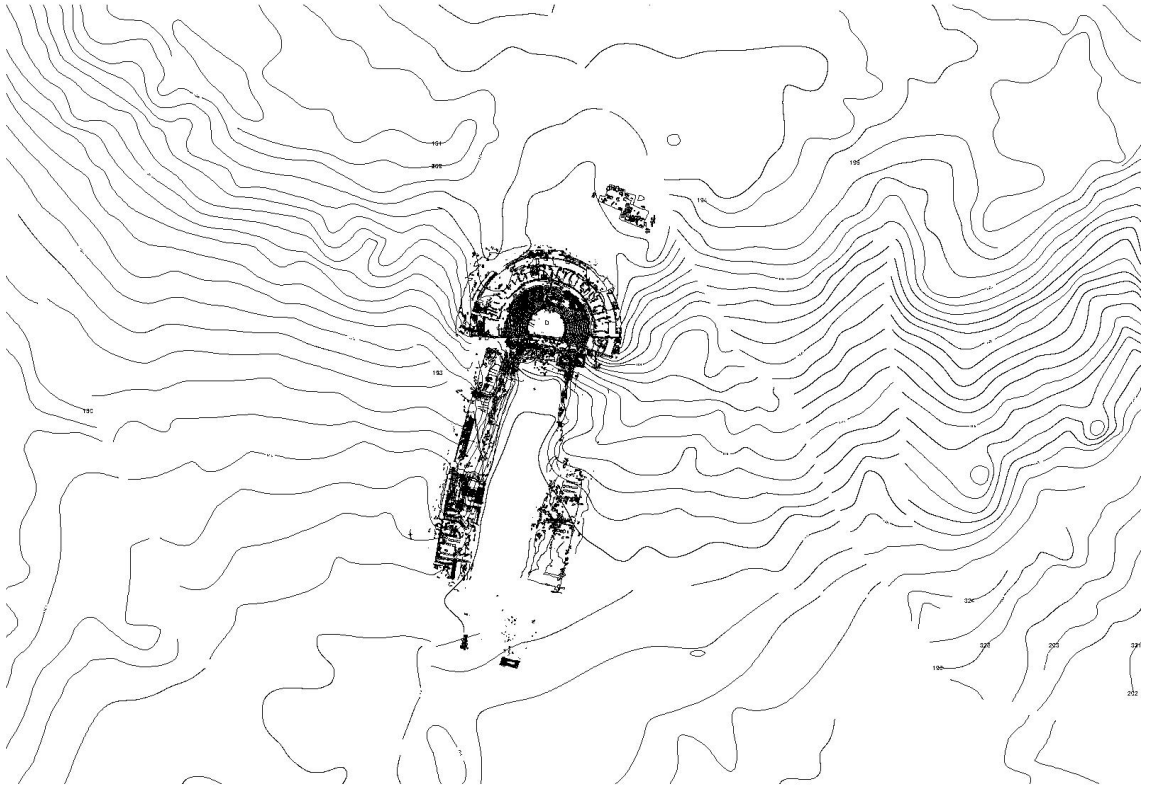
Figür 42. İleri işlem öncesi ve sonrası uydu görüntüsü



Figür 43. Mısır Saqqara'da piramit alanlarının görüntüleri

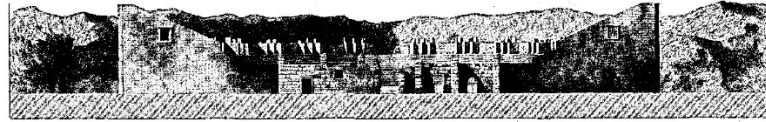


Figür 44. Çavdarhisar Fayı, MTA Harita verisi



Figür 45. Tiyatro Stadion Bölgesi İzohips Eğrisi.

PL-44

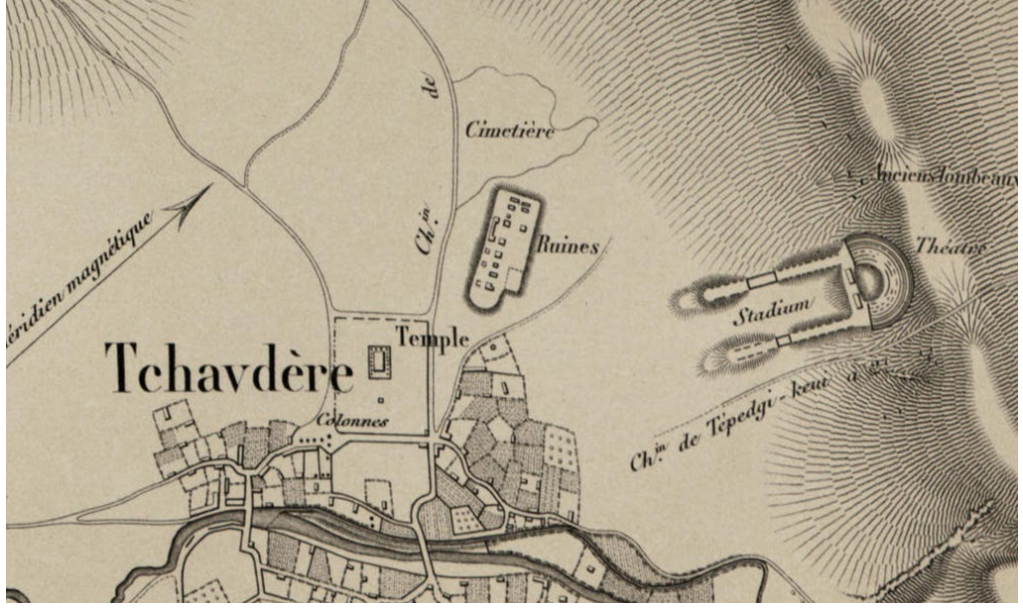


Ch. Texier del.

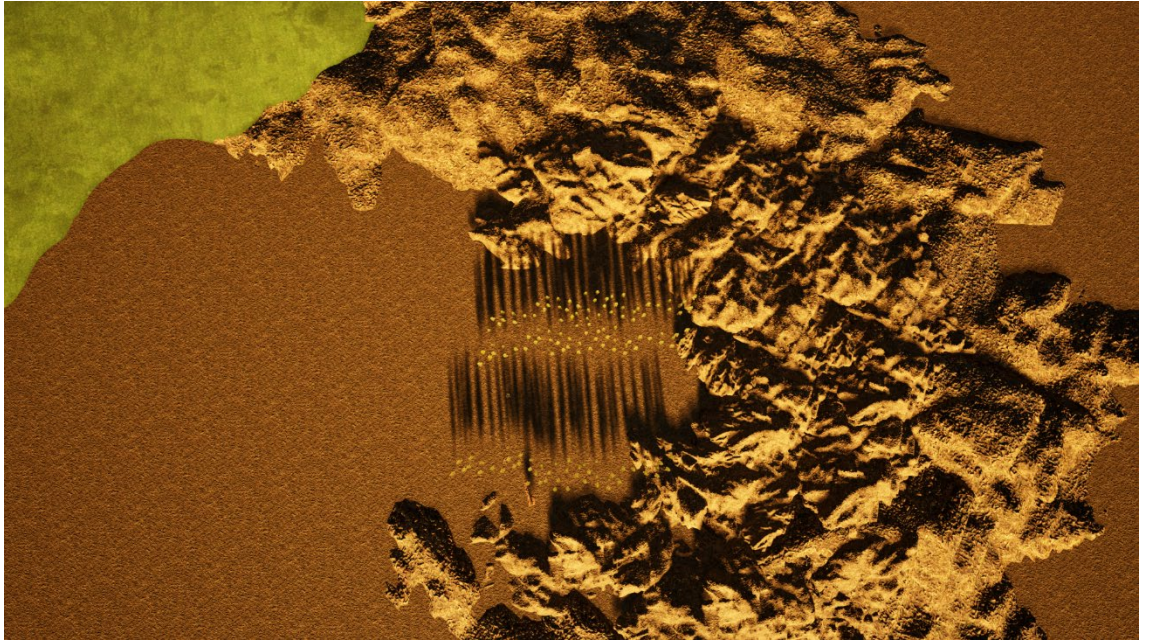
(AIZA)

Lambert sc.

Figür 46. Texier'in Aizanoi Tiyatro bölgesi topografyası konusundaki yaklaşımı.



Figür 47. Laborde'un Çavdarhisar topografya analizi.



Figür 48. Elde edilen veriler ışığında oluşturulan lokal topografya modeli.



Figür 49. 2020 Tiyatro yapısı çalışmaları. Blokların vinç vasıtasıyla tasnif alanlarına aktarılması.



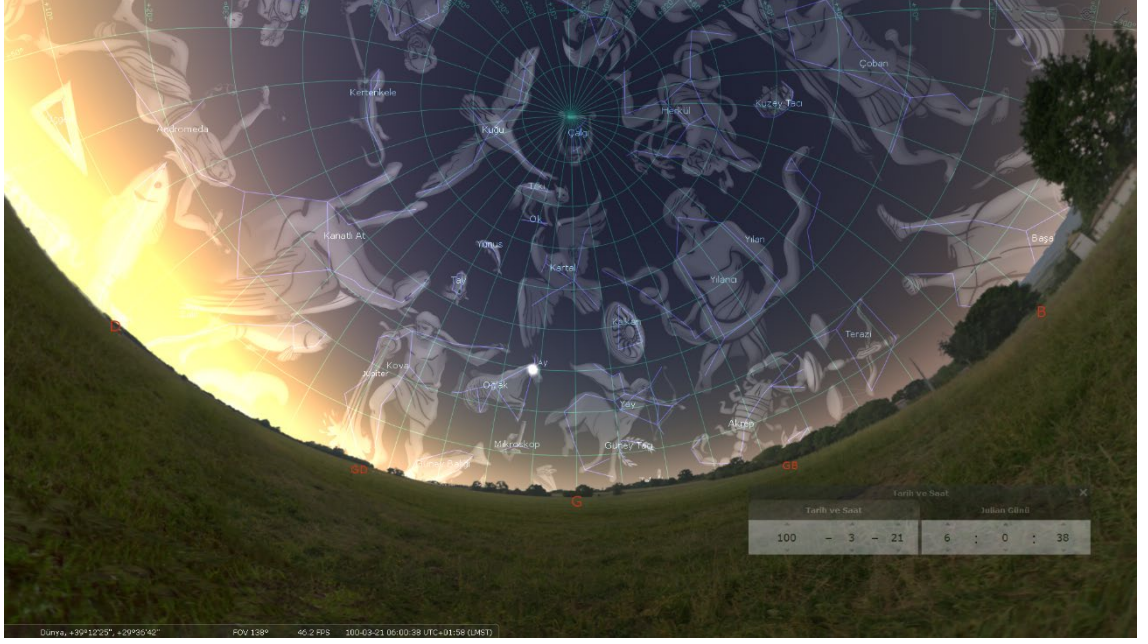
Figür 50. Tiyatro yapısı, Orchestra bölgesinin su altında kalması.



Figür 51. Tiyatro yapısı Orchestra bölgesinde yer alan Orthostat ve Parapet bloklarının yıkılması.



Figür 52. Tiyatro yapısının Orchestra bölgesinde yer alan Orthostat ve Parapet bloklarının destek iskelesi vasıtasıyla geçici korumaya alınması.



Figür 53. Stellarium üzerinden Tiyatro bölgesinde güneş simülasyonu, Saat 06:00 itibariyle güneşin doğuşu.



Figür 54. Stellarium üzerinden Tiyatro bölgesinde güneş simülasyonu, Saat 18:06 itibariyle güneşin batışı.



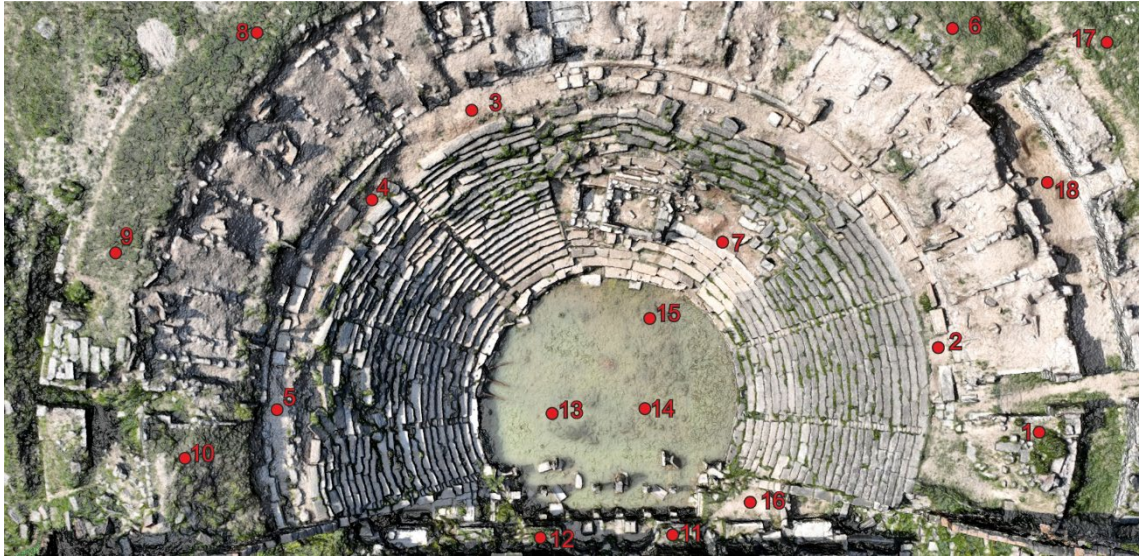
Figür 55. Stellarium üzerinden Tiyatro bölgesinde güneş simülasyonu, Model entegrasyonu ile gündoğumu.



Figür 56. Stellarium üzerinden Tiyatro bölgesinde güneş simülasyonu, Model entegrasyonu ile günbatımı.



Figür 57. Leon De Laborde'un Aizanoi Tiyatrosu Gravürü.



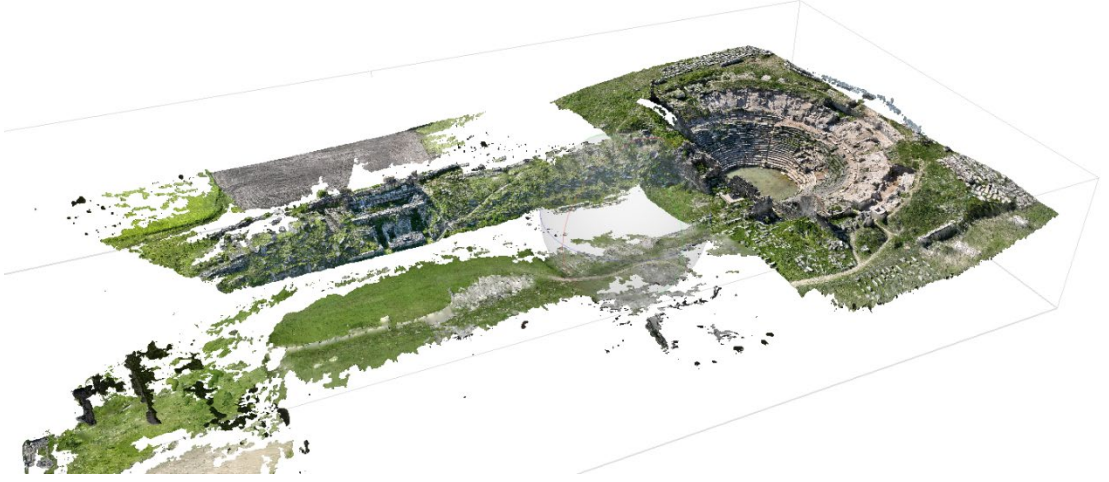
Figür 58. Ölçüm Çalışmaları sırasında TotalStation'ın kurulduğu noktalar.



Figür 59. TotalStation ölçümlerinin bir araya getirilmesi sonucu ortaya çıkan nokta bulutu.



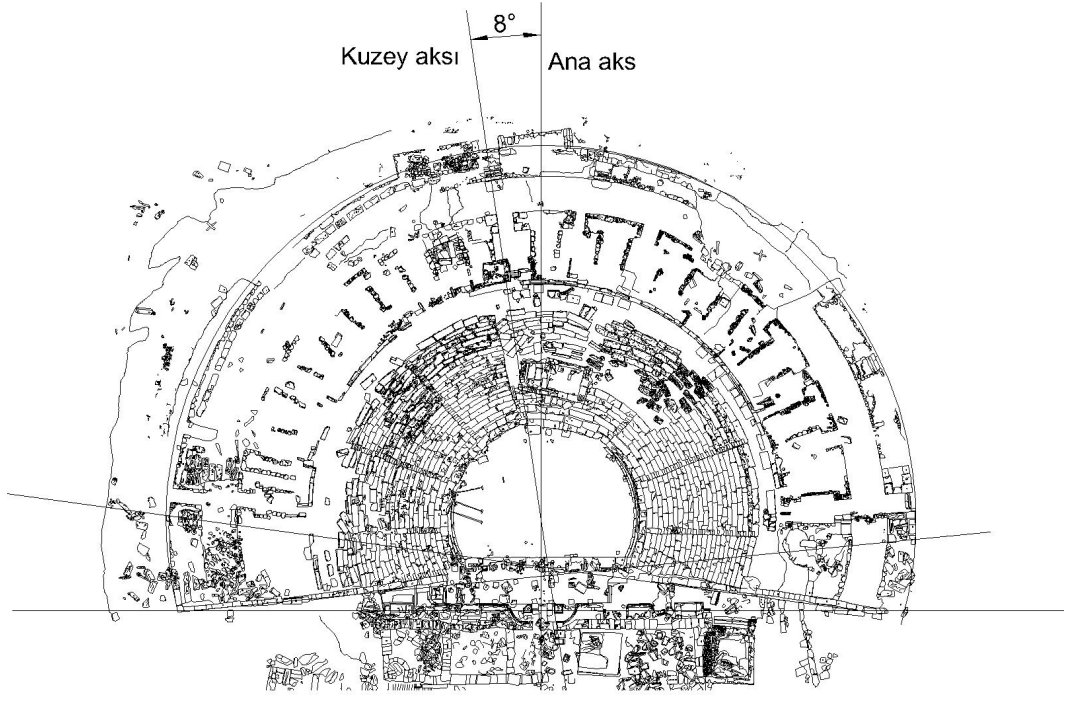
Figür 60. TotalStation ölçümlerinin bir araya getirilmesi sonucu ortaya çıkan nokta bulutunun son aşaması.



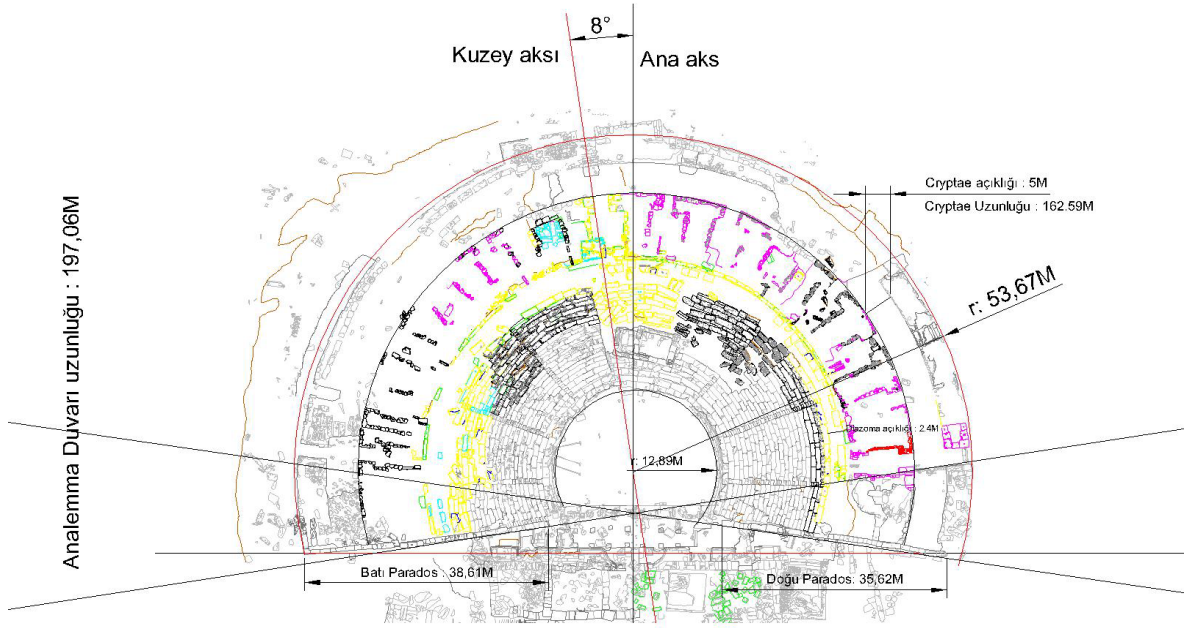
Figür 61. Fotogrametri işleme sonucu Aizanoi Tiyatro-Stadion yapısının 3D katı modeli.



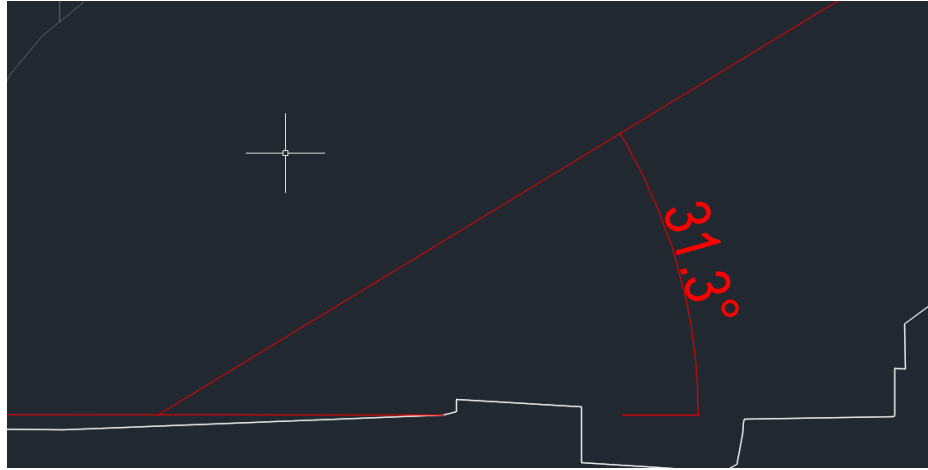
Figür 62. Tiyatro yapısındaki 8 derecelik sapma.



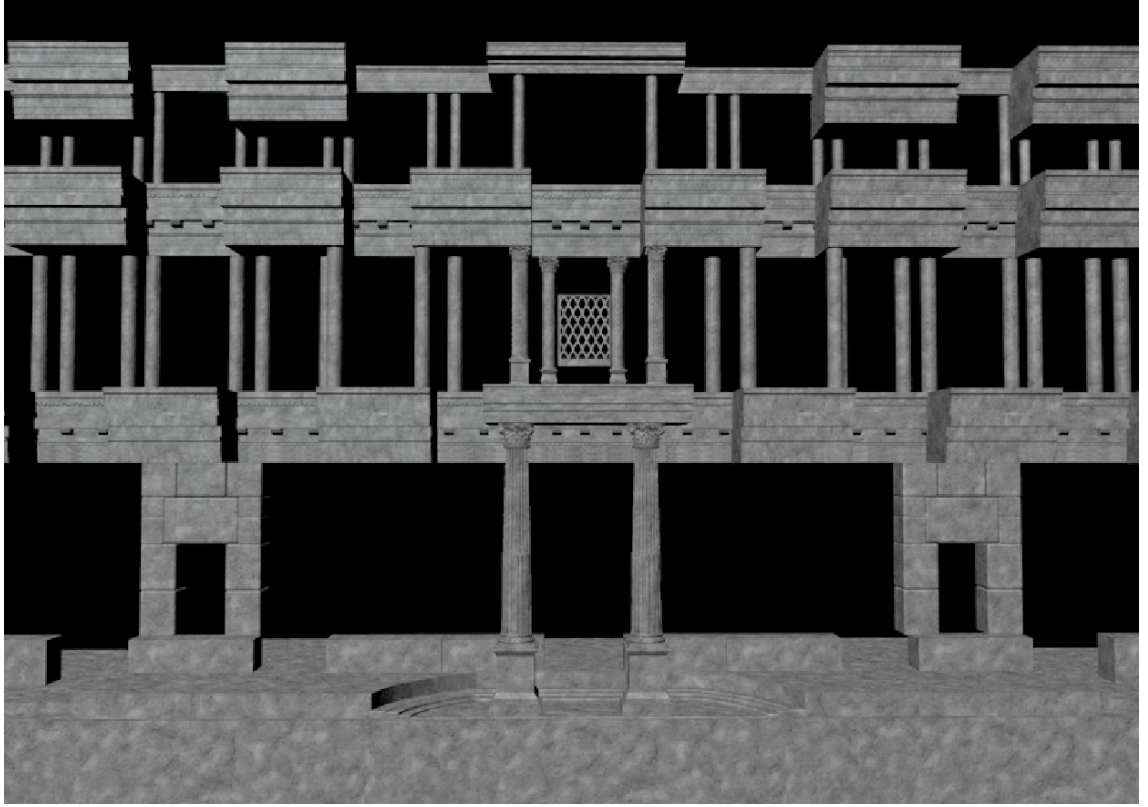
Figür 63. Tiyatro yapısındaki 8 derecelik sapmanın giderilmesi.



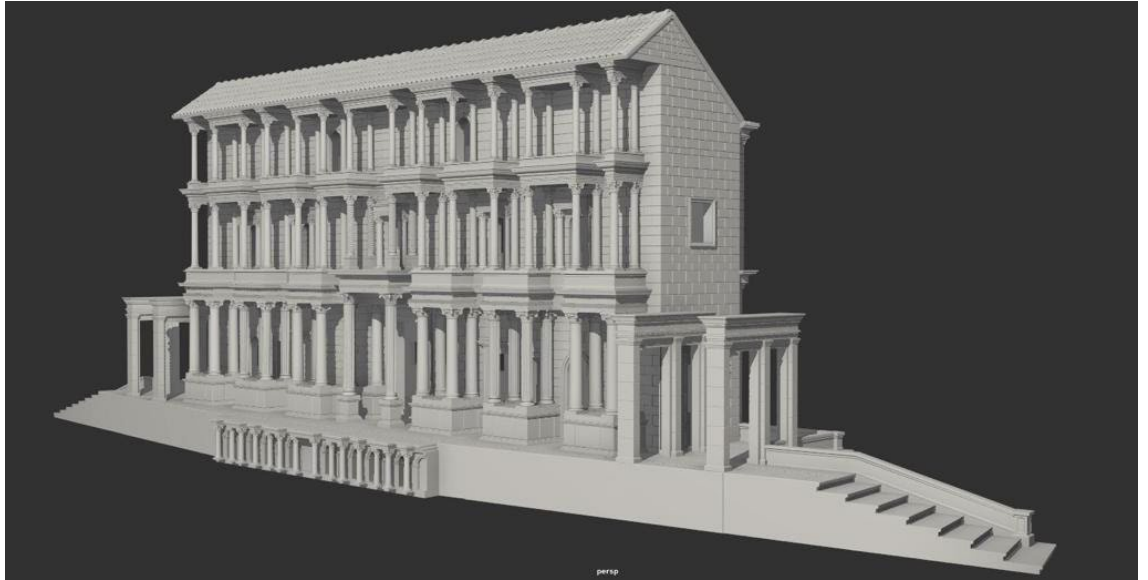
Figür 64. Aizanoi Tiyatro yapısının ölçüleri.



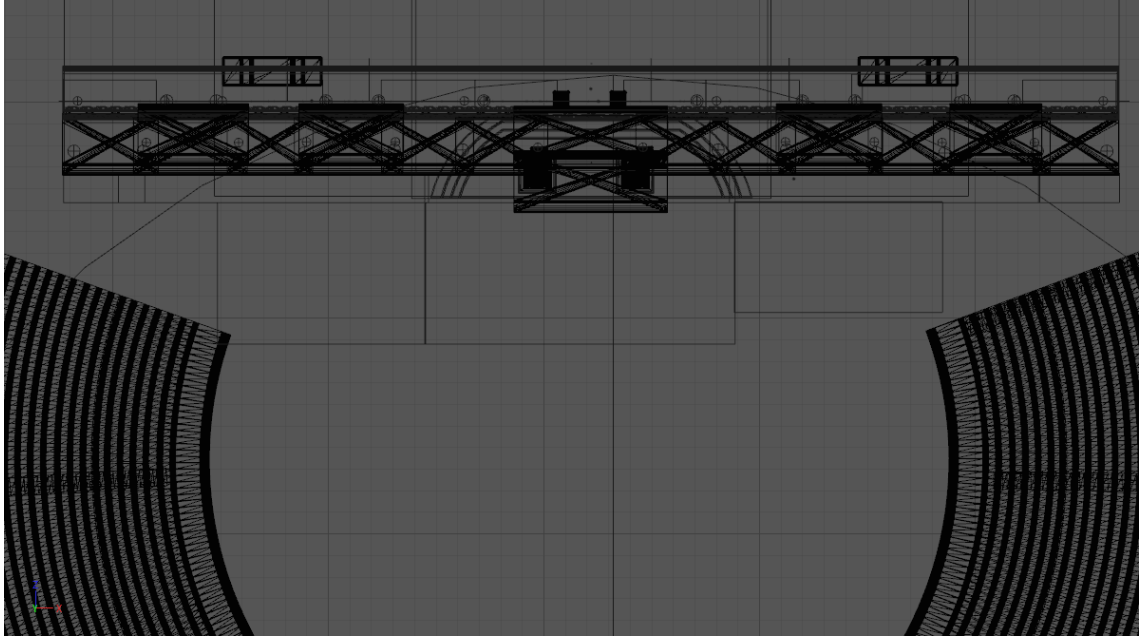
Figür 65. Aizanoi Tiyatro yapısının oturma basamağı yükseliş açısı.



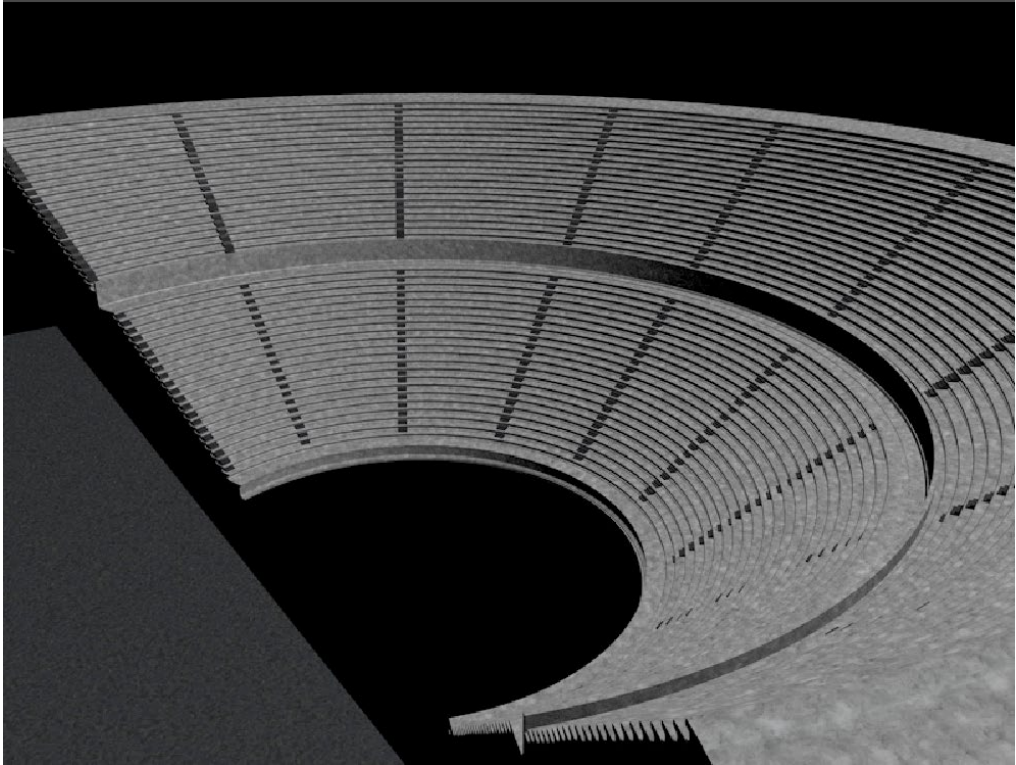
Figür 66. Aizanoi Tiyatro yapısının sahne binası modelleme çalışması.



Figür 67. Aizanoi Tiyatro yapısının sahne binası 3D Modeli (Rohn'un önerisine göre).



Figür 68A. Aizanoi Tiyatro yapısının oturma basamağı modelleme çalışması.



Figür 68B. Aizanoi Tiyatro yapısının oturma basamağı modelleme çalışması.



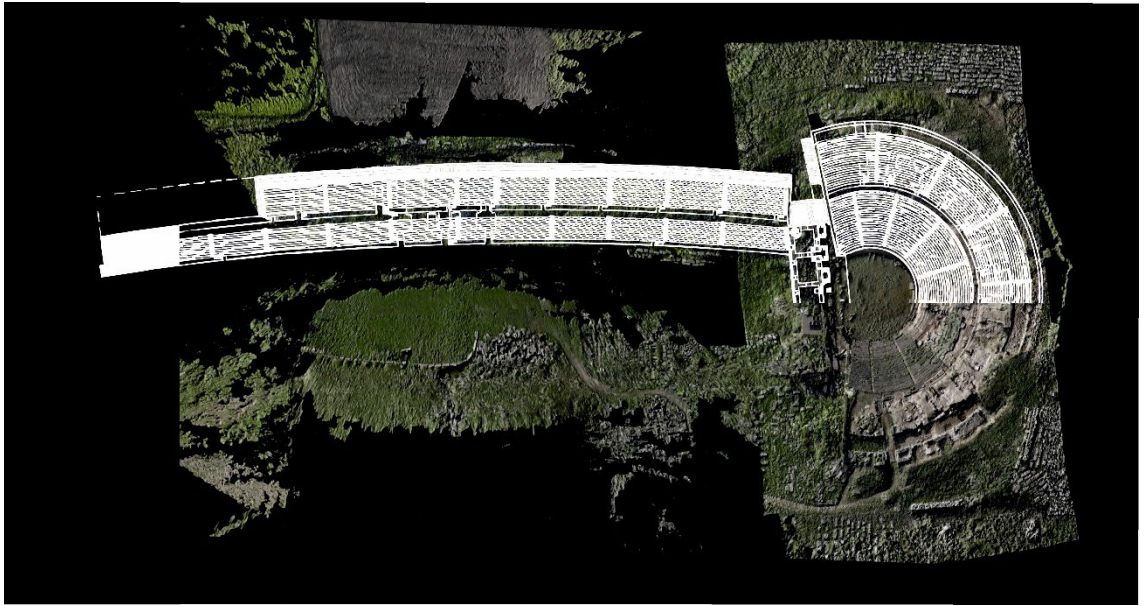
Figür 69. Aizanoi Tiyatro yapısının 3D Modeli.



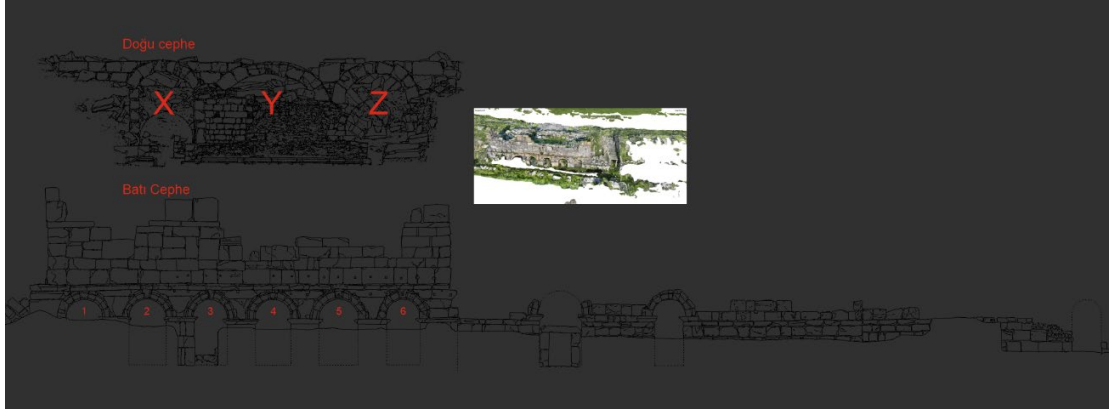
Figür 70. Stadion çalışmaları sırasında TotalStation kurulumu yapılan bölgeler.



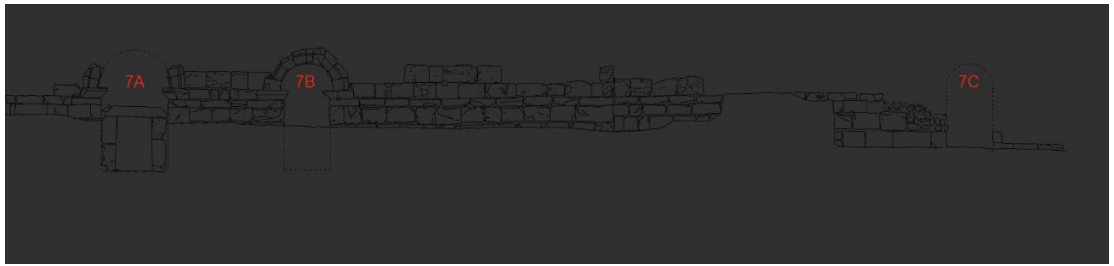
Figür 71. Tiyatro-Stadion Yapısı'nın tamamlanan plan çizimi.



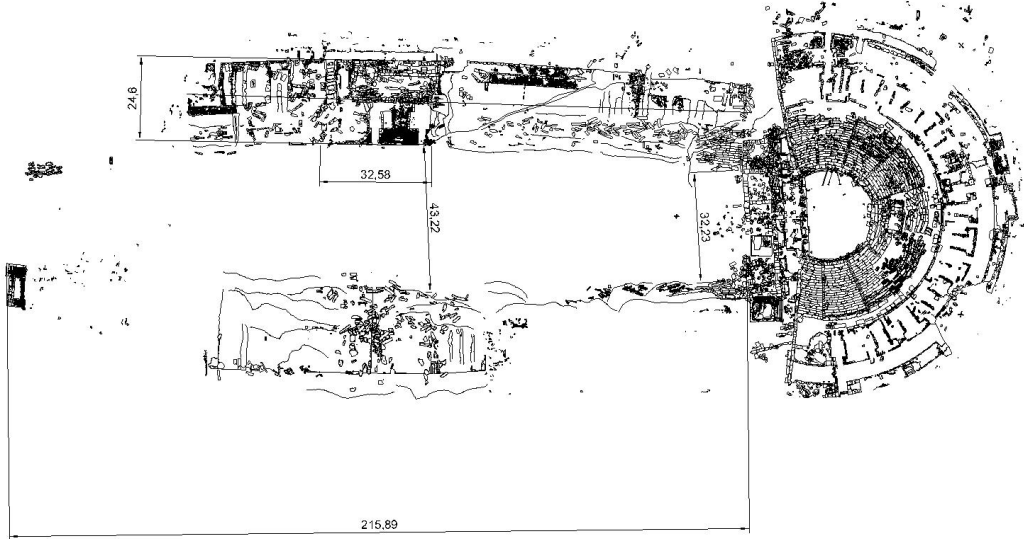
Figür 72. Tiyatro-Stadion Yapısının Fotogrametri verisi ve Rohn'un çalışmasının karşılaştırılması.



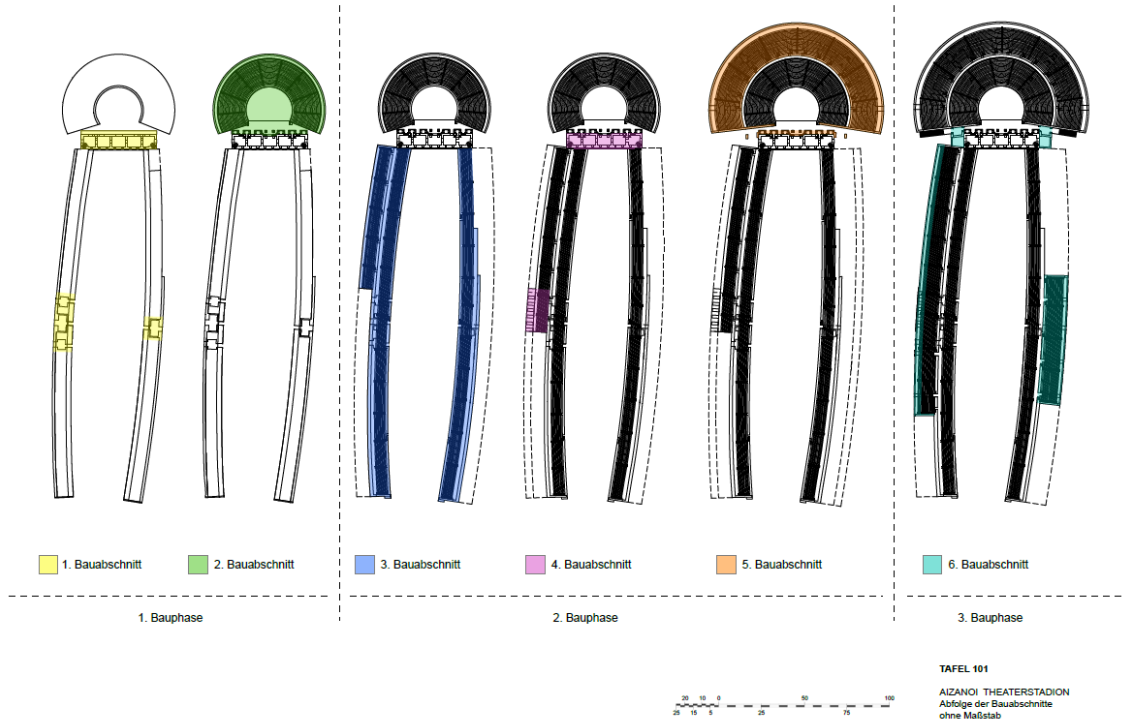
Figür 73. Geçit Yapısı Kapıları, isimlendirme ve numaraları.



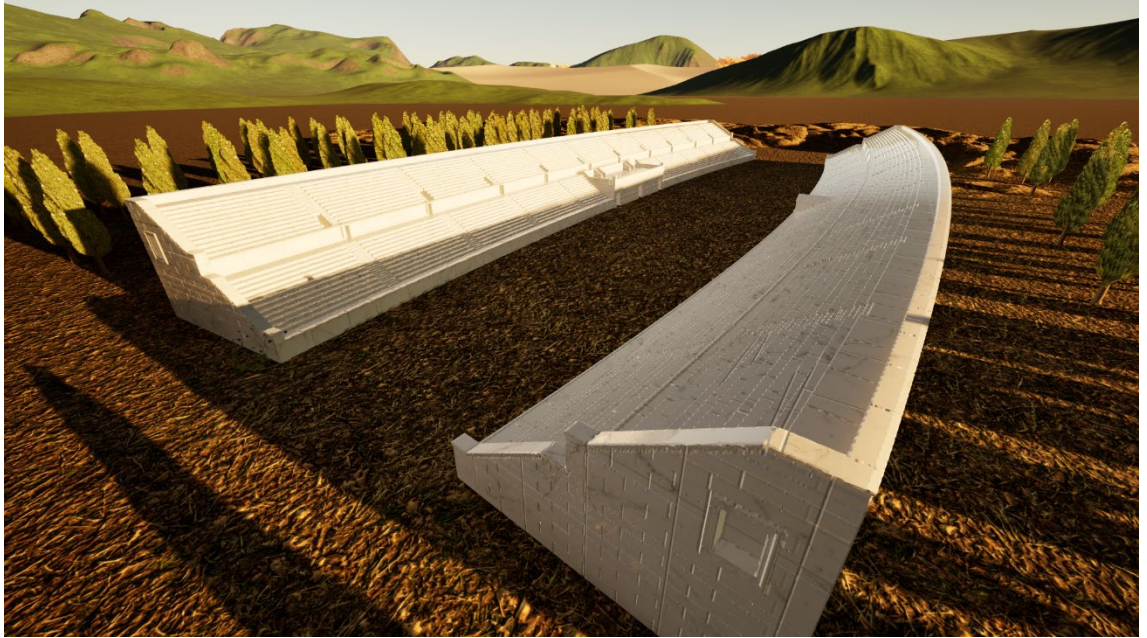
Figür 74. Geçit Yapısı haricinde oluşturulmuş kapılar ve numaralandırmaları.



Figür 75. Stadion ölçüleri.



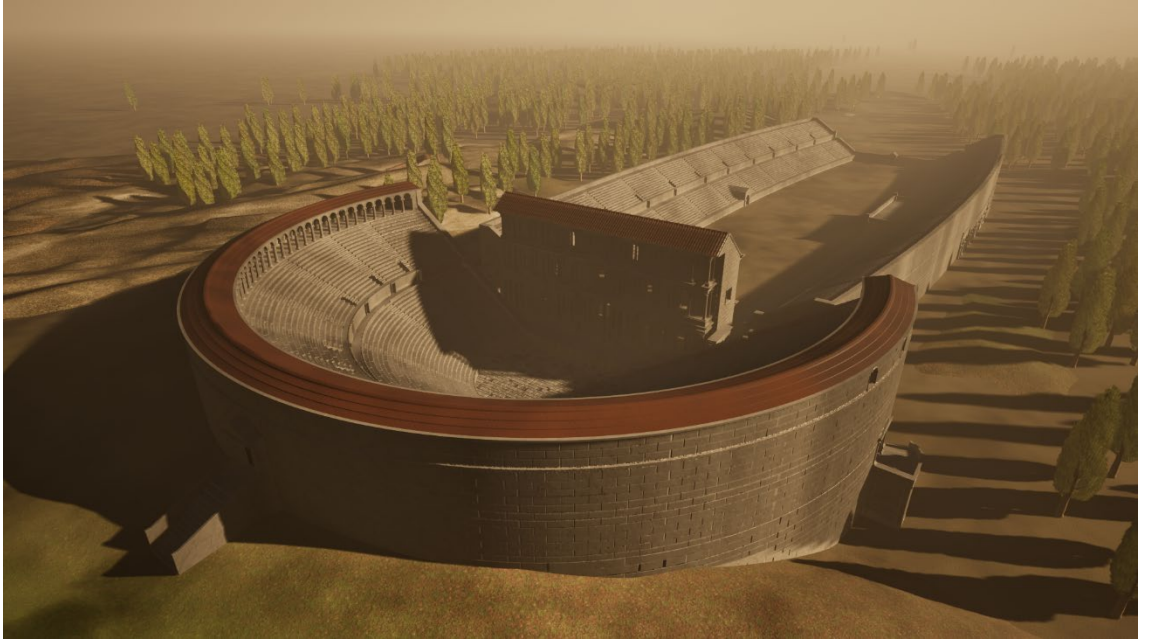
Figür 76. Dr. Rohn 'a göre Tiyatro-Stadion yapısının evreleri.



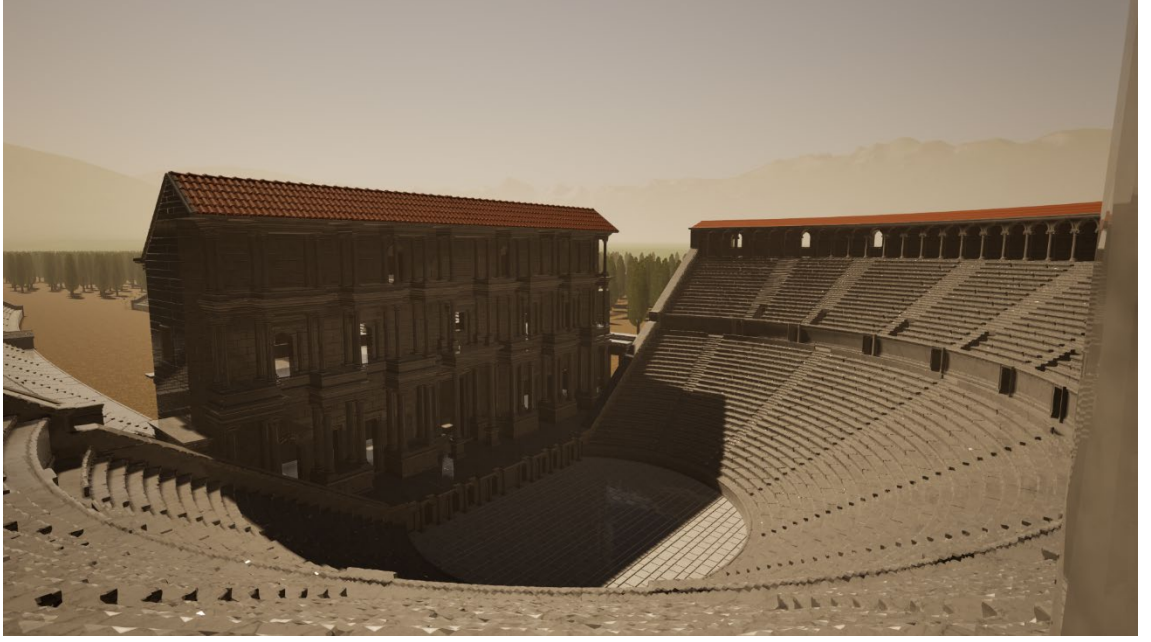
Figür 77. Stadion Yapısının Modellemesi.



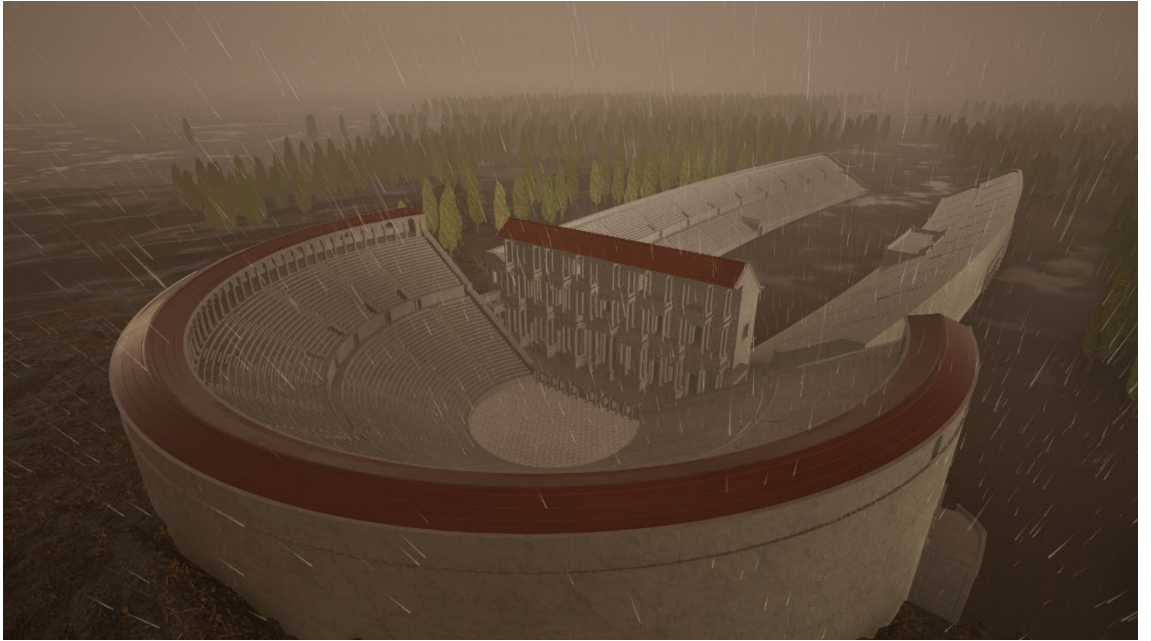
Figür 78. Sahne Binasının Stadion Cephesi ve Gladyatör canlandırmaları.



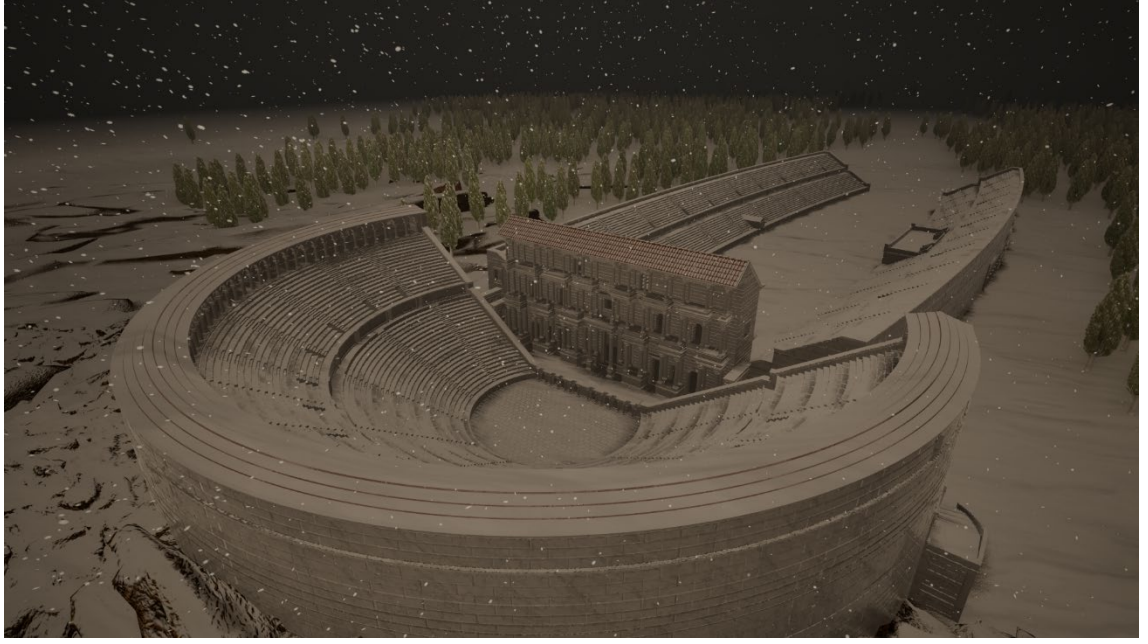
Figür 79. Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapısı Modellemesinin tamamlanması



Figür 80A. Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapısı Modellemesi.



Figür 80B. Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapısı Modellemesi, iklim motoru testi.



Figür 80C. Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapısı Modellemesi, iklim motoru testi.



Figür 80D. Aizanoi Tiyatro-Stadion Yapısı Modellemesi, iklim motoru testi.