

# GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES

*Number: 4, Issue: 2, p. 80-100, 2021*

## RİSK ALTINDAKİ ARKEOLOJİK ALANLARIN BELGELENMESİNDE FOTOGRAMETRİ İLE UZAKTAN ALGILAMA ENTEGRASYONU: İSTANBUL KARA SURLARI ÖRNEKLEMİ

### REMOTE SENSING INTEGRATION WITH PHOTOGRAMMETRY IN DOCUMENTATION OF ARCHAEOLOGICAL SITES AT RISK: SAMPLE OF LAND WALLS OF ISTANBUL

Ebru Ecem ÖZSOY<sup>1</sup>

Talha Aksoy<sup>2</sup>

(Received 08.11.2021 Published 09.12.2021) - Research Article

#### Özet

Türkiye, tarihte birçok uygarlığa ev sahipliği yapmıştır. Uygarlıkların geride bıraktıkları eserler ve tüm tarihi değerlerimiz kültürel miras olarak gelecek nesillere aktarılmalıdır. Bu bağlamda koruma anlayışı ortaya çıkmaktadır. Koruma anlayışındaki esas önemli nokta ise tüm eserlerin orijinal haliyle aktarılabilmesidir. Bu sebeple risk altında olan tüm arkeolojik alanların korunması, gerekli ise restore edilmesi ve belgelenmesi gerekmektedir. Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle beraber belgeme çalışmaları geleneksel yöntemlerden ziyade ileri belgeleme teknikleriyle yapılmaktadır. Arkeolojik birçok eserin dijital ortamlara aktarılarak 3 boyutlu (3B) modellerinin çıkarılması ve bu sayede risk altında olan kültürel miras değerlerimizin düzenli dokümantasyon çalışmalarının yapılması amaçlanmalıdır. Kültürel mirasların belgelenmesinde fotogrametri, uzaktan algılama yöntemleri ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) uygulamaları kullanılmaktadır. Her yöntemin kendine ait avantaj ve dezavantajları olduğu gibi, birlikte kullanımları söz konusu olduğunda ise dezavantajların en aza indirildiği günümüzde gerçekleşen belgeme çalışmalarıyla gözlemlenebilmektedir. Bu makale çalışmasında örneklem alan olarak belirlenen İstanbul Tarihi Yarımada içerisinde yer alan Kara Surları'nda belgeleme amaçlı yersel fotogrametri ve uzaktan algılama entegrasyon çalışması denenmiştir. Hava fotoğraflarının yersel fotogrametri verileriyle aynı tarihte çekilmiş olmaması sebebiyle, Agisoft Photoscan Pro yazılımında uygulanan 3B modelleme çalışması olumsuz sonuçlanmıştır. Fakat bu çalışmanın bundan sonraki akademik çalışmalara altlık oluşturması sonuç amaçlardan biridir.

**Anahtar Sözcükler:** Yersel Fotogrametri, Uzaktan Algılama, Arkeolojik Alan, Belgeleme

<sup>1</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Enstitüsü, Kültür Varlıklarının Belgelenmesi, Eskişehir, Türkiye, ecemozsoy@gmail.com

<sup>2</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, Eskişehir, Türkiye, tlhksy@gmail.com

### **Abstract**

Turkey has hosted many civilizations in history. The artifacts left behind by civilizations and all our historical values should be transferred to future generations as cultural heritage. In this context, the concept of protection emerges. The main point in the understanding of conservation is that all works can be transferred in their original form. For this reason, all archaeological sites at risk must be protected, restored and documented if necessary. Today, with the development of technology, documentation studies are carried out with advanced documentation techniques rather than traditional methods. It should be aimed to transfer 3D (3D) models of many archaeological artifacts to digital media, and thus to carry out regular documentation studies of our cultural heritage values at risk. Photogrammetry, remote sensing methods and geographic information system (GIS) applications are used in the documentation of cultural heritage. While each method has its own advantages and disadvantages, it can be observed with the documentation studies carried out today that the disadvantages are minimized when used together. In this article, terrestrial photogrammetry and remote sensing integration study were tried for documentation purposes in the Land Walls located in the Istanbul Historic Peninsula, which was determined as the sample area. Due to the fact that the aerial photographs were not taken on the same date as the terrestrial photogrammetry data, the 3D modeling study applied in the Agisoft Photoscan Pro software resulted in a negative result. However, it is one of the final aims of this study to form a basis for future academic studies.

**Keywords:** Terrestrial Photogrammetry, Remote Sensing, Archaeological Site, Documentation

## 1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte kültür varlıkları belgeleme çalışmalarında geleneksel yöntemlere alternatif olacak yöntemler geliştirilmiştir ve araştırma sonuçlarında daha güvenli ve doğru sonuçların üretildiği görülmüştür. Bu bağlamda düzenli yapılacak dokümantasyon çalışmaları ve uygulamaları ile kültürel mirasın sürekliliği sağlanmalı ve gelecek nesillere aktarılmalıdır. Gelişen teknoloji sayesinde ileri belgeleme yöntemlerinin araştırmalarda kullanımı hız kazanmış olsa da araştırmaların güvenilirliği açısından envanter çalışmalarının da düzenli aralıklarla gerçekleştirilmesi önemlidir. Bilindiği üzere tarihi ve kültürel mirasların korunması sürecinde en önemli adım tespit ve belgeleme çalışmalarıdır. Belgeleme genel anlamda fiziksel tanımın yapılması anlamına gelmektedir (Korumaz, Dülgerler, Yakar, 2011). Bir kültür varlığının tarihte kalıcı olması ve arşivlenmesi gerekmektedir.

Belgeleme, kültür varlıklarının içerdiği mesajları gelecek nesillere aktarmak için en önemli araçtır. Belgeleme çalışmaları geçmiş ile ilgili bilgileri açığa çıkartır. Mevcut ve güncel durumun tespit edilmesi yapılarıdaki mevcut hasar ve problemlerin tespitine olanak sağlar (Kuban, 2000). Son yıllarda kültürel mirasın belgelenmesi önem kazanmıştır ve bu konudaki farkındalık artmıştır. Mevcut teknolojiler kullanılarak yapılan belgeleme çalışmaları özellikle risk altındaki bölgeler üzerinde yoğunlaşmıştır. Belgeleme çalışmalarında arkeolojik mirasların bulunduğu çevreye dair kapsamlı araştırmalar yürütülmeli ve ulaşılan her türlü verinin sistematik olarak güncellenebilir olması gerekmektedir.

Bu çalışmada risk altında olan bölgelerin hızlı belgelenmesine yönelik örneklem alan İstanbul Kara Surları olarak belirlenmiştir. Belgeleme çalışması, uzaktan algılama ile fotogrametri yöntemlerinin entegrasyonunu içermektedir. Modelleme aşamasında yakın tarihte çekilmiş hava fotoğraflarının yersel fotogrametri çalışması yapılmıştır. Agisoft Photoscan Pro yazılı kullanılarak elde edilen veriler yüksek çözünürlüklü uydu verisi ile ilişkilendirilerek daha detaylı bir model elde edilmesi amaçlanmıştır. Makale çalışması, uzaktan algılama desteği ile Agisoft Photoscan Pro yazılım programından elde edilmesi amaçlanan model çalışmasının entegrasyonunu içermektedir ve İstanbul Kara Surları örnekleme üzerinden bir örnek çalışmanın denenmesi, risk altındaki bölgelerde hızlı belgelemeye yönelik ileri teknolojik belgeleme tekniklerinin öneminin vurgulanması ve bundan sonraki yapılacak belgeleme çalışmaları için destekleyici ve örnek bir çalışma olması açısından önemlidir.

## 2. TEMEL KAVRAMLAR

Bu bölümde fotogrametri, uzaktan algılama ve CBS ile arkeoloji disiplini arasındaki ilişki araştırılmış ve konuyla alakalı detaylı bir literatür taraması yapılmıştır. Üç ana başlık altında incelenen literatür, konuyla alakalı tez ve araştırma makalelerini içermektedir. Araştırma verileri çalışmaya önemli bir alt yapı oluşturmuş ve çalışmayı desteklemiştir.

## 2.1. Arkeolojide Fotogrametri Tekniklerinden Yararlanılması

Günümüzde teknolojinin ilerlemesi ile birlikte arkeoloji biliminin disiplinler arası çalışmalara ihtiyaç duyduğu ve bu çalışmalarla desteklendiği bir gerçektir. Yapılan kazı çalışmaları sonucunda elde edilen tüm kültürel miras değerleri doğru şekilde belgelenmeli ve tarihsel süreçte literatüre fayda sağlamalıdır. Makale çalışması kapsamında ele alınan literatür özetinin bu kısmında araştırmalar göstermiştir ki; fotogrametri teknikleri arkeolojik belgeleme çalışmalarında sıklıkla kullanılmıştır ve kullanılmaya fayda sağlamaya devam etmektedir. Sıklıkla üç boyutlu modelleme çalışmalarında kullanılmış olan fotogrametri tekniklerinin tarihçesi 1492 yılında Leonardo Da Vinci'nin optik izdüşüm ilkeleri alanında yaptığı çalışmalar ile başlamıştır. Kültürel mirasın korunması ve belgelenmesi çalışmalarında fotogrametri uygulamalarının gelişen teknolojiyle birlikte daha hızlı ve güvenilir olması, belgeleme çalışmalarına kolaylık sağlaması ve bu sayede tarihin sürdürülebilir olmasına katkısı konusunda mevcut çalışmalar bulunmaktadır (Almagro, 1999; Kadobayashi, Kochi, Otani, Furukawa 2004; Kork, Şeker, Diler 2006; Duran ve Toz, 2010; Karasaka, 2012; McCarthy, 2014; Hanan, Suwardhi, Nurhasanah, Santa Bukit 2015; Hepyörük, 2015; Beg, 2018; Jo ve Hong, 2019).

Arkeolojik eserlerin dokümantasyonu için kullanılan fotogrametrik yöntemler tarihimize ışık tutmaktadır ve olası tehditlerin belgelenmesi kapsamında dijital ortamda güvenilir veriler sağlamaktadır. Kork, Şeker ve Diler (2006) tarafından yapılan "Arkeolojik Araştırmalarda, Kültürel Mirasın Belgelenmesi ve İzlenmesi Sürecinde Fotogrametrinin Uygulama Alanları" isimli çalışma, içerdiği uygulama örnekleriyle fotogrametrik yöntemlerin son yıllarda kültürel miraslar üzerinde kullanımının arttığını vurgulayan bir çalışma örneğidir. Çalışmada arkeolojik miras kayıtlarının ve dokümantasyonunun pratik gereksinimlerini karşılamak için, arkeolojik kazı alanlarında teknolojik yeniliklerden yararlanması gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca kültür varlıklarının belgelenmesinin önemi belirtilmiş ve belgeleme yöntemleri detaylı olarak işlenmiştir. Yakın mesafe, uzaktan algılama, hava, sualtı gibi farklı uygulama alanlarında kullanılan fotogrametrinin arkeolojideki yeri ele alınmıştır. Çalışmada en küçük ölçekli nesneden geniş topografik alanlara kadar son derece geniş kullanıma sahip fotogrametrik yöntemler, örneklerle sunulmuş ve fotogrametrik yöntemlerin arkeoloji için yardımcı bir disiplin olduğu sonucuna varılmıştır.

Uslu (2016), "Kültürel Mirasın Üç Boyutlu Modellenmesi ve Web Ortamında Sunulması" isimli çalışmada Aizanoi Antik Kenti ve Kütahya Arkeoloji Müzesi'nin sanal müze modelini oluşturmuştur. PhotoModeler yazılımı kullanılarak arkeolojik eserlerin 3B modelleri çıkartılmıştır. Çalışmada 3B modeller sayesinde günümüzde müzelerde bulunan tüm eserlerin yakından incelenmesi veya ören yerlerinin detaylı modellerinin çıkartılması konusundaki avantajlar örneklerle vurgulanmıştır. Çalışmanın amacı, toplumun bilinçlenmesini sağlamak için fotogrametrik yöntemlerin müze ve ören yerlerinin 3B modellerinin oluşturulmasında kullanımının önemini vurgulamaktır.

Ulvi ve Yiğit (2019) tarafından çalışılan “Kültürel Mirasın Dijital Dokümantasyonu: Taşkent Sultan Çeşmesinin Fotogrametrik Teknikler Kullanarak 3B Modelinin Yapılması” isimli çalışmada, geleneksel yöntemlere göre fotogrametrik yöntemlerin kullanılmasının ölçüm zorluklarına kolaylık sağladığından bahsedilmiştir. Fotogrametrik teknikler sayesinde yapı üzerinde bulunan tüm detay noktalarının birlikte görüntülenmesindeki kolaylık vurgulanmıştır ve kültürel mirasın nesiller boyu aktarımında fotogrametrik yöntemlerin kullanılması gerekliliği sonucuna varılmıştır.

Fotogrametrik belgeleme teknikleri, yersel, havadan ve LİDAR (Light Detection and Ranging) destekli teknolojiyle birlikte arkeolojik belgeleme ve onarım çalışmalarında oldukça sık kullanılmaktadır. Bu bağlamda literatürde örnek çalışmalar mevcuttur. Beg (2018), çalışmasında belgeleme çalışmalarında yersel lazer tarayıcılar ile insansız hava araçları kullanımlarının entegre şekilde kullanılması konusuna vurgu yaparak kullanılan bu yöntemlerin geleneksel ölçme yöntemlerine göre daha sağlıklı ve hızlı sonuçlar ürettiğinden bahsetmiştir. Örnek alan olarak ise Antik Kilistra Kent bölgesindeki Haç Kilisesi ve Seramik Atölyesi’ni insansız hava aracı ve yersel lazer tarama yöntemlerini entegre şekilde kullanarak modellemiştir. Çalışmanın sonuç amacı topografik olarak ulaşılması zor ve engebeli yerlerin modellenmesi aşamasında belgeleme yöntemlerinin entegre şekilde kullanılmasının gerekliliğidir.

Vilbig, Sagan ve Bodine (2020), “Archaeological surveying with airborne LiDAR and UAV photogrammetry: A comparative analysis at Cahokia Mounds” adlı araştırmasında, Cahokia’da halka açık bir alanda LİDAR verileri ile insansız hava aracı (İHA) görüntülerinden elde edilen dijital veri modellerini karşılaştırmıştır. LİDAR tekniğinin hala maliyetli olduğu ve tekniğin birçok arkeoloğun ulaşamayacağı teknik beceriler ve kaynaklar gerektirdiğini vurgulamıştır. Fotogrametri tekniğinin ise, sınırlı alanlarda LİDAR’a uygun alternatif bir yöntem olduğunun ve daha düşük maliyetlerle veri ürünlerine anında erişim sağladığının önemi vurgulanarak İHA ile fotogrametri entegrasyonunu içeren örnek bir çalışma olmuştur.

Alshawabkeh vd., (2020) tarafından yapılan “Heritage documentation using laser scanner and photogrammetry. The case study of Qasr Al-Abidit, Jordan” isimli çalışma, 3B modelleme için fotogrametri ve lazer taramayı birleştiren hibrit bir yaklaşımı açıklamaktadır. Çalışmada örneklem olarak Qasr Al-Abidit sarayı (Ürdün'deki nadir bir Helenistik mimari örneği) kullanılmıştır. Veri toplama sırasında kenarlar ve doğrusal yüzey özellikleri, fotogrametri tekniğine dayanırken, yüzey geometrisine ilişkin bilgiler ise lazer verilerinden sağlanmıştır. Bu çalışma, miras alanları için 3B modelleme verileri elde etmek için geometrik doğruluğu ve görsel kaliteyi optimize eden fotogrametri tabanlı ölçümler ile lazer tarayıcı tekniklerini entegre etme gerekliliğinin altını çizmektedir. Fotogrametri, kenarlar ve doğrusal yüzey özellikleri hakkında bilgi edinmek için bir adım olarak kullanılırken, lazer tarayıcı verilerinden model ölçeği ve geometrik koordinat sağlanmıştır. Bu çalışmada sunulan hibrit yaklaşım Qasr Al-Abidit sarayının dokümantasyonu için kullanılmıştır.

İçel’e (2018) göre modern zamanda total station ve GPS (küresel konum belirleme) yöntemi gibi yeni teknoloji ürünleriyle milimetrik hassasiyette ölçümler yapılmaya

başlanmıştır. Fakat bu ölçüm teknikleri yüksek doğrulukta 3 boyutlu ölçüme direkt izin vermemektedir. Bu sebeple 2000'li yılların başında ortaya çıkan yersel lazer tarama metodu geliştirilmiştir. İcel, "Yersel Lazer Tarama Teknolojisi İle Arkeolojik Harita Üretimi: Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri" isimli çalışmasında çok sayıda kültürel eseri bünyesinde bulunduran ülkemizde, arkeolojik çalışmaların korunup belgelenmesi için hızlı davranılması gerektiğini vurgulamıştır. Çeşitli sebeplerle yapıların zarar gördüğü ve görmeye de devam ettiği kanısına ulaşılmış ve bu şartlar altında belirtilen işlemlerin, bünyesinde barındırdığı pek çok avantajından dolayı yersel lazer tarama tekniği ile yapılabilmenin mümkün olduğunu savunmuştur.

Andreu ve Serrano (2019) "Contributions of the digital photogrammetry and 3D modelling of Roman inscriptions to the reading of damaged *tituli*: An example from the Hispania Tarraconensis (Castiliscar, Saragossa)" isimli çalışmada, Castiliscar'dan (Saragossa, İspanya) bir Roma mezar stelinin 3B modellemesini yapmıştır. Agisoft Photoscan uygulaması kullanılarak yapılan belgeleme çalışması mümkün olan maksimum hassasiyet ve çözünürlükle, gelecekteki herhangi bir araştırma, çalışma veya analiz için doğru bir kıyaslama görevi gören bir model oluşturmayı amaçlamıştır. Bu modeller, epigrafik materyalin önem kazanmasına ve daha fazla ortak çalışmaya hizmet etmenin yanı sıra, hasarlı yazıtların okunmasını iyileştirmek içinde olanaklar sağlamıştır. Hasar görmüş yazıtların okunması için uygulanan yeni fotogrametrik belgeleme tekniklerinin kullanımına ilişkin olarak, bu nitelikteki bir anıtın ve metnin ortaya koyduğu epigrafik verilere ek olarak, başka bir yazıtle doğrudan ilişkili olduğu içinde özellikle çekici kılınmıştır. Sonuç olarak fotogrametri teknikleri, epigrafik belgelerden ve özellikle Roma belgelerinden 3B veri elde etme aracı olarak kullanılmıştır.

## 2.2. Arkeolojide Uzaktan Algılama Tekniklerinden Yararlanılması

Kültürel miraslar incelendiğinde geçmiş ve gelecek anlaşılabilirlerdir. Yeğingil (2000), uzaktan algılamayı, "objelerle fiziksel değinimde bulunmaksızın herhangi bir uzaklıktan yapılan ölçümlerle nesnelere hakkında bilgi edinme bilim ve sanatı" şeklinde tanımlanmaktadır. Uzaktan algılamanın bileşenlerini hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve hava tarayıcıları oluşturur. Fiziksel temasın olmaması, uzaktan algılama tekniklerinin arkeoloji alanında kullanılmasındaki en önemli faktörlerden biridir.

İderman (2006), "Salamis Antik Kenti ve Çevresinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Tarihsel ve Güncel Arazi Kullanımları Yönünden İncelenmesi" adlı çalışmasında, Salamis Antik Kent bölgesinde yer alan Salamis Mezarlık Alanı, St. Barnabas Manastırı ve Enkomi (Alasia) şehri, uzaktan algılama yöntemleri ile kültürel dokuya zarar vermeden incelemiştir. Bölgenin geçmiş dönemdeki kullanımını ile güncel hali karşılaştırılmıştır. Bölgedeki arazinin verimli kullanılabilmesi amacıyla bölgedeki tarımsal alanların tespiti yapılmıştır. Çalışmanın sonuç amacı, tarımsal alanların uzaktan algılama yöntemleri ile belgelenmesinin, beraberinde ülkeye ekonomik anlamda katkı sağladığı düşüncesidir.

Ozulu (2005), "Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemlerinin Arkeolojiye Uygulanması" adlı çalışmasında Çorum ilindeki arkeolojik alanlar üzerinde

uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri tekniklerini kullanarak incelemeler yapmıştır. İncelemeler sonucunda arkeolojik alan sınırları içerisinde seramik parçaları bulunmuştur. Alacahöyük arkeolojik sit alanında gerçekleştirilen belgeleme çalışmaları entegre şekilde uygulanmıştır. Uydu fotoğraflarıyla alan hakkında yüzeysel bilgiler elde edilirken, hava fotoğrafları ile modelleme desteklenmiş ve yüzey ayrıntıları tespit edilmiştir. Elde edilen modeller sayesinde zamanla yüzeylerde meydana gelen değişimler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, dokunulmamış bölgelerin entegre yöntemler kullanılarak tespitinin sağlanmasının gerekliliği vurgulanmıştır.

Uzaktan algılama sistemlerinde kullanılan İHA'lar, hızlı ve ekonomik olması nedeniyle hava fotogrametrisi çalışmalarına destek olarak sektöre girmiş, böylelikle de akademik birçok araştırmaya fayda sağlamıştır. Uslu Koçyiğit (2020), "Arkeolojik Alanlarda İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İçin Veri Tabanı Oluşturma: Anemurium Antik Kent Örneği " adlı çalışmasında Anemurium Antik Kent alanında İHA kullanarak sayısal yükseklik modeli, ortofoto, ve 3B model üretmiştir. Çalışma sonucunda, İHA'ların hassas koordinat bilgisinden dolayı taş yapıların modellerinin çıkarılmasında kullanılabilir araçlar olduğu ve maddesel kültür varlıklarının belgelenmesi konusunda gerekli altlık verilerin üretilmesi için uygun yöntem oldukları sonucuna ulaşılmıştır. İHA ile yapılan envanter ve veri tabanı tasarımı çalışmasında, 60 m yükseklikten uçuş yapılarak X, Y, Z konum hassasiyetlerinin değer olarak 10 cm altında ortomozaik görüntü elde edilmiş ve birçok çalışma için dijital altlık oluşturulmuştur. Gelecekte tüm arkeolojik alanlar üzerinde benzer haritalama çalışmaları yapılmasının faydalı olacağı belirtilmiştir.

Erbay (2018) tarafından yapılan "Uzaktan Algılama Teknolojilerinin Arkeoloji Alanında Kullanımı ve Müze Bilim Alanına Yaptığı Katkılar" isimli çalışma, Erythrai, Keykenes, Sagalassos gibi antik sit alanları örneği üzerinden uzaktan algılama sistemlerinin arkeolojik alanların tespitinde kullanılabileceğini kanıtlamayı hedeflemiştir. Yüzey araştırması sonucunda, ileri teknolojik belgeleme yöntemlerinin arkeoloji disiplini için önem arz ettiğinin altı çizilerek müzecilik faaliyetlerinde kullanılması gerekliliği vurgulanmıştır.

Arkeoloji bilimi içerisinde, zamanla yeryüzünde oluşan tüm değişimler hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri ile incelenebilmektedir. Ozulu ve Altan'ın (2007) "Hava Fotoğrafları Kullanılarak Arkeolojik Alanların Değişim Analizi: Hattuşa Örneği" isimli çalışmasında Hattuşa 'da uzaktan algılama ile farklı tarihlerde çekilmiş görüntüler ile bölgedeki fiziksel değişim süreci incelenmiştir. Uzaktan algılama yöntemleriyle çekilmiş hava fotoğrafları sayısal ortamda incelenerek fiziksel değişimler yorumlanmıştır.

### **2.3. Arkeolojide Coğrafi Bilgi Sistemlerinden Yararlanılması**

CBS, disiplinler arası kullanımı oldukça yaygınlaşan uzaysal bir veri tabanıdır. Bu veri tabanı sayesinde dokümantasyon işlemlerinin arkeoloji alanında kullanıldığına dair yapılan literatür incelemesinde birçok akademik çalışmanın olduğu gözlemlenmiştir (Öztürk, 2010; Güleç vd., 2015; Kardeş, 2010; Pişkin, 2011; Atalay, 2016; Levent, 2009; Kısaaga ve Durduran, 2016; Uysal, 2008; Gerrits, 2018).

CBS, geniş bir veri tabanına sahiptir ve toplanan her türlü verinin zamanla değişen teknolojilere uyarlanabilirliği açısından oldukça önemli bir dokümantasyon yöntemidir. Geçmiş dönemlerde antik şehirlerde yaşamış toplumların tarihlerine ışık tutmak amacıyla gerçekleştirilen kazı çalışmaları, coğrafi bilgi sistemleri ile desteklenerek geçmiş dönem yaşam biçimlerini, yerleşim ilkelerini ve birçok sosyolojik kaynağın sebep-sonuç ilişkisini de araştırmaktadır. Karakulak (2016), "Antik Kentlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Yerleşim İlkelerinin Araştırılması: Pergamum Ve Ephesus" isimli çalışmasında CBS gibi üç boyutlu modelleme tekniklerinin antik kentlerin yerleşim ve planlama ilkelerinin araştırılmasına katkısını irdelemiş ve örnek olarak Pergamum ve Ephesus antik kentlerini çalışmıştır. Sonuç olarak, Pergamum ve Ephesus antik kent yapıları üzerinde uygulanan analiz çalışmalarından hareketle, antik dönem kentlerinin dokusu ve mekânsal fonksiyonlarıyla ilgili çıkarımlar da bulunulmuştur.

Kırçın (2019), "Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniklerinden Yararlanarak Tarihi Kaya Mekânlarında Peyzaj Envanteri Oluşturulması: Afyonkarahisar Kusura Köyü Kaya Mekânları" isimli çalışmasında, çalışma alanı olarak Afyonkarahisar ili Kusura köyü kaya mekânlarındaki 7 adet kaya mekânı ve çevresinin mekânsal envanterinin CBS desteği ile çıkarılmasını amaçlamıştır. Bu amaçla, önceki araştırmalar ışığında, saha ziyaretlerinde bulunmuş ve farklı kaynak ve formatlarda mekâna ait verileri temin etmiştir. Elde edilen envanter ile bu mekânda ileriye yönelik oluşturulacak tüm arkeolojik araştırma, kazı, sondaj, restorasyon, peyzaj planlama, yönetim ve tasarım çalışmalarına mekânsal veritabanı oluşturulması ve multidisipliner çalışma paydaşlarına katkı sağlanması beklenmiştir.

İnsanlığın ortak değeri olan kültürel miras, tarih boyunca çeşitli sebeplerle sürekli olarak tahriplere uğramıştır. Savaşlar, afetler, insan tahribatları günümüzde de devam etmektedir. Kültürel mirasa yönelik bu saldırıların asıl amacı tarihi yok etmektir. Bu tür risk altında olan bölgelerdeki her türlü tarihi ve arkeolojik yapının korunarak gelecek nesillere sağlam şekilde aktarılması konusu son derece önemlidir. Bu noktada gerçekleştirilecek düzenli dokümantasyon işlemleri, kültürel mirasın korunması konusunda büyük önem taşımaktadır. Risk altında olan bölgelerde belgeleme çalışmaları yapılırken en hassas yöntemler kullanılmalıdır. Makale çalışması kapsamında ele alınan literatür araştırmasında görüldüğü üzere, ileri teknolojik yöntemlerin kullanımı son yıllarda artmaktadır. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak gerçekleştirilen belgeleme çalışmalarında asıl amaç hassas veri oluştururken aynı şekilde yapı ve çevresine de zarar verilmemesidir. Özellikle riskli bölgelerde gerçekleştirilecek belgeleme çalışmalarında kültürel mirasa temasın en aza indirgenmesi konusunun altı çizilmelidir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, uzaktan algılama ve yersel fotogrametri entegrasyonu ile İstanbul Kara Surları örneklem alanında uygulanacak 3B modelleme çalışmasında kullanılacak materyal ve bu materyalin kullanılmasında uygulanan yöntem açıklanmıştır.



### 3.1. Materyal

Makale çalışmasının materyali, uygulama alanı olarak seçilen ve riskli bölge tanımlamasına uygun, İstanbul Kara Surları örnekleme hakkında her türlü yazılı ve görsel verilerdir. Makale konusu ile ilgili örneklem alanda uygulanacak 3B modelleme çalışmasında kullanılan veriler, kullanılan teknik donanım ve yazılımlar çalışmanın materyallerini oluşturur. Materyallerden ilki makalenin “kaynakça” kısmında belirtilmiş olan yazılı kaynaklardı. Yazılı kaynaklar, taranan literatürdür. Konuyla alakalı daha önceki araştırmaların incelenmesi, literatür taraması ile gerçekleştirilmiş ve tarama sayesinde konu ile ilgili fikir sahibi olunmuştur.

Bu çalışmada, İstanbul Kara Surları'nın ön sur yapısındaki 1. burç (T1) ile 2. burç (T2) arası modellenirken, arazi çalışması sırasında yerden çekilmiş fotoğraflar, uzaktan algılama yöntemi ile çekilmiş hava fotoğraflarıyla entegre edilmek istenmiştir. Kullanılacak hava fotoğrafları İhlas Haber Ajansı'nın 6 Şubat 2017 tarihli “İstanbul'un Can Çekişen Surları Havadan Görüntüldü” başlıklı haberinin orijinal görüntülerinden elde edilmiştir. İhlas Haber Ajansı tarafından sağlanan drone ile çekilmiş video, hava fotoğrafı haline getirilmiştir. Sur ve duvar yüzeylerindeki ulaşılamayan noktalar modelleme aşamasında hava fotoğrafları kullanılarak tamamlanmak istenmiştir. Çalışma alanına ait yersel fotogrametri verileri 1. burç ve 2. burç için toplamda 100 adet fotoğraftan oluşmaktadır. Arazi çalışmasında çekilen fotoğraflar, modelleme çalışmasının ana verilerini oluşturmaktadır.

Surların cephe ve duvarlarının yersel fotogrametri çalışmasında Nikon D3300 marka fotoğraf makinesi ve tripod kullanılmıştır. Çalışma yersel fotogrametri ve uzaktan algılama yöntemlerinin entegrasyonunu içerdiğinden İhlas Haber Ajansı tarafından sağlanan drone görüntülerini hava fotoğrafı formatına dönüştürmek için Adobe Premiere Pro 2021 yazılımı kullanılmıştır. Elde edilen hava fotoğrafları ile yersel fotogrametri verilerini 3 boyutlu modelleme aşamasında ise Agisoft Photoscan Pro yazılımı kullanılmıştır. Örneklem alanda arazi çalışması yapılmış ve yüzey alanlar üzerinde, 5 m x 19 mm ölçülerinde bir çelik şerit metre kullanılarak ölçüm yapılmıştır.

### 3.2. Çalışma Alanı

Çalışmanın ana konusu olan risk altında olan bölgelerdeki belgeleme çalışmalarında uzaktan algılama ile fotogrametri yöntemlerinin entegrasyonu kapsamında, örneklem alanı Dünya Miras Alanı olan İstanbul Kara Surları bölgesi olarak belirlenmiştir. İstanbul Kara Surları Koruma Alanı, Tarihi Yarımada'nın batı sınırında, kuzey - güney doğrultusunda Haliç'ten Marmara Denizi'ne kadar olan bölgeyi kapsamaktadır. Kara Surları bölgesinin toplam uzunluğu yaklaşık 7 kilometredir. Bu sebeple çalışma kapsamında tüm bölge değerlendirilmeye alınmamıştır. Nisan 2021 tarihli arazi çalışmasında, İstanbul Kara Surları'nın Marmara yönü başlangıç noktası olan Mermer Kule'nin kuzeybatı yönü itibarıyla başlayan sur ön

duvarındaki toplam 96 adet burçtan 1. burç (T1) ve 2. burç (T2) dâhil olmak üzere burçlar arası ön sur duvarı örneklem alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



**Şekil 1.** İstanbul Kara Surları T1 (sol) ve T2 (sağ) burçları

Örneklem alanı, İstanbul'un Tarihi Yarımada'sını dış tehditlerden korumak için inşa edilmiş bir sur sistemidir. Bizans Dönemi'nin en başarılı mimarlık örneklerindedir. Askeri savunma hattı olarak kullanılan sur duvarları yaklaşık 7 kilometre uzunluğundadır ve II. Theodosius ile Manuel Komnenos surlarını kapsamaktadır. Sur duvar yapısı üç bölümden oluşmaktadır. Bunlar ; hendek, ön sur ve ana sur savunma sistemleridir. (Ahunbay, 2007).

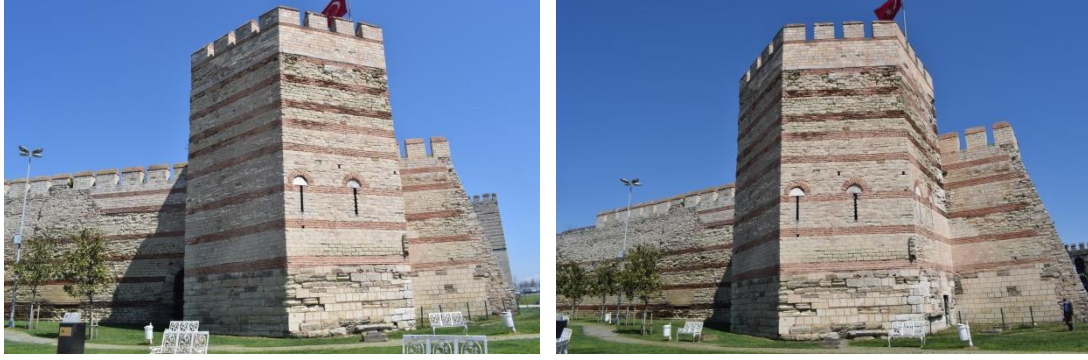
### 3.3. Yöntem

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın yöntemi açıklanmaktadır. Makale çalışması yöntem olarak iki aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın temel yöntemi, risk altındaki bölgelerde dokümantasyon ve belgeleme çalışmaları yapılırken ileri teknolojik belgeleme yöntemlerinin kullanılması olup, esas olarak yersel fotogrametri ve uzaktan algılama entegrasyon uygulamasıdır. Uygulamada çeşitli yazılımlar kullanılarak 3B modellerin üretilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışmalar ilk aşama arazi ve ikinci aşama ofis çalışması olarak iki işlem basamağında gerçekleştirilmiştir. İstanbul Kara Surları örneklem alanında uygulanacak 3B modelleme çalışması, çalışma alanı hakkında elde edilebilen veriler doğrultusunda belirlenmiştir.

#### 3.3.1. Arazi Çalışması

İstanbul Kara Surlar'ı T1 ve T2 burçları arasının üç boyutlu modellenmesi için arazi çalışmasında; çalışma sahasındaki tüm detaylar ve özellikler incelenerek fotoğraf çekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Nikon D3300 marka fotoğraf makinesi kullanılarak yersel fotogrametri çalışması gerçekleştirilmiştir. İlk olarak surlar, yerden enine ve boyuna olacak şekilde yüksek oranda bindirme tekniğiyle çekilmiştir. Fotoğraf çekimi sırasında açılara dikkat edilmiştir ve çekim renkli yapılmıştır. Alanda düzlemsel olarak kesitlerin

fazla olmasından kaynaklı, yakın ve uzak çekim yapılmıştır ve farklı açılardan bindirmeli olarak çekim yapılmasına özen gösterilmiştir (Şekil 2 ve Şekil 3).

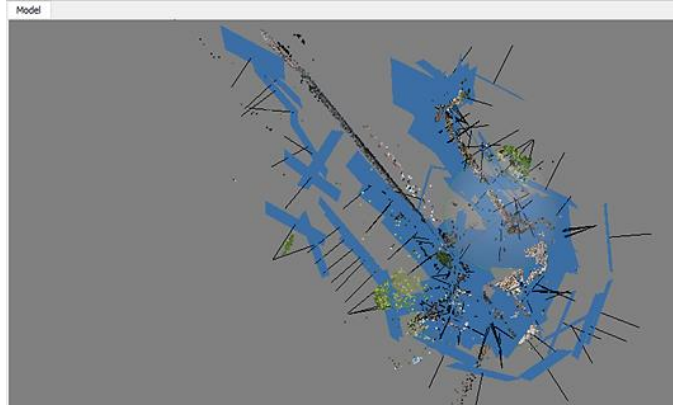


Şekil 2. T1 burcu farklı açılardan çekilmiş fotoğraflar



Şekil 3. T2 burcu farklı açılardan çekilmiş fotoğraflar

Nisan 2021 tarihli arazi çalışmasında yapının etrafı, belirlenmiş noktalar üzerinden taranarak çekilmiştir ve her fotoğraf çekimi sırasında yer değiştirilmiştir. Yakın ve uzak çekim sırasında yapıya olan mesafenin her noktada eşit şekilde olmasına dikkat edilmiştir (Şekil 4). Yersel fotoğrafların çekiminde çözünürlüğü 24,2 MP olan Nikon D3300 dijital fotoğraf makinası kullanılmıştır (Şekil 5). Çekilen fotoğraflar mümkün olduğunca geniş açıyla, bir defada en fazla alanı kapsayacak şekilde çekilmişlerdir.



**Şekil 4.** Agisoft Photoscan Pro yazılımı üzerinde fotoğraf çekim noktaları gösterimi



**Şekil 5.** Nikon D3300 dijital fotoğraf makinası (Anonim-1,2021)

Fotoğraf çekimi sırasında güneşin yüzeyi tam olarak aydınlattığı vakit beklenmiş olmasına rağmen, çekim esnasında ışık-gölge oluşturmuş bazı fotoğraflar modelleme aşamasında elenmiştir. Eleme yapılan fotoğraflar, modelleme aşamasında eksiklik yaratmayacak ve açılabilir boşluk oluşturmayacak fotoğraflardır (Şekil 6). Surların alan boyutunun fazla olmasından dolayı daha sağlıklı sonuçlar alabilmek adına, sur boyut ve genişlik ölçüleri çelik şerit metre yardımıyla ölçülmüştür.



**Şekil 6.** Eleme yapılan fotoğraf örnekleri

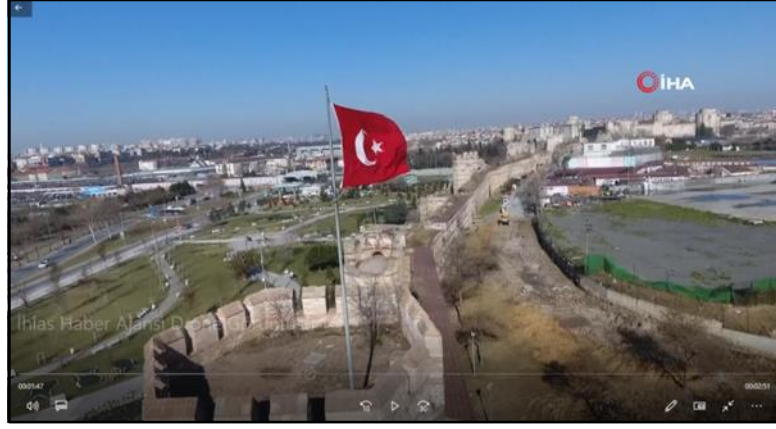


### 3.3.2. Ofis Çalışması

Çalışmasının ilk aşaması genel olarak arkeolojide fotogrametri, uzaktan algılama ve CBS sistemlerinden yararlanılması konularının araştırılması sürecini kapsamaktadır. Bu aşamada izlenen yöntem, konuyla ilgili temel kavramlarda araştırılan çalışmaların taranması ve konuyla ilgili bilgi ve belge aktarımının sağlanmasıdır. Literatür taraması aşamasında Ulusal Tez Merkezi (Anonim-2, 2021), Google Scholar (Anonim-3, 2021), ScienceDirect (Anonim-4, 2021), Researchgate (Anonim-5, 2021) ve DergiPark (Anonim-6,2021) yayın tarama platformları kullanılmıştır. Çalışmanın amacı, öncelikli olarak risk altındaki arkeolojik alanların belgelenmesi süreçlerinde kullanılan ileri teknolojilerin imkân ve avantajlarını vurgulamakla birlikte, bu belgeleme tekniklerinin entegre edilmesi gerekliliğinin de altını çizmektir. Bu amaç doğrultusunda risk altındaki arkeolojik bölgelerin zaman içindeki değişim ve tahribat süreçlerinin düzenli olarak dokümantasyon işlemlerine tabi tutulması çalışmanın uygulanma amacıdır. Devamında çalışmanın amacı, önemi, kapsamı ve sınırlılıkları belirlendikten sonra çalışmada kullanılacak teorik bilgiler araştırılmış ve “temel kavramlar” kısmında açıklanmıştır.

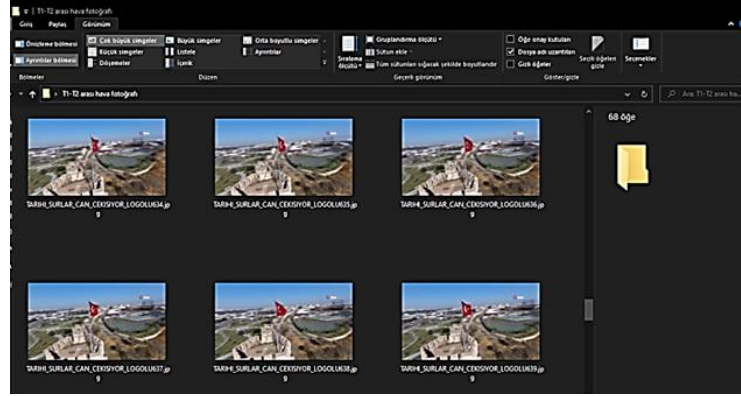
Makale çalışması kapsamında araştırma alanı olarak İstanbul Kara Surları seçilmiştir. Örneklem alan olarak seçilen İstanbul Kara Surları'nın nitelikleri “Çalışma Alanı” kısmında yer almaktadır. İstanbul Kara Surları'nın örneklem alan olarak seçilmesinin nedeni, makale çalışması kapsamında ele alınacak olan “risk altındaki arkeolojik alanlar” tanımına uymasındadır. Çalışmanın amacının ve çalışma alanının belirlenmesinin ardından 3B modelleme aşamasında kullanılacak gerekli donanım ve yazılım verileri, akademisyenlerin görüşlerine dayanarak ve temel kavramlar bölümünde elde edilen araştırma bulgularına uygun olarak belirlenmiştir.

İstanbul Kara Surları üzerinde uygulanacak modelleme çalışması bazı sınırlılıklar içermektedir. Söz konusu sınırlılıklardan biri, uzaktan algılama yöntemi ile elde edilen hava fotoğraflarının yetersizliğidir. Bu bağlamda, geniş çaplı bir veri araştırması sürecine girilmiş ve en uygun hava fotoğrafları elde edilmeye çalışılmıştır. Modelleme aşamasına geçilmeden önceki bu süreçte, yersel fotogrametri ve uzaktan algılama entegrasyonu konusunda sağlıklı verilerin elde edilmesi, çalışmanın kritik noktası olmuştur. Öyle ki, uygulamaya geçilmeden önce 3B modellemede kullanılacak verilerin sağlanmış olması gerekmektedir. Bu sebeple, konuyla alakalı araştırmalar sonucunda İhlas Haber Ajansı ile iletişime geçilmiş ve 6 Şubat 2017 tarihli “İstanbul'un Can Çekişen Surları Havadan Görüntülendi” (Anonim-7, 2021) başlıklı haberin orijinal drone görüntüleri tarafıma ulaştırılmıştır. Elde edilen İHA ile çekilmiş drone görüntüsü İstanbul Kara Surları'nın tümünü kapsamaktadır. Bu nedenle video, örneklem alanı olan T1 ve T2 burçları arasını çektiği dakikaya göre kırılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Haberin T1 ve T2 burçlarını gösterdiği 01:47. dakikası

Ofis çalışmasının devamında, drone görüntüleri JPEG formatına dönüştürülmüştür. Fotoğraf haline dönüştürme aşamasında fotoğrafların kalite ve renk ayarlarının net çıkması için Adobe Premiere Pro 2021 yazılımı kullanılmıştır. Modelleneyecek olan T1 ve T2 burçları için toplam 68 adet hava fotoğrafı elde edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. T1 ve T2 burçları için dönüştürülmüş hava fotoğrafları dosyası

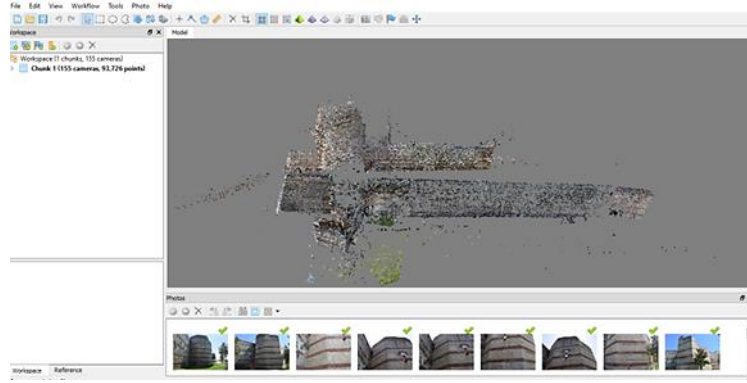
Çalışma kapsamında uygulanacak modelleme çalışması için incelenen kavramsal temelerde, arkeolojik alanlardaki ileri belgeleme yöntemlerinin birlikte kullanımına sıkça rastlanmıştır. Fakat incelenen fotogrametri ve uzaktan algılama yöntemlerinin entegrasyonu konusundaki belgeleme çalışmalarında, eski tarihlerde çekilmiş hava fotoğraflarının kullanılması yerine, arazi çalışması yapıldığı ve gerekli ekipman ve yazılımlarla hava fotoğraflarının güncel tarihlerde İHA'lar ile sağlandığı görülmüştür. Söz konusu örnek uygulamalar makalenin "Temel Kavramlar" kısmında detaylı olarak açıklanmıştır. Bu sebeple, risk altında olan arkeolojik alanlardaki belgeleme yöntemlerinin entegrasyonu konusunu destekleyecek olan bu çalışmada, 3B modelleme için kullanılacak hava fotoğraflarının güncel tarihte çekilmiş olmaması ve 2017 yılı İHA drone görüntülerinden elde edilmesi literatürde yer alan uygulama örneklerinin yanı

sıra çalışma alanının nitelikleri ve çalışmanın uygulama stratejisi bakımından farklılık göstermektedir. Günümüzde akademik ve bilimsel araştırmalar birbirlerine destek veren bir sürecin içinde olduğundan bu proje çalışmasının bundan sonraki belgeleme çalışmalarında kullanılacak yazılım ve uygulamalar için yararlı olması ve kullanılan yöntem ve materyallerin 3B modelleme aşamasında uygulanabilirliği konusunda kılavuz oluşturması beklenmektedir.

Uzaktan algılama yöntemlerinin avantajları arasında olan en önemli unsurlardan biri de, arazi çalışması yapılırken ulaşılması güç olan duvar yüzeylerine hava fotoğrafları sayesinde ulaşabilmektir. Bu avantaj, bu çalışma için modelleme aşamasında uzaktan algılama yöntem araç ve gereç sınırlılığı söz konusu olduğundan başka kaynaktan sağlanabilmiştir. İstanbul Kara Surları örnekleminde 3B modelleme için kullanılacak asıl fotoğraflar yersel fotogrametri çalışması sürecinde sağlanmıştır ve çalışmanın “Arazi Çalışması” kısmında süreç detaylı olarak anlatılmıştır.

Arazi çalışmasından elde ettiğimiz fotoğraflar ve haber ajansından sağlanan drone görüntüleri özenle seçilerek Agisoft yazılımına aktarılması için bilgisayara kaydedilmiştir. Agisoft PhotoScan Pro yazılımı, yöntem olarak Hareket ile Nesne Oluşturma / Structure From Motion (SFM) yöntemini kullanmaktadır. SFM, özellikle son yıllarda kullanımı artan, yüksek çözünürlüklü veri kümeleri üzerinde çalışmaya olanak sağlayan ve dijital görüntülerden topografik bilgi elde etmeye yarayan düşük maliyetli bir fotogrametri tekniğidir (Morgan ve Brogan, 2016). Bu teknoloji 1979 yılından itibaren çeşitli biçimlerde var olmuştur (Ullman, 1979). SFM tekniği, üç boyutlu bir alanda farklı açılardan çekilmiş çok sayıda görüntüyü kullanarak, nesneyi sayısal ortamda üç boyutlu hale getirebilen bir yöntemdir (Ulvi ve Yiğit, 2019). Agisoft Photoscan Pro. yüksek çözünürlüklü ortofoto ile son derece detaylı DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) oluşturmasına olanak sağlayan bir yazılımdır. Yazılım JPEG, TIFF, PNG gibi giriş formatlarını destekler. Bu çalışmada ise JPEG formatı üzerinden çalışılmıştır. Yazılımda kamera kalibrasyon verileri program tarafından hesaplanır. Uygulama esnasında uygulanacak adımlar şu şekilde sıralanmıştır;

İlk olarak Agisoft Photoscan programını çalıştırdıktan sonra “Workflow” sekmesi altındaki “Add Photos” yazan sekmeye tıklanır ve kullanacağımız fotoğraflar dosya konumundan seçilir ve programa eklenir. Toplamda 68 adet hava fotoğrafı ve 155 adet yersel fotoğraf eklenmiştir. Uygulamanın devamında programın eklenen fotoğrafları algılaması için hizalama işlemi (Align Photos) yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda Workflow menüsü altındaki “Align Photos” seçeneği seçilmiştir. Hizalama işleminde program, fotoğrafların modellenecek olan surlara uzaklıklarını ve çekim konum noktalarının hesaplanmasına yardımcı olacak olan bağ noktaları kümesini (Tie Points) oluşturur. Fotoğrafların eşleştirilme işlemi 16 saat 49 dakika sürmüştür. Bu eşleme işlemi sonucunda 93,726 adet nokta bulutu üretilmiştir (Şekil 9). Fakat hava fotoğraflarının hizalama işlemi sırasında program tarafından hizalamaya alınmadığı ve nokta bulutu oluşturmadığı görülmüştür. Bu sebeple Agisoft Photoscan Pro’da modellemenin diğer aşamalarına geçilememiştir.



Şekil 9. Aligh Photos işlemi sonucunda elde edilen nokta bulutu görüntüsü

#### 4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Kültürel mirasın belgelenmesi konusunda ilerleyen teknoloji ile birlikte günümüzde oldukça başarılı dokümantasyon çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu noktada geçmişten günümüze kadar tarihe ışık tutacak her türlü tarihi ve kültürel değerlere sahip miras öğelerinin korunması konusundaki ihtiyacın öneminin vurgulanması gerekmektedir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak geleneksel belgeleme çalışmaları yerini fotogrametrik yaklaşımlara ve lazer tarama yöntemlerine bırakmıştır. Ülkemizin sahip olduğu kültürel miras göz önünde bulundurulursa eserlerin belgelenmesi konusunda bu yöntemlerin sağladığı zaman ve maliyet konusundaki her türlü avantaj belgeleme çalışmalarının gelişmesine de olanak sağlamaktadır.

Makale çalışması kapsamında İstanbul ilinde bulunan Kara Surları'nın (Theodosius Surları) 3 boyutlu modeli, yersel fotogrametri ve uzaktan algılama sistemlerinden biri olan İHA'nın entegre şekilde uygulanmasıyla elde edilmeye çalışılmıştır. Risk altında olan kültürel miras öğelerinin belgeleme çalışmalarında ileri teknoloji yöntemlerinin kullanılması ve bu yöntemlerin entegre şekilde uygulanması dokümantasyon oluşturma süreçlerinde önemli gelişmeler göstermiştir. Arkeolojik araştırmalarda kültürel mirasın belgelenmesinin ana amacı, tüm arkeolojik buluntuların buldukları şekilde korunması, gerekli ise restore edilmesi ve gelecek nesillere aktarılmasıdır. Türkiye, günümüze kadar pek çok medeniyete ev sahipliği yapmıştır ve bu kültür mirasları belgelemek son derece önemlidir (Kork, Şeker ve Diler, 2006). Bu anlayıştan yola çıkarak bu çalışmada, arkeolojik araştırmalarda kültürel mirasın izlenmesi ve doğru bir şekilde belgelenmesi sürecinde, özellikle risk altında kalmış ve gelecek nesillere aktarılması konusunda endişe duyulan arkeolojik alanlardaki ileri teknolojik belgeleme tekniklerinin entegrasyonu konusunun altı çizilmiştir.

Agisoft Photoscan Pro yazılımında örneklem alan için uygulanan modelleme aşaması arazi ve ofis çalışması olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmasında yersel fotogrametri tekniği kullanılarak fotoğraflama gerçekleştirilirken surların erişilemeyen noktaları İHA verileri ile entegre edilerek modelleme aşamasında sağlıklı bir model elde edilmeye çalışılmıştır. Uzaktan algılama sistemlerinin yersel çalışmalara büyük katkısı vardır. Bu çalışma için güncel olmayan İHA verileri (drone görüntüleri) kullanılmıştır. Bunun sebebi uzaktan algılamada kullanmak için yeterli materyalin



olmamasıdır. Drone eksikliği sebebiyle İhlas Haber Ajansı'nın 2017 tarihli haber görüntüleri kullanılmıştır. Drone görüntüleri hava fotoğrafı haline dönüştürülmüştür. Kullanılan hava fotoğrafları yersel fotoğraflarla birleştirilerek Agisoft Photoscan Pro yazılımına aktarılmıştır. Fakat Agisoft 3B modelleme yazılımı farklı tarihlerde çekilmiş fotoğrafları program içerisinde birleştirememiştir. Süreç içerisinde fotoğrafların birleşmemelerinin ana sebebi çekim zamanlarındaki farklılık sebebiyle ışık değerlerinin farklı olması ana etmendir. Deneme yanılma yoluyla gerçekleşen bu örnek çalışmanın ileri dönemlerde yapılacak olan ileri belgeleme tekniklerinin entegre halinde olduğu belgeleme çalışmalarına örnek olması beklenmektedir. Bu bağlamda daha önce literatürde rastlanılmayan bir modelleme çeşidi denenmiştir. Yapılan incelemeler ve araştırmalar sonucunda bundan sonraki belgeleme çalışmalarında Agisoft yazılımında İHA verileri ile yersel fotogrametrik verilerin entegrasyonu konusunda yapılacak çalışmalara altlık oluşturması için de bazı yapılması ve yapılmaması gereken önemli noktalara ulaşılmıştır. Tüm bu noktalar çalışmanın "Öneriler" kısmında açıklanmıştır.

İstanbul Kara Surları bölgesinde yapılacak 3B modelleme aşamasında kullanılacak hava fotoğraflarının yetersizliği sınırlılık oluşturmuştur. Ülkedeki COVID-19 küresel salgını sürecinden kaynaklı sokak kısıtlamaları sebebiyle drone ile çekim yapılamamış ve hava fotoğrafları tek bir kaynaktan elde edilmiştir. Bu sebeple drone ile çekilmiş haber görüntülerinde en net çıkmış olan görüntüler kullanılmaya çalışılmıştır. Video görüntülerinin yüksek çözünürlüklü olmaması ve fotoğraf formatına dönüştürme sırasında fotoğraf kalitesinin azalması da modelleme aşamasındaki bir diğer sınırlılıktır. Arazi çalışmasında surlara erişiminin halka açık olmasından kaynaklı ağaçlandırma faaliyetleri, sokak mobilyaları (bank, çöp kutusu), ışık- gölge yansımaları gibi durumlar da modelleme çalışmasında sınırlılık getirmiştir. Son olarak, Agisoft Photoscan Pro yazılımının, yersel fotoğrafları yakın tarihte oluşturulmuş uydu verileriyle (hava fotoğrafları) birleştirmemesi (entegre etmemesi) sebebiyle de 3B modelleme aşaması başarısızlıkla sonuçlanmıştır.

#### 4.1. Tartışma

Yersel fotogrametri kültürel mirasın korunması ve üç boyutlu modellenmesi için çok uzun zamandır kullanılmaktadır. Dış mekanlarda tek başına geniş alanlarda çalışılması zordur. Bu sebeple daha sağlıklı modelleme sonuçları elde etmek için diğer ileri belgeleme teknikleri olan uzaktan algılama sistemleri, CBS ile entegre edilmesi gerekmektedir. Yersel fotogrametrinin tek başına yeterliliği yoktur denemez fakat daha gerçeğe yakın modeller elde edebilmek adına entegrasyonun sağlanması gerekmektedir. Maliyet açısından daha avantajlı bir yöntemdir bu sebeple günümüzde de oldukça sık kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak uzaktan algılama yöntemlerinin yersel fotogrametriye destek vermesi ve yersel fotogrametrinin eksikliklerini gidermesi gerekmektedir.

Bu çalışmada İstanbul Kara Surları yersel fotogrametri ve uzaktan algılama yöntemiyle elde edilmiş İHA verilerinin entegrasyonu aşamasında sorun yaşanmasının sebebi hava fotoğraflarının yersel fotoğraflarla güncel tarihlerde çekilememesidir. Fakat makaledeki belirtilen öneri maddelerinin dikkate alınması halinde, yersel fotogrametrik

çalışmalar ile uzaktan algılama verilerinin entegrasyonu konusundaki 3B modelleme çalışmalarında başarılı olunacağı konusunda hiçbir şüphe yoktur.

Örnekleme alanı olan İstanbul Kara Surları, geçmişte yangın ve deprem gibi afetler nedeniyle zarar görmüştür. Günümüzde ilgisizlik sebebiyle kaderine terk edilmiş durumdadır. Kara surları insanlığın ortak mirasıdır ve sahip olduğu değerlerin korunabilmesi için vakit kaybetmeden harekete geçilmesi gerekmektedir. Düzenli dokümantasyon çalışmalarının yapılması ve risk altında olması sebebiyle de restorasyon ve düzenleme çalışmalarına hız verilmesi gerekmektedir.

#### 4.2. Öneriler

Agisoft yazılımında İHA verileri ile yersel fotogrametrik verilerin entegrasyonu konusunda yapılacak çalışmalara altlık oluşturması için de bazı yapılması ve yapılmaması gereken önemli noktalara ulaşılmıştır. Bu sonuçlar şu şekilde sıralanabilir;

- Arazi çalışması sırasında yersel fotogrametrik verilerin konum doğruluklarının sağlanabilmesi için poligon noktaları oluşturulması ve reflektörsüz totalstation cihazı kullanılması önerilmektedir.
- Fotoğraflar bindirmeli şekilde tüm alanı kapsayacak şekilde çekilmelidir.
- Hava koşulları dikkate alınarak en uygun zaman belirlenmelidir.
- İHA verilerinden sağlanan hava fotoğraflarının yersel çalışmayla entegre edilebilmesi için aynı tarihlerde çekilmiş olması gerekmektedir. Aynı tarihte çekilememiş ise benzer ışık yoğunluğu ve gün içindeki saat aralığı benzer olmasına özen gösterilmelidir.

#### KAYNAKÇA

Anonim-1 (2021). Son Erişim Tarihi: 29 Nisan 2021. Erişim Adresi:

<http://www.digitalcamerareview.com/picture/?f=56566>

Anonim-2(2021). Son Erişim Tarihi: 28 Nisan 2021. Erişim Adresi:

<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>

Anonim-3 (2021). Son Erişim Tarihi : 28 Nisan 2021. Erişim Adresi:

<https://scholar.google.com/>

Anonim-4 (2021). Son Erişim Tarihi: 28 Nisan 2021. Erişim Adresi:

<https://www.sciencedirect.com/>

Anonim-5 (2021). Son Erişim Tarihi: 28 Nisan 2021. Erişim Adresi:

<https://www.researchgate.net/>

Anonim-6 (2021). Son Erişim Tarihi: 28 Nisan 2021. Erişim Adresi:

<https://dergipark.org.tr/tr/>

Anonim-7 (2021). Son Erişim Tarihi: 28 Nisan 2021. Erişim Adresi:

<https://www.youtube.com/watch?v=bqAyLu1hSjU>

Ahunbay, Z. (2007). "Kuram ve Uygulama", Uluslararası Karasurlarının Korunması İçin Uygun Yaklaşım ve Yöntemler Sempozyumu: İstanbul, 20-22 Ocak 2007, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yayınları, s. 68.

- Alatepeli, S. (2009). *Antik kaynaklar ve kalıntılar ışığında coğrafi bilgi sistemine dayalı Smyrna kenti arkeolojik haritasının hazırlanması* (Doctoral dissertation, DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü).
- Almagro, A. (1999). Photogrammetry for everybody.
- Alshawabkeh, Y., El-Khalili, M., Almasri, E., Bala'awi, F., & Al-Massarweh, A. (2020). Heritage documentation using laser scanner and photogrammetry. The case study of Qasr Al- Abidit, Jordan. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 16, e00133.
- Andreu, J., & Serrano, P. (2019). Contributions of the digital photogrammetry and 3D modelling of Roman inscriptions to the reading of damaged tituli: an example from the Hispania Tarraconensis (Castiliscar, Saragossa). *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 12, e00091.
- Atalay, B., (2016). CBS Ortamında Kentsel Sit Alanlarındaki Arkeolojik Değerlerin Algılanabilirliği; Side Antik Kenti Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Beg, A. A. (2018). 3 Boyutlu Modellemede Yersel Lazer Tarama ve İnsansız Hava Araçları Verilerinin Entegrasyonu ve Kilistra Antik Kenti Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Bozdağ, İ., & Selvi, H. Z. (2018). *Arkeolojide CBS analizlerinin uygulanması: Eflatunpınar ve Fasillar örneği* (Master's thesis, Necmettin Erbakan Üniversitesi).
- Duran, Z., & Toz, G. (2010). Tarihi Eserlerin Fotogrametrik Olarak Belgelenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemine Aktarılması. *İTÜ Dergisi*, 2(6).
- Erbay, M. (2018). Uzaktan algılama teknolojilerinin arkeoloji alanında kullanımı ve müze bilim alanına yaptığı katkılar.
- Gerrits, P. J. (2018). *Application of Gis and Multiproxy Analysis in Neolithic Anatolia: An Intra-settlement Spatial Anaysis at Barcın Höyük* (Doctoral dissertation, Koç University).
- Güleç, Ö., Tokat, S., Akyol, E., Söğüt, B., & Alkan, M. (2015). Tarihi Yerleşim ve Arkeolojik Yapı Bilgi Sistemi: Denizli İli Örneği. *Afyon Kocatepe University Journal of Science & Engineering*, 15(3).
- Hepyörük, G. (2015). Tarihi ve kültürel varlıkların belgelendirilmesi ve üç boyutlu modelinin oluşturulmasında yersel lazer tarayıcıların kullanım olanaklarının araştırılması ve Karacabey Türbesi (Ankara) örneği. Selçuk Üniversitesi, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Hanan, H., Suwardhi, D., Nurhasanah, T., & Santa Bukit, E. (2015). Batak Toba cultural heritage and close-range photogrammetry. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 184, 187-195
- Iderman, E. (2006). Salamis antik kenti ve çevresinin uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak tarihsel ve güncel arazi kullanımları yönünden

incelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Adana.

- İçel, A. (2018). Yersel lazer tarama teknolojisi ile arkeolojik harita üretimi: Karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri (Archeological map production by terrestrial laser Scanning technology: Problems and solution)
- Jo, Y. H., & Hong, S. (2019). Three-dimensional digital documentation of cultural heritage site based on the convergence of terrestrial laser scanning and unmanned aerial vehicle photogrammetry. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(2), 53.
- Karasaka, L. (2012). Mobil yersel lazer tarama sistemlerinin fotogrametrik rölöve projelerinde kullanılabilirliği üzerine bir çalışma (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kardeş, H. (2010). Development of An Information System For Archeological Important Areas and Monuments Using GIS in Kahta District. Master Thesis in Institute of Natural and Applied Sciences, Çukurova University, Adana, Turkey
- Karakulak, S.Y. (2016) Antik Kentlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Yerleşim İlkelerinin Araştırılması: Pergamum Ve Ephesus. Yüksek Lisans Tezi, MSGSÜ, İstanbul.
- Kadobayashi, R., Kochi, N., Otani, H., & Furukawa, R. (2004). Comparison and evaluation of laser scanning and photogrammetry and their combined use for digital recording of cultural heritage. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 35(5), 401-406
- Kısaaga, M. G., & Durduran, S. S. (2016). Arkeolojik Uygulamalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) Yoluyla Mekâna Yönelik Analizler: Knidos Arkeolojik Alan Çalışması.
- Kırçın, P.N. (2019), "Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniklerinden Yararlanarak Tarihi Kaya Mekânlarında Peyzaj Envanteri Oluşturulması: Afyonkarahisar Kusura Köyü Kaya Mekânları. Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü.
- Kork, E. S., Şeker, Z. D., & Diler, A. (2006). Arkeolojik araştırmalarda kültürel mirasın belgelenmesi ve izlenmesi sürecinde "fotogrametri"nin uygulama alanları. Muğla Üniversitesi.
- Korumaz, A. G., Dülgerler, O. N., & Yakar, M. (2011). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Dijital Yaklaşımlar. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 26(3), 67-83.
- Kuban, D. (2000). Tarihi çevre Koruma ve Onarımın Mimarlık Boyut Kuram ve Uygulama, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.
- Levent, M. A. (2009). *Arkeolojik Araştırmalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Veri Tabanı Tasarımı* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Mahmod, A. A. (2017). *İnsansız hava aracı verilerinden üç boyutlu model oluşturma: Aksaray Üniversitesi Kampüs Camii* (Master's thesis, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- McCarthy, J. (2014). Multi-image photogrammetry as a practical tool for cultural heritage survey and community engagement. *Journal of Archaeological Science*, 43, 175-185.
- Morgan, J. A. and Brogan, D. J. (2016). *How to VisualSFM*, Department of Civil & Environmental Engineering Colorado State University Fort Collins, Colorado.
- Ozulu, İ. M. (2005). *Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yöntemlerinin arkeolojiye uygulanması* (Master's thesis, Anadolu Üniversitesi).
- Ozulu, İ. M., & Altan, M. (2007). Hava Fotoğrafları Kullanılarak Arkeolojik Alanların Değişim Analizi: Hattusa Örneği. *Anadolu University Journal of Sciences & Technology*, 8(2).
- Öztürk, B. (2010). *A web based gis mashup for archaeology* (Master's thesis).
- Pişkin, G. (2011). *Aliağa ve çevresindeki arkeolojik yerleşimlerin CBS ile mekânsal analizi. Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir.*
- Sucu, M. S. (2019). *İnsansız hava aracı (İHA) verilerinin kültürel mirasların belgelenmesinde kullanılabilirliği: Binbir Kilise örneği* (Master's thesis, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Ullman, S. (1979). The interpretation of structure from motion. Sydney Brenner The interpretation of structure from motion203Proc. R. Soc. Lond. Bhttp://doi.org/10.1098/rspb.1979.0006
- Ulvi, A., & Yiğit, A. Y. (2019). *Kültürel Mirasın Dijital Dokümantasyonu: Taşkent Sultan Çeşmesinin Fotogrametrik Teknikler Kullanarak 3b Modelinin Yapılması. Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 1(1), 1-6.
- Uslu, A. (2016). *Kültürel mirasın üç boyutlu modellenmesi ve web ortamında sunulması* (Master's thesis).
- Uslu Koçyiğit, F. (2020). *Arkeolojik Alanlarda İnsansız Hava Aracı (İha) Kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemi (Cbs) İçin Veri Tabanı Oluşturma: Anemurium Antik Kent Örneği. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- Uysal, C. (2008). *Integration of remote sensing and geographic information systems in archaeological applications* (Doctoral dissertation).
- Vilbig, J. M., Sagan, V., & Bodine, C. (2020). Archaeological surveying with airborne LiDAR and UAV photogrammetry: A comparative analysis at Cahokia Mounds. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 33, 102509.
- Yeğingil, İ., Dinç, U., Pestemalci, V., (1994). *Uzaktan Algılama*, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 133 s.