



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**ARKEOLOJİK ALANLARDA İNSANSIZ
HAVA ARACI (İHA) KULLANARAK
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) İÇİN VERİ
TABANI OLUŞTURMA: ANEMURİUM
ANTİK KENT ÖRNEĞİ**

Fanise USLU KOÇYİĞİT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Kasım-2020
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Fanise USLU KOÇYİĞİT tarafından hazırlanan “Arkeolojik Alanlarda İnsansız Hava Aracı Kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemi için Veri Tabanı Oluşturma; Anemurium Antik Kent Örneği” adlı tez çalışması 03/11/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Ekrem TUŞAT

.....

Danışman

Prof. Dr. S. Savaş DURDURAN

.....

Üye

Prof. Dr. Semih EKERCİN

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. S. Savaş DURDURAN
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Fanise USLU KOÇYİĞİT

Tarih: 03.11.2020

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARKEOLOJİK ALANLARDA İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) KULLANARAK COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ (CBS) İÇİN VERİ TABANI OLUŞTURMA: ANEMURİUM ANTİK KENT ÖRNEĞİ

Fanise USLU KOÇYİĞİT

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN

2020, xii + 107 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN

Prof. Dr. Ekrem TUŞAT

Prof. Dr. Semih EKERCİN

Son yıllarda birçok alanda kullanılan ve hızlı bir şekilde gelişen Coğrafi Bilgi Sistemlerinin, arkeolojik alanlarda kullanılması hem birçok çalışma için altlık oluşturmakta hem de mekânsal bir yönetim aracı olarak kullanılmaktadır. Arkeolojik alanların kalıcı kayıtlarının üretilmesi; kültürel mirasın yönetimi, korunması, planlanması, turizme elverişli hale getirilebilmesi açısından büyük yararlar sağlamaktadır. Kalıcı kayıtların ve sınırların üretilmesi için birçok yöntem kullanılmakla birlikte süreç içerisinde fotogrametri uzaktan algılama teknikleri; düşük maliyetli olması, zamandan tasarruf edilmesi ve kültür mirasları üzerinde yapılan çalışmaların temas olmaksızın tamamlanması gibi olumlu getirileri göz önünde bulundurularak tercih edilmeye başlanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında, Anemurium Antik Kent alanında İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanarak Sayısal Yükseklik Modeli, Ortofoto, 3B Model üretilmiştir. Bu veriler altlık olarak kullanılmış ve Coğrafi Bilgi Sistemleri için ilişkisel veri tabanı oluşturulmuştur. Böylelikle alanda bulunan tüm taş yapıların, yolların envanter çalışması yapılmış, kalıntıların niteliğine göre veri setleri oluşturulmuş, buna ek olarak antik kent alanında taş yapılar için adres niteliğinde adlandırma yapılmış ve ülke, il, ilçe, antik kent alanı sınırlarını da kapsayan ilişkisel veri tabanı oluşturulmuştur. Bu çalışmada, ülke genelinde bulunan arkeolojik alanların, İHA ve diğer uzaktan algılama teknikleri kullanılarak, envanter çalışmasının yapılması; alanın planlanması, korunması, yönetimi ve turizme katkı sağlayacak adımların atılmasına yönelik çalışmalar yapılmasının faydalı olacağı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arkeolojide Coğrafi Bilgi Sistemi, İHA, Ortofoto, CBS Veri Tabanı

ABSTRACT

MS THESIS

ESTABLISHING DATABASE FOR GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS) USING UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) IN ARCHAEOLOGICAL AREAS: ANEMURIUM ANCIENT CITY CASE

Fanise USLU KOCYIGIT

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN GEOMATICS ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Suleyman Savas DURDURAN

2020, xiii + 107 Pages

Jury

Prof. Dr. Suleyman Savas DURDURAN

Prof. Dr. Ekrem TUSAT

Prof. Dr. Semih EKERCIN

The use of Geographical Information Systems, which have been used in many fields in recent years and developed rapidly, in archaeological areas, is used both as a base for many studies and as a spatial management tool. Producing permanent records of archaeological sites; It provides great benefits in terms of management, protection, planning and making it suitable for tourism. Although many methods are used to produce permanent records and borders, over time, remote sensing techniques; It has started to be preferred considering its favorable benefits such as low cost, saving of time and completion of studies on cultural heritage without contact. Within the scope of this thesis study, digital elevation model, orthophoto and 3D model were produced by using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in Anemurium Ancient City area.

These data were used as a base and thus a relational database was created for Geographical Information Systems. In this way, an inventory study of all stone structures and roads in the area was made, data sets were created according to the nature of the ruins, in addition to this, an address numbering was made for stone structures in the ancient city area and a relational database covering the borders of the country, province, district and ancient city area was created. Taking this study as reference, conducting an inventory study of all archaeological sites in country using UAV and other remote sensing techniques; It was evaluated that it would be beneficial to carry out studies for the planning, protection, management of the area and taking steps that will contribute to tourism.

Keywords: Geographical Information System in Archeology, Orthophoto, GIS Database, Unmanned Aerial Vehicle

Kardeřlerim İlkay, Ceren ve Irmak'a

ÖNSÖZ

Yoğun çalışmalarını içerisinde bana zaman ayırıp tezimi ile ilgilenen değerli danışmanım Prof. Dr. S. Savaş DURDURAN' a teşekkürlerimi sunarım. İhtiyacım olduğunda desteğini benden esirgemeyen Sayın Fırat URAY'a, alan çalışmamı sağladığı büyük katkısından dolayı Sayın Mehmet TEKOCAK'a ve Anemurium Antik Kent alanı kazı ekibine teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca teknik desteğini benden esirgemeyen Sayın Gökhan DARILMAZ, Emre KOCAMAN, Bekir Osman USLU ve Ahmet DERELİ'ye teşekkür ederim.

Ulu Önder M. Kemal Atatürk'ün söylediği gibi "Vatanını en çok seven işini en iyi yapandır" ifadesini yaşam tarzı belirlemiş biri olarak, yüksek lisans çalışmam boyunca yoğun iş hayatım içerisinde görev sebebi ile yaklaşık 25 ilde bulunmama rağmen akademik çalışmamı büyük bir hevesle devam ettirdim zorlu bir süreç yaşadım. Her şeye rağmen akademik çalışma yapmaktan mutluluk ve bilime olan büyük heves ve heyecan duymamı sağlayan, hayatının tamamını ahlaklı, başarılı ve mücadeleci evlatlar yetiştirmeye ve onurlu bir yaşam sürdürmeye adanmış; bugüne kadar aldığım tüm başarılı işlerin asıl kaynağı olan ve hayatı büyük bir ciddiyetle yaşayıp bana da bu yaşam tarzını benimseten canım babam Ali USLU ve annem Emine USLU' ya yürekten teşekkür ederim.

Hayatın her alanında desteğini sürekli hissettiren, kendi iş hayatının verdiği yoğunluğun olumlu bir getirisi olarak tez çalışmamı gerekli zamanı ayırmam konusunda büyük katkı sağlayan, hayattaki en iyi arkadaşım olan sevgili eşim Kadir KOÇYİĞİT' e teşekkür ederim.

Fanise USLU KOÇYİĞİT
KONYA-2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1. Çalışma Alanı	11
3.2. Tezin Amacı.....	13
3.3. Tezin Önemi	14
4. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ ve ARKEOLOJİ BİLİMİ.....	15
4.1. Coğrafi Bilgi Sistemi Kavramı ve Bileşenleri	15
4.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanım Alanları ve Türkiye’deki Mevcut Durumu..	17
4.3. Coğrafi Bilgi Sisteminde Kullanılan Veri Kaynakları.....	19
4.4. Arkeoloji Bilimi	20
4.5. Arkeolojik Alanların Tescili ve Korunması.....	22
4.6. Arkeoloji Bilimi ve Coğrafi Bilgi Sistemi Entegrasyonu	24
4.7. Kültürel Mirasın Korunmasına Yönelik Coğrafi Bilgi Sisteminde Mekânsal Veri Toplama Teknikleri.....	26
4.7.1. Jeodezik Ölçüm Teknikleri	27
4.7.2. Fotogrametrik Ölçüm Teknikleri	28
4.7.3. Uzaktan Algılama Teknikleri.....	29
4.7.4. Lazer Tarayıcılar ile Ölçüm Teknikleri	30
4.8. Kültürel Mirasa Yönelik CBS Proje Örnekleri	31
4.8.1. Türkiye’de Tavium Antik Kenti Örneği	31
4.8.2. Türkiye’de Tarsus Gözlükule Höyüğü Örneği	33
4.8.3. Türkiye’de Kumkale ve Seddülbahir Kaleleri Örneği	35
4.8.4. Türkiye’de Kerkenes Örneği	37
4.8.5. Afganistan’da Bamiyan Vadisi Örneği	39
4.8.6. Yunanistan’da Akropol Örneği	40
4.8.7. Arnavutluk’ta 17. Yüzyıla ait Manastır Örneği	41

5. İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) FOTOGRAFETRİSİ VE ARKEOLOJİ BİLİMİNDE İNSANSIZ HAVA ARACI KULLANIMI	43
5.1. İnsansız Hava Aracı ve Kullanım Alanları	43
5.2. İnsansız Hava Aracı Fotogrametrisi	44
5.2.1. Uçuş Planı	47
5.2.2. İç Yönelme ve Dış Yönelme	47
5.2.3. Nokta Bulutu	48
5.2.4. Sayısal Yükseklik Modeli	49
5.2.5. Ortofoto Üretimi	49
5.2.6. Mozaik	49
5.2.7. Ortofoto Mozaik	50
5.2.8. Ortofoto Haritaların Kullanım Alanları	50
5.3. Arkeoloji Biliminde İnsansız Hava Aracı Kullanımının Faydaları	50
6. İNSANSIZ HAVA ARACI, COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ve ARKEOLOJİ BİLİMİ ENTEGRASYONU	52
7. İLİŞKİSEL COĞRAFİ VERİ TABANI TASARIMI VE ARKEOLOJİK ALANDAKİ ÖNEMİ.....	55
7.1. İlişkisel Coğrafi Veri Tabanı ve Genel Yapısı.....	55
7.2. Arkeolojik Alanlar için İlişkisel Veri Tabanı Tasarımı	57
8. ANEMURIUM ANTİK KENT ÖRNEĞİ.....	60
8.1. Anemurium Antik Kent Alanında İnsansız Hava Aracı İle Yapılan Çalışmalar .	60
8.1.1. Çalışma Alanı ve Alanda Kullanılan Donanımlar	60
8.1.2. Yer Kontrol Noktalarının Belirlenmesi ve Ölçülmesi	67
8.1.3. Uçuş Planı ve Uçuş Sonrası Elde Edilen Görüntüler.....	70
8.1.4. Ofis Ortamında Kullanılan Yazılım ve İş Akışı	73
8.1.5. Arazi ve Ofis Çalışması Sonrası Üretilen Veriler.....	75
8.2. Anemurium Antik Kent Alanı için Veri Tabanı Tasarımı Çalışmaları	79
8.2.1. Çalışma Alanı Araştırması ve Arazideki Taş Yapılar	79
8.2.2. Veri Tabanı Tasarımı ve Bileşenlerin Üretimi	86
9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	99
10. KAYNAKLAR	102
ÖZGEÇMİŞ	107

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
İHA	İnsansız Hava Aracı
PPP	Precise Point Positioning
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
GNSS	Global Navigation Satellite System
YKN	Yer Kontrol Noktası

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Çalışma alanı (Anemurium Antik Kent) genel görünümü.....	11
Şekil 3.2. Anemurium Antik Kent alanında hasar gören taş yapıların genel görünümü.....	13
Şekil 4.5. Anemurium Antik Kent Alanında Hasar Görmüş Taş Yapı Örnekleri.....	23
Şekil 4.6. Anemurium Antik Kent Alanında Hasar Görmüş Taş Yapı Örneği.....	25
Şekil 4.7. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Arkeoloji Bilimi Entegrasyonunda Oluşabilecek Katmanlar.....	26
Şekil 4.8. Çalışma alanının sanal görüntüsü (Müller, 2010).....	32
Şekil 4.9. Alandaki yükseklik farklarının mekânsal dağılımı (Müller, 2010).....	33
Şekil 4.10. Çalışma alanı topoğrafik harita (Müller, 2010).....	33
Şekil 4.11. Arkeolojik çizimlerin güncellenmesi çalışmaları.....	35
Şekil 4.12. Seddülbahir kalesi bölgesine ilişkin plan.....	36
Şekil 4.13. Bölgenin CBS ortamında 3 Boyutlu Modeli.....	36
Şekil 4.14. Sayısal Arazi Modeli.....	38
Şekil 4.15. Arazi katmanlarını içeren harita gösterimi.....	38
Şekil 4.16. UNESCO tarafından koruma altına alınan bölgeler (Gruen ve arkadaşları, 2004).....	39
Şekil 4.17. Arazide bulunan kültür varlıklarının 3 Boyutlu model örnekleri (Moullou, Mavromati ve Tsingas, 2008).....	40
Şekil 4.18. Yüzey model örneği (Moullou, Mavromati ve Tsingas, 2008).....	41
Şekil 4.19. Arazinin GPS tekniği ile elde edilen harita ve proje planı (Bitelli ve ark., 2005).....	42
Şekil 5.2. İnsansız Hava Aracı ile oluşturulmuş sayısal yükseklik modeli.....	45
Şekil 5.3. İnsansız Hava Aracı ile oluşturulmuş ortomozaik görüntüsü.....	46
Şekil 5.4. İnsansız Hava Aracı ile oluşturulmuş 3B görüntü örneği.....	46
Şekil 5.5. Anemurium Antik Kente ait Seyrek Nokta Bulutu.....	48
Şekil 5.6. Anemurium Antik Kente ait Yoğun Nokta Bulutu.....	49
Şekil 7.1. Coğrafi Veri Tabanı Genel Veri Yapısı (Levent, 2009).....	57
Şekil 8.1. SATLAB SL 500 GNSS aleti.....	61
Şekil 8.2. Yer Kontrol Noktaları belirlemede kullanılan kireç ve sprej kullanım örneği.....	61
Şekil 8.3. Uçuş için kullanılan Phantom-3 İHA.....	62
Şekil 8.4. Kazı ekibinden temin edilen alan haritası.....	62
Şekil 8.5. Kazı ekibinden temin edilen alan haritası (2).....	63
Şekil 8.6. Antik Kent alanına ait Google Earth uydu görüntüsü (20.06.2019).....	64
Şekil 8.7. Arazi çalışmalarında aletleri taşımak için kullanılan el arabası.....	64
Şekil 8.8. Alanı fotoğraflamak ve İHA'nın yönetimi için kullanılan Apple-Iphone6.....	65
Şekil 8.9. Anemurium Antik Kent Alanı (27.06.2019 tarihli görüntü).....	66
Şekil 8.10. Kent Alanında yapılan incelemeleri kayıt altına alma.....	67
Şekil 8.11. Yer Kontrol Noktasını (1) kireçle işaretleme.....	68
Şekil 8.12. Yer Kontrol Noktasına kireçle + işareti ve ortasına spreyle nokta işareti koyulması.....	68
Şekil 8.13. Ölçümü yapılmış 15 numaralı noktanın işaretlenmesi.....	69

Şekil 8.14. GNSS ile koordinatları belirlenen 25 noktanın Google uydu görüntüsünde gösterimi (30.06.2019 tarihli görüntü).....	70
Şekil 8.15. Uçuşu yapılan yaklaşık 53000 m ² 'lik alan (Uçuş 4).....	71
Şekil 8.16. Uçuşu yapılan yaklaşık 160000 m ² 'lik alan (Uçuş 1).....	72
Şekil 8.17. Uçuş öncesi el ünitesine bağlı mobil cihaz ile kontrollerin yapılması aşaması.....	72
Şekil 8.18. Agisoft Photoscan Professional ile İş Akış Diyagramı.....	73
Şekil 8.19. Hava fotoğraflarının birleştirilmesi.....	74
Şekil 8.20. Yer Kontrol Noktalarının işaretlenmesi.....	74
Şekil 8.21. Arazide ölçümü yapılan 25 noktanın ortomozaik üzerinde görünümü.....	75
Şekil 8.22. Yoğun Nokta Bulutu (Dense Point Cloud).....	76
Şekil 8.23. Sayısal Yükseklik Modeli (DEM).....	76
Şekil 8.24. 3B Boyutlu Katıl Model.....	77
Şekil 8.25. Ortomozaik.....	77
Şekil 8.27. Üretilen Ortomozaik görüntünün Google Earth Pro altlığında görüntülenmesi.....	79
Şekil 8.28. Küçük Hamam.....	84
Şekil 8.29. Nekropol Kilisesi.....	85
Şekil 8.30. Nekropol Alanındaki Mezarlar.....	85
Şekil 8.31. Veri tabanı tasarımında oluşturulan veri setleri ve sınıfları.....	87
Şekil 8.32. Veri tabanı tasarımında oluşturulan sınıflar ve ilgili alanlar.....	87
Şekil 8.33. Veri tabanı tasarımında oluşturulan sınıflar ve ilgili alanlar.....	87
Şekil 8.34. Veri tabanı tasarımında oluşturulan sınıflar ve ilgili alanlar.....	88
Şekil 8.35. Ülke, İl, İlçe, Antik Kent, Nekropol Alanı ve Akropol Alanı katmanlarının ilişkisel gösterimi.....	88
Şekil 8.36. İl ile Antik Kent ve İlçe ile Nekropol/Akropol Alanı katmanlarının ilişkisel gösterimi.....	89
Şekil 8.37. Yol bileşeninin ilişkili olduğu taş yapılar (1).....	89
Şekil 8.38. Yol bileşeninin ilişkili olduğu taş yapılar (2).....	89
Şekil 8.39. Antik kent ile yol ilişkisi gösterimi.....	90
Şekil 8.40. Adres niteliği taşıyan Numara bileşeninin taş yapılar ile ilişkisinin gösterimi (1).....	90
Şekil 8.41. Adres niteliği taşıyan numara bileşeninin taş yapılar ile ilişkisinin gösterimi (2).....	91
Şekil 8.42. Ülke ve İl sınırlarının belirlenmesi.....	93
Şekil 8.43. Mersin iline ait ilçe sınırlarının belirlenmesi.....	93
Şekil 8.44. Antik Kent alanının, yolların ve taş yapıların sayısallaştırılmış hali.....	94
Şekil 8.45. Tüm taş yapılara adres niteliğinde eşsiz değer atanması.....	94
Şekil 8.46. Üretilen ortofotodan faydalanarak sayısallaştırma işlemi örneği.....	95
Şekil 8.47. Üretilen Ortofotoğraftan faydalanarak sayısallaştırılan mezar örnekleri.....	97
Şekil 8.48. Bing uydu görüntüsünden faydalanarak sayısallaştırılan mezar örnekleri.....	97
Şekil 9.1. Ortofoto üzerinden sayısallaştırılan tüm katmanlar.....	100

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. CBS kullanım prosedürleri (Jones, 1997).....	16
Çizelge 4.2. Kullanıcı açısından CBS uygulama alanı gruplandırması.....	18
Çizelge 7.1. Arkeolojik alanlarda kullanılan veri setleri (Levent, 2009).....	59
Çizelge 8.1.2. Antik Kent alanında yapılan GNSS ölçüm değerleri.....	69
Çizelge 8.3. Phantom-3 İHA ile yapılan 7 uçuş ve buna dair bilgiler.....	71
Çizelge 9.1. Antik Kent Alanındaki yapılar ve genel bilgiler.....	80
Çizelge 9.2. Adres niteliği olan Numara bileşeninin farklı tiplerinin adlandırılması.....	91
Çizelge 9.3. Alt Kümelere sahip alanlar ve seçenekleri.....	96

1. GİRİŞ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mekânsal özelliği olan bir verinin ve öznitelik bilgilerinin dijital ortama işlenmesi, sayısal ortama girilen verilerin kullanılarak yeni ürünler elde edilmesi, sorgulanması, düzenlenmesi, analiz edilmesi, birbirleriyle olan karşılıklı ilişkilerinin ortaya konması ve elde edilen sonuçların grafik, harita, 3 boyutlu görüntü vs. şeklinde görsel hâle getirilmesine dayanan bilgisayarlı bir haritalama sistemidir (İncekara, 2009). Coğrafi Bilgi Sistemleri, diğer bilgi sistemlerinden farklı olarak sayısal, sözel, nitelik, nicelik gibi bilgilerin yanı sıra mekânsal bilgi barındırır. CBS, mekânsal ve mekânsal olmayan bilgileri barındıran bir sistem olması sebebiyle birçok alanda çeşitli sebeplerle tercih edilmekte ve bu tercihler doğrultusunda şekillenmektedir. Türkiye’de ise hızla gelişen kentleşme nedeniyle bu şehirlerin yönetilmesi, planlanması ve şehirdeki değişimlerin takip edilerek hizmet görebilmesi zorlaşmış ve bu ihtiyaçlar doğrultusunda coğrafi bilgi sistemleri sorunları giderme sürecinde tercih edilmeye başlanmış ve faydalı sonuçlar elde edilmiştir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri, birçok teknikle birlikte çalışmalarını sürdürmekle beraber, uzaktan algılama teknikleri entegrasyonu ile birlikte, bu sistemlerin kullanım alanları artmış ve birçok alanda farklı amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. Fakat mevcut çalışmalar incelendiğinde, arkeoloji bilimi ile Coğrafi Bilgi Sistemlerinin entegre çalışmaları sınırlı sayıdadır. Arkeolojik alanlarda; taş yapıların kayıt altına alınması, çeşitli analizlerin yapılması, bu alanların sınırlarının belirlenmesi, planlamaların yapılması, alandaki yapıların korunması ve yönetilebilmesi gibi hususlar CBS ile mümkündür. Ayrıca arkeolojik alanlarda yapı envanterinin çıkarılması, kayıt altına alınması; alanda bulunan taş yapılara dair araştırmalar yaparak ilişkisel coğrafi bir bilgi sisteminin oluşturulması, grafik veriler ile sözel verilerin tek çatı altında toplanması; korunmaya ve yönetilmeye ihtiyacı olan bu alanlarda büyük önem arz etmektedir. İlişkisel veri tabanı mantığıyla bir veri tabanı tasarlamak ve bu çalışmayla birlikte hem alanın korunması, yönetilmesi, planlanması; hem de hızlı karar verme mekanizmasının oluşturulması ve alandaki yapıların adreslendirilmesi birçok açıdan fayda sağlayacaktır.

Coğrafi Bilgi sistemleri için oluşturulacak verilerin, hangi yöntem ile üretileceği kararı arkeolojik alanlarda oldukça önemlidir. Arkeolojik alanlardaki taş yapıların zarar görmeden günümüze ulaşması ve böylelikle geçmişe dair doğru tespitlerin yapılabilmesi için alanda yapılan herhangi bir çalışmanın taş yapılara temas etmeksizin veya en az temas edecek şekilde, hızlı ve hassas olmasına özen gösterilir. Hız, hassasiyet ve temassız

çalışma gibi maddeler göz önüne alındığında, arkeolojik alanlarda Coğrafi Bilgi Sistemleri için bir veri tabanı oluştururken İnsansız Hava Aracı (İHA) tekniği, tercih edilmesi gereken bir yöntem olacaktır.

Bu tez çalışmasıyla arkeolojik bir alanda GNSS tekniği ile Yer Kontrol Noktaları (YKN) belirlenecek, İHA ile uçuş gerçekleştirilecek ve alanın ortofotosu oluşturulacaktır. Üretilen bu ortofoto altlık olarak kullanılarak öncelikli taş yapıların coğrafi karşılıkları vektör olarak oluşturulacak; alandaki yol ve sınır verileri coğrafi olarak ortofodan oluşturulacak ve öznitelik bilgileri eklenecektir. Sayısallaştırılması yapılan tüm detay için veri setleri oluşturulacak ve aralarında ilişki kurulacaktır. Ayrıca her taş yapı için adres niteliği taşıyan eşsiz bir değer atanacaktır. Çalışmalar, ilişkiyel veri tabanı mantığında gerçekleşecek ve bu doğrultuda veri tabanı tasarımı yapılacaktır. Böylelikle hızlı, hassas ve temassız bir yöntemle üretilmiş ortofotodan faydalanarak coğrafi bir veri tabanı oluşturulacaktır. Sonuç olarak üretilen veri tabanı ile arkeolojik alandaki taş yapı envanteri, yol, ülke/il/ilçe ve antik kent sınırları oluşturulmuş, adreslenmiş ve bu alanın belgelenmesi, kayıt altına alınması, korunması, yönetilmesi, takip edilmesi ve planlanması için, bu çalışmada üretilecek veri tabanı ve ortofotonun kullanılması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tez çalışması boyunca yapılan araştırmalar neticesinde tez konusunu ilgilendiren, bilgilerinden ve yönlendirmelerinden faydalanılan kaynaklar aşağıda kısa bilgilendirmelerle açıklanmıştır.

Tarık Türk (2018), “İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemleri ve Arkeolojik Alanlarda Gerçekleştirilen Çalışmalar” adlı çalışmasında, İnsansız Hava araçlarının kullanım alanlarından birinin de arkeoloji bilimi olduğunu, bu alanda İHA kullanımının büyük önem taşıdığını anlatmış; kültür miraslarının belgelendirilmesi, kayıt altına alınması ve tanıtılması gibi birçok ihtiyaç için faydalı çalışmalar yapılabileceğini ifade etmiştir. Bunların yanı sıra arkeolojik alandaki yapıların 3 boyutlu modellerinin oluşturulmasının ve bu işlemlerin iş sağlığı ve güvenliği açısından büyük önem taşıdığı ve örnek bir İHA ile proje tasarım adımları anlatılmıştır. İHA ile örnek proje tasarımında nokta bulutu örneği, üçgen model örneği, ortofoto örneği gibi sonuç ürünlerin üretileceği ve birçok alanda kullanılabileceği anlatılmıştır. Düşük maliyet, hassas çalışma, ulaşılmayan yerleri ölçme, zaman tasarrufu gibi kıstaslar ele alındığında İHA ile arkeolojik alan çalışmalarının ne kadar kıymetli olduğu anlaşılmıştır.

Fatma Mutlu (2018), “İnsansız hava aracı kullanılarak Anadolu yaban koyunlarının popülasyonunun belirlenmesi ve yoğunluk haritalarının üretilmesi” adlı çalışmasında, Bozdağ Yaban Hayatı Geliştirme Sahası (YHGS) sınırları içerisinde bulunan Anadolu Yaban Koyunlarının İHA tekniğiyle envanter çalışması gerçekleştirilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi sonucunda 585 adet Anadolu Yaban Koyunu tespit edilmiştir. Anadolu Yaban Koyunlarının arazideki yoğunlukları ve dağılımları tematik harita türlerinden koroplet harita ile gösterilmiştir. Yapılan tez çalışmasının diğer envanter çalışmalarına, av ve yaban hayatı yönetimine altlık olacağı düşünülmüştür.

Emre Tercan (2017), “İnsansız Hava Aracı Kullanılarak Antik Kent ve Tarihi Kervan Yolunun Fotogrametrik Belgelenmesi: Sarıhacılar Örneği” isimli çalışmasında, sivil standartlara uygun GNSS-IMU ve otopilot destekli bir İHA kullanılarak Osmanlı İmparatorluğu dönemine ait bir antik kent ve kervan yolunun 731 adet yüksek çözünürlüklü görüntüsü üretilmiştir. Elde edilen görüntülerle sit alanının ortofoto görüntüsü ve sayısal yükseklik modeli üretilmiştir. İHA sisteminin doğruluğu geleneksel yersel yöntem ile test edilmiş, aplikasyon yapılarak belirlenen aynı ölçüm noktalarında iki yöntem arasında yaklaşık 0.4-4.3 cm aralığında kot farkı belirlenmiştir. Elde edilen

sonuçlar, antik kentler ve kervan yollarının belgelenmesinde, İHA fotogrametri sistemlerinin detaylı ve hassas 3B veri elde etmek için uygun bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Muzaffer Kahveci ve Nazlı Can (2017), ‘İnsansız hava araçları: tarihçesi, tanımı, dünyada ve Türkiye’deki yasal durumu’ adlı çalışmasında, İnsansız Hava Araçlarının geçmişten bugüne kadar olan evrimleşme süreci anlatılmakla birlikte Türkiye’de, Amerika’da, Avrupa Birliğinde, İngiltere’de, Çin’de, Japonya’da ve Rusya’da İHA kullanımının yasal mevzuatları araştırılmış, incelenmiş ve anlatılmıştır. Bu araştırmaların yanı sıra İHA ile yapılan çalışma ve uygulamalarda güvenlik sorunu üzerinde durulmuş, İHA’nın belirli bir yüksekliğin altında uçurulması; geceleri ve kötü hava koşullarında uçurulmaması; İHA’ların ilgili kurumlara kaydının yapılması gibi genel geçerli maddelerin detayları anlatılmış ve bu maddelere özen gösterilmesi gerekliliği anlatılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de konuya ilişkin mevzuat hazırlanırken, önemli hususların gözden kaçmaması ve İHA kullanımının da gereksiz kısıtlanmaması için Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü himayesinde ilgili tüm sektör temsilcilerinin de dâhil edildiği bir kurul oluşturulup karşılıklı tartışma ortamında görüşleri alındıktan sonra olası tüm tarafların desteğini alacak en uygulanabilir kuralların ortaya konması oldukça yararlı olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Veli İlçi (2016), ‘PPP Yönteminin Arkeolojik Amaçlı Ölçme Uygulamalarında Kullanılabilirliği: Şapınuva Kazı Alanı Örneği’ adlı çalışmasında, özellikle yerleşim yerlerinden uzak olan arkeolojik alanlarda haritalama faaliyetlerinin başlaması için gerekli hassas nokta konum bilgilerinin elde edilmesi problemine kolay ve hızlı bir çözüm getirilmeyi hedeflemiştir. Bu amaçla Çorum ili Ortaköy ilçesi içerisinde bulunan Şapınuva Kazı alanında 6 adet nokta tesis edilmiştir. Arkeolojik alanlarda Hassas Nokta Konumlama (Precise Point Positioning-PPP) yönteminin kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla, toplanan GNSS verileri internet tabanlı online-PPP servisi olan CSRS-PPP kullanılarak değerlendirilmiş ve elde edilen nokta konum doğruluklarının kullanılabilirliği ele alınmıştır. Çalışma sonucunda PPP yöntemi kullanılarak cm seviyesinde 3 boyutlu nokta koordinatların aynı gün içerisinde elde edilebileceği ve bu doğruluğun arkeolojik kazı alanlarının haritalanmasında yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.

İsmail Hakkı Parlak (2016), ‘Archaeosys: An Archaeological Data Management System’ adlı çalışmasında, Archaeosys yazılımının neden gerekli olduğu, amacı ve

arkeolojik bir alanda yapılan çalışmaların işleyişinin daha iyi ifade edilebilmesi için büyük çaplı bir arkeolojik kazı projesinin aşamaları ve bu aşamalarda kullanılan veri yönetim metotları anlatılmıştır. Sürecin daha sağlıklı ve doğru aktarımı için Smirna Antik Kenti kazısı incelenmiştir. Kazı aşamalarının incelemesinden sonra Archaeosys yazılımının geliştirilme evreleri ve yöntemleri detaylı şekilde araştırılmış ve anlatılmıştır. Archaeosys yazılımının klasik arkeolojik veri yönetim metotları ve piyasadaki benzer diğer yazılımlar ile olan karşılaştırılması yapılmış ve bu konudaki uzmanların görüşleri de alınarak, Archaeosys uygulamasının geliştirilmiş olmasında, uygulama alanında gerekli faydanın sağlanmış olduğu tespit edilerek, başarı sağlanmış olduğu sonucuna varılmıştır.

Gizem Kısağa (2016), ‘‘Arkeolojik Uygulamalarda Coğrafi Bilgi Sistemler Yoluyla Mekana Yönelik Analizler: Knidos Arkeolojik Alan Çalışması’’ adlı çalışmada, CBS tekniklerini kullanarak tarih öncesi ve tarihi dönem yerleşimcilerini kapsayan çalışma alanının topografik özelliklerinden yola çıkarak buldukları dönem yerleşimcilerinin bölgeyi seçme sebepleri, hangi amaçlar dahilinde bu bölgede buldukları, bölgenin yüzey modeli ile yerleşimcilerin ilişkileri gibi konular üzerinde yorum yapabilmek amacıyla arkeolojik çalışmalara yardımcı olacak altlık envanter oluşturulmuştur. Analizlerin sonucunda görselleştirilen haritalar, arkeologların, Knidos antik kentinin sosyo-kültürel, ekonomik ve demografik özelliklerini yorumlamalarında yardımcı olmuştur.

Ömer Güleç ve arkadaşları (2015), ‘‘Tarihi Yerleşim ve Arkeolojik Yapı Bilgi Sistemi: Denizli İli Örneği’’ adlı çalışmada, güncel yazılımlar ile Denizli ili sınırları içerisinde yer alan tarihi yerleşim alanı ve yapılar örnek alınarak, konumsal veri tabanı ve kullanıcı ara yüzü modeli geliştirilmiştir. Web sunucusu üzerinden çalışan CBS modeli, birbirinden bağımsız çalışma prensibine sahip altı farklı yazılım teknolojisinin etkileşimli hale getirilmesi ile elde edilerek; tarihi yerleşim ve arkeolojik yapılar ile ilgili bilgi almak isteyen tüm ziyaretçilere önemli yerleşim ve yapıların nerede bulduklarını, nasıl ulaşabileceklerini, tarihini, ilgili akademik çalışmaların yanı sıra görsel bilgileri de sunmaktadır. Bu kapsamda geliştirilen uygulama modelinin arkeolojik miras için dijital bir rehber olması amaçlanmıştır.

Uğur Avdan ve arkadaşları (2014), ‘‘İnsansız Hava Aracı ile Oluşturulan Verilerin Doğruluk Analizi’’ adlı çalışmada, insansız hava aracı ile arkeolojik alanda üretilen verilerin doğruluk analizi yapılmıştır. Çalışma Eskişehir ilindeki Şarhöyük (Dorylaion) Arkeolojik alanında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada insansız hava aracı ile farklı

yükseklikte ve farklı bindirme oranlarında iki adet uçuş gerçekleştirilerek, çalışma alanına ait görüntüler elde edilmiştir. Elde edilen görüntüler bilgisayar ortamında işlenerek ortofoto görüntüler ve sayısal yüzey modeli (SYM) üretilmiştir. Üretilen verilerin doğruluklarını araştırmak için uçuş öncesi alana 34 adet yer kontrol noktası yerleştirilmiş ve jeodezik GNSS alıcısı ile koordinatları hassas bir şekilde belirlenmiştir. Kontrol noktalarının bazıları üretilen ortofoto ve SYM'nin koordinatlandırılması için kullanılmıştır. Ölçüm sonucu üretilen sayısal yükseklik modeli ile insansız hava aracı ile elde edilen sayısal yüzey modeli uygun alanlarda karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, insansız hava araçlarının kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Uğur Avdan ve arkadaşları (2014), ‘‘Arkeolojik Alanlarda Taş Planlarının Çıkarılmasında İHA’larının Kullanılması (Anavarza Örneği)’’ adlı çalışmada, antik kentte bulunan Zafer Takı’na ait taş planı, İHA’dan elde edilen veriler kullanılarak üretilmiştir. Çalışma sonucunda yüksek yersel çözünürlük (3 cm) ve hassas koordinat bilgisinden dolayı arkeolojik alanların belgelenmesi ve taş planlarının çıkarılmasında İHA’ların kullanılabilir araçlar olduğu ve kültürel mirasın belgelenmesinde gerekli olan altlık verilerin üretilmesi için ideal platform olma özelliği taşıdıkları sonucuna ulaşılmıştır.

Veronica Aria (2013), ‘‘Application of GIS and Spatial Data Modeling to Archaeology: A Case Study in the American Southwest’’ adlı çalışmada geçtiğimiz çeyrek yüzyılda Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Arkeolojik alan çalışmalarında büyük bir gelişme gösterdiğini ve bunun yanı sıra CBS alanının başlangıcından beri evrimsel değişimi ve Arkeolojik alanlara etkisini incelemiştir. Veronica, bu proje kapsamında 2 çalışma yapmıştır. İlki; 1987-2010 yılları arasında yayınlanmış olan literatürler üzerinde çalışmış ve 2003-2006 yılları arasında CBS’nin benimsenmesinin kritik bir kitleye ulaşmasına rağmen CBS kullanımının olgunlaşmaya devam ettiği ve teorik ilerlemelerden ziyade metodolojik iyileştirmelere odaklanmaya devam ettiğini tespit etmiştir. Projenin ikinci çalışması ise; CBS için bir veri tabanı uygulaması geliştirerek ve uygulayarak sonuçlarını araştırmıştır. Buradaki amaç, mevcut teknolojileri ve arkeolojik veri standartlarını kullanarak coğrafi veri setlerinin fizibilitesini ve etkinliğini araştırmak, uygulanmasının önündeki engelleri belirlemek ve bu alanda CBS güdümlü inovasyon için yeni bir yol göstermek olmuştur. Bu çalışmada ABD’de Batı New Mexico’daki Fort Wingate Depot Etkinliğinden çeşitli arkeolojik ve çevresel veri setleri, vaka çalışmasının bir parçası olarak seçilmiş, derlenmiş, hazırlanmış ve analiz edilmiştir. Sonuç olarak yapılan çalışmalar, hem eski verilerin yeni teknolojilere nasıl uyarlanacağı hem de yeni

teknolojilerin yeni düşünme biçimlerine nasıl uyarlanacağı konusunda öneriler sunmuştur.

İbrahim Özülü ve arkadaşları (2012), ‘‘Görünürlük Analizinin Arkeolojik Alanlara Uygulanması’’ adlı çalışmasında, Çorum ili sınırları içerisinde bulunan arkeolojik alanlardan toplanan veriler yardımıyla alanların güvenliklerinin nasıl sağlandıkları incelenmiş ortak özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen bulgulardan yararlanılarak, alanlarda önceden belirlenen muhtemel gözetleme kule yerleri yardımıyla görünürlük analizleri yapılmış ve haritalar oluşturulmuştur.

Resul Çömert ve arkadaşları (2012), ‘‘İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Gelecekteki Beklentiler’’ adlı çalışmasında, insansız hava araçlarının fotogrametri ve uzaktan algılama amaçlı kullanım olanaklarını incelemiştir. Bu kapsamda insansız hava araçlarının hangi alanlarda kullanıldığı, veri toplama ve üretim yöntemleri anlatılmıştır. Ayrıca gelecekte insansız hava araçlarının kullanım alanları ile ilgili beklentilerini de sunmuştur. Sonuç olarak, insansız hava araçları maliyet, hız, tekrarlı ölçüm imkânı ve yüksek çözünürlükte görüntü elde etme imkânı olduğundan dolayı günümüzde uydu ve insanlı hava araçlarının kullanıldığı birçok alanda özellikle küçük alanları içeren çalışmalarda kendisine kullanım alanı bulmuştur.

Gizem Pişkin (2011), ‘‘Aliağa ve Çevresindeki Arkeolojik Yerleşimlerin CBS ile Mekânsal Analizi’’ adlı çalışmasında, sırasıyla arkeolojik yerleşimler ile yükselti arasındaki ilişkiler, arkeolojik yerleşimler ile eğim arasındaki ilişkiler, arkeolojik yerleşimler ile bakı arasındaki ilişkiler, arkeolojik yerleşimler ile görülebilirlik arasındaki ilişkiler ve arkeolojik yerleşimler ile akarsular arasındaki ilişkiler incelenerek elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Aliağa ve çevresinin tarihi coğrafyasına yönelik çalışmalara yeni boyutlar ve bakış açıları kazandıracak bilgiler üretilmiştir. Bu sayede, çalışmasına konu olan arkeolojik dönemlere ve kültürel oluşumlara dair yörede gerçekleştirilecek arkeolojik araştırmalarda, araştırmanın amacı doğrultusunda bazı bilimsel sınırlar ve öncelikler, bu tez çalışmasında sunulan bulguların sağlayacağı faydalarla daha detaylı şekilde belirlenmiştir.

M. Uğur Girişken (2010), ‘‘Türkiye’de Kültürel Mirasın Korunmasında Yaşanan Sorunlar ve Jeodezik Yaklaşımlar’’ adlı çalışmasında, kültürel mirasın önemi, kültürel mirasın korunmasına yönelik mevzuatların tarihsel gelişimi incelenmiş, ülkemizdeki mevzuatlardaki eksiklikler, kentleşme süreçlerinin arkeolojik alanlarda neden olduğu tahribat konusu hakkında araştırma yapılmıştır. Bunlara ek olarak CBS’nin arkeolojik çalışmalarda ve planlama evrelerindeki önemi, kullanılan jeodezik ölçüm teknikleri ve bu

tekniklerin sağladığı yararlar, farklı ülkelerde kentsel arkeolojik mirasın yönetimine yönelik modellerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Mekânsal veri toplama tekniklerinden; jeodezik ölçüm teknikleri, uzaktan algılama teknikleri, fotogrametik ölçüm teknikleri, lazer tarayıcı teknikleri gibi farklı seçenekler anlatılmıştır. Çalışmanın sonucu olarak, ülkemizde kültür miraslarının korunmasını zorlaştıran tüm etkenlerin giderilmesi durumunda hem mevcut kültür varlıklarının korunması hem de potansiyel arkeolojik alanların tespitine yönelik alt karakter bölge stratejilerinin belirlenmesiyle etkin bir yaklaşım mümkün hale gelecektir sonucuna ulaşılmıştır.

Adil Keleş (2009), ‘‘Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanarak Osmaniye ili kültür varlıkları veri tabanının oluşturulması’’ çalışmasında, Osmaniye ilinde tespit edilen Kültür Varlıklarının envanterinin yapılması, tescili yapılmamış ancak kültür varlığı olabilecek yerler tespit edilip ilgili kurumların bilgisine sunulmuş, sayısal ortamda CBS ve haritacılık programları kullanarak, harita oluşturmuş ve bu konuda bir veri bankası hazırlamıştır.

Mehmet Levent (2009), ‘‘Arkeolojik Araştırmalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Veri Tabanı Tasarımı’’ adlı çalışmasında, coğrafi bilgi sistemleri ile oluşturulmuş ve gereksiz veri öznelik bilgilerinden arındırılmış, gerekli kuralların ve kısıtlamaların belirlenmiş olduğu coğrafi veri tabanı ile coğrafi objelerin sistematik olarak toplanması, arşivlenmesi, yönetilmesi ve bu verilerle analizler oluşturulması gerçekleştirilmiştir.

Horea Bendea ve arkadaşları (2007), ‘‘Düşük Maliyetli Bir İHA Kullanarak Arkeolojik Alanların Haritalanması: Augusta Bagiennorum Test Alanı’’ adlı çalışmasında temel amaç, düşük maliyetli bir İHA uçurularak afet yönetimini için erken aşamada müdahale etmek amacıyla hızlı haritalama için yenilikçi ve etkili bir araçla desteklemektir. Testlerin ana hedefleri: 3D haritalama doğruluğunun arkeolojik amaçlara uygunluğu için değerlendirilmesi ve gerekli harita varlıkları görüntülerde kolayca tanınabilir olup olmadığını doğrulamak için bilgi içeriğinin analizinin yapılmasıdır. Sonuç olarak, ‘‘Pelikan’’ isimli bir İHA, arkeolojik amaçlar için bir fotogrametrik inceleme yapma yeteneğini test etmek için kullanılmıştır. Elde edilen 3D doğruluk, çok büyük bir harita ölçeğinde haritalanan arkeolojik kanıtlar için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

İbrahim Özülü ve arkadaşları (2007), ‘‘Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknolojileri ile Arkeolojik Alanların Özelliklerinin Belirlenmesi ve Çorum ili Uygulaması’’ adlı çalışmasında, Arkeolojik alanlara ait konumsal ve öznelik bilgileri sayısal ortama aktarılmış, oluşturulan veri tabanı yardımıyla öznelikler üzerinden

sorgulama ve analizler yapılmıştır. Sayısal arazi modeli üzerinde, arkeolojik alanlara ait eğim, bakı ve akarsulara uzaklık gibi konumsal özellikler elde edilmiş, sayısal ortamda grafik çizimler olarak haritalanmıştır. Ortak özelliklerin aynı anda buldukları alanların belirlenmesi için özellikler kendi içerisinde sınıflara ayrılmış ve önemine göre puanlandırılmıştır. Puanlandırma işlemi istatistik analiz sonuçları ve yerleşim yerlerine ait ortak özellikleri göz önünde bulundurulmuş ve harita üzerinde, ortak özelliklere sahip alanlar belirlenmiştir.

James Conolly ve Mark Lake (2006), “Geographic Information Systems in Archaeology, Putting GIS to Work in Archaeology” adlı çalışmasında, CBS’nin, insanın kültürel ve çevresel ilişkilerinin mekânsal organizasyonunu araştırmak için bir dizi analitik olasılık sunan güçlü bir teknoloji olduğu temelinden yola çıkarak arkeolojide CBS’nin kullanılabilirliğini araştırmıştır. Bununla birlikte, CBS'nin mekânsal bir çerçevede insan kültürü anlayışını geliştirmek için kullanılabileceği çok geniş bir yol yelpazesi olduğunu ve CBS'nin Arkeoloji alanında nasıl çalışabileceğine ve çalıştığına dair bazı gerçek hayattan örnekler sunmuştur.

Zaide Duran ve Gönül Toz (2003) “Tarihi Eserlerin Fotogrametrik Olarak Belgelenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemine Aktarılması” adlı çalışmasında insanlığın ortak mirası olan kültür varlıklarının, bizden öncekilerden devraldığımız mirası, gelecek kuşaklara da sağlam biçimde devretmenin gerekliliği ifade edilmiştir. Bu çalışma ile son teknolojik gelişmelerden yararlanılarak tarihi eserlerin fotogrametrik olarak belgelenmesi ve bu belgelemenin CBS ile en uygun kullanım olanaklarına ulaştırılması amaçlanmıştır. Tarihi eserlerin fotogrametrik olarak belgelenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemine aktarılmasının ele alındığı bu çalışmada, fotogrametri ve CBS'nin kültür varlıklarının korunmasında ve yönetilebilmesindeki gerekliliği anlatılmıştır. Devamında fotogrametrinin tarihi, tanımı ve matematiksel esasları anlatılmıştır. Üçüncü bölümde ise, fotogrametrinin gelişmiş uygulama olanaklarından sayısal arazi modelleri ve sayısal arazi modeli oluşturmada kullanılan çeşitli yöntemler, coğrafi bilgi sistemleri, CBS’nin faydaları, veri depolama yöntemleri, genel ağ teknolojisi ve coğrafi bilgi sistemleri, genel ağda coğrafi veri dağıtımına yaklaşımlar irdelenmiştir. Sonuç olarak, tarihi eserlerin belgelenmesi için fotogrametrik ölçüm yöntemlerinden faydalanılarak elde edilen CBS verisinin önemi ifade edilmiş, uygulamada karşılaşılan sorunlar ve öneriler, uygulamanın genel ağda sunulmasıyla kullanıcıya sağlayacağı faydalar detaylı olarak anlatılmıştır.

Paola Moscati (1998), “İtalyan Arkeolojisinde CBS Uygulamaları” adlı çalışmasında, yeni metodoloji ve CBS kullanımındaki pratik eğilimleri şu şekilde

tanımlar; farklı kurumlar arasında işbirliği, genel bilim ve kültürel mirasın korunması için arkeolojik kayıtların korunması, bilimsel prosedürlerin resmi hale getirilmesi ve bilgisayarlaştırılması, coğrafi, jeofizik, topoğrafik ve arkeolojik verilerin ortak kullanımı, veri ve teknik araçların entegrasyonu, farklı formatlarda ve farklı amaçlarla veri doğrultması, veri analizi ve görselleştirme gibi parametrelerin doğru işletilmesi gerektiğini savunmuştur. Sonuç olarak, güvenilir bir bilgi sistemi sadece verilerin değil bilgisayarlaşmayı, aynı zamanda arkeolojik bilgilerin toplanması, yönetimi ve yorumlanması gibi tüm metodolojik prosedürleri öngörmelidir. Bu bağlamda Moscati çalışmasında, CBS'nin arkeolojik bilgi sistemi içinde uygulanması, veri işleme yetenekleri ve büyük miktarlarda farklı verileri kaydetme, çapraz referans verme ve analiz etme becerisi açısından büyük önem taşıdığını belirtmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Mersin ili Anamur ilçesi Ören beldesinde bulunan yaklaşık 400 dönümlük alana sahip Anemurium Antik Kenti, Kargagedik Dağının güney ve doğu yamacının denizle birleştiği bir noktaya konumlanmıştır (Şekil 3.1.). Kentin ismi ‘Rüzgârlı Burun’ anlamına gelmektedir (Tekocak, 2018).

Kentin kimler tarafından ve ne zaman kurulduğu kesin olmamakla birlikte, kentin adının Hititlere kadar uzandığı düşünülmektedir. Eldeki kaynaklara göre Anemurium Antik Kent’e ilk yerleşim M.Ö. 4. yüzyılda olmuştur. M.Ö. 3. yüzyılda ise akropol üzerindeki surların bulunduğu alanda yerleşimle beraber bazı yapı kalıntılarına rastlanmıştır. M.Ö. 1. yüzyılda Kıbrıs ile yakınlığından dolayı ticaret açısından önemli bir kent durumuna gelmiştir. M.S. 580 yılında meydana gelen büyük depremde kent ciddi hasar görmüş ve yapılar hasar almıştır. Bu depremden en çok, geçen yüzyılda inşa edilmeye başlanan kiliseler ve su kemerleri zarar görmüş ve büyük oranda yıkılmıştır (Tekocak, 2018).



Şekil 3.1. Çalışma alanı (Anemurium Antik Kent)

Anemurium, 19. yy'da İngiliz donanmasından Albay F. Beaufort tarafından keşfedilmiştir. Ancak Kentte ilk yüzey araştırmaları 1962-1965 yıllarında E. A. Rosenbaum başkanlığında oluşan ekip tarafından yapılmıştır. Kentte sistemli kazılar E.

A. Rosenbaum tarafından özellikle nekropolde ve hamamlarda yaptığı çalışmalarla başlamıştır. L. C. Smith 1967-1968 yılları arasında kentin farklı noktalarında kazılar yürütmüştür. 1969 yılında E. A. Rosenbaum başkanlığında kurulan ekip, hamam ve odeonda kazı çalışmaları yapmış ve bu yıldan sonra kentte 2 sene herhangi bir çalışma gerçekleştirilmemiştir. Ancak Kanadalı J. Ruseell 1971 yılına kadar kentin birçok yerinde kazı ve restorasyon çalışmaları yürütmüştür. J. Russell 1974 ve 1979 yıllarında bazı durumu kötü olan yapıları dönemin şartlarına göre restore etmek amaçlı çalışmalarda bulunmuştur. Uzun bir aradan sonra 2016 yılında Selçuk Üniversitesi Arkeoloji Bölümünde Doç. Dr. Mehmet Tekocak'ın bilimsel danışmanlığında, Anamur Müzesi Başkanlığında "Anemurium Antik Kenti Bilimsel-Arkeolojik Tespit ve Belgeleme Çalışmaları" programı hazırlanmıştır. Kültür ve Turizm Bakanlığı ve Selçuk Üniversitesi'nin destekleri ile gerçekleşen bu çalışmalar hala devam etmektedir (Tekocak, 2018).

Anemurium Antik Kent, günümüze kadar varlığını sürdürmekle birlikte birçok doğal ve beşeri olaylarla karşılaşmıştır. Bu sebeple alanda bulunan taş yapılar; odeon, kilise, hamam, mezar, nekropol, bazilika, palaestra ve diğer birçok yapı yok olmuş veya ciddi hasar görmüştür (Şekil 3.2.). Coğrafi olarak bulunduğu konum itibarı ile de ziyarete uygun olan bu kentte; planlama yapılabilmesi, restorasyon çalışmalarına yardımcı olması, doğal ve beşeri afetlerden korunması, taş yapı envanterinin çıkarılması, zaman içerisindeki değişimin takibi ve turizme elverişli hale getirilmesi amacıyla çalışma yapılmasının faydalı olacağı düşünülmüştür. Uzun yıllar boyunca birçok medeniyete yaşam alanı olmuş bu kentin korunması, yönetimi, planlanması ve tanıtımı; kazıda ortaya çıkan eserlerin ve bu eserlerin kayıt altına alınmasının ülke turizmine çok büyük katkı sağlayacağı ve sadece Türk Arkeolojisi için değil aynı zamanda Dünya Arkeolojisi için de dönüm noktası sayılacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışma ile Anemurium ve ülkemiz kültür tarihi açığa çıkartılırken, çıkarılan taş yapıların bir veri tabanında depolanması ve bu verilerin yönetilebilir olması, alanda oluşabilecek birçok olaya hızlı müdahaleyi ve alanın korunmasını sağlayacaktır.



Şekil 3.2. Anemurium Antik Kent alanında hasar gören taş yapıların genel görünümü

3.2. Tezin Amacı

Tarihi eserler, geçmişten geleceğe aktarılması gereken, aktarıldığında geçmişe dair bilgi edinilen ve geleceğe ışık tutan bir kültür mirasıdır. Geçmişte ne, nerede, ne zaman, nasıl ve kimler tarafından hangi medeniyetler kurulduğunun bugün öğrenilmesinde en büyük yol göstericisi tarihi eserler ve kültür varlıklarıdır. Ülkemiz ve bölgemiz pek çok medeniyetlere beşiklik yapmış ve bilimsel araştırmalar sonucunda günümüze oldukça zengin kültür mirasının bırakıldığı belirlenmiştir (Keleş, 2009). Son zamanlarda çokça ilgi gören ve birçok medeniyete yaşam alanı olmuş Mersin ili Anamur ilçesinde bulunan Anemurium Antik Kent alanı ise, önemli bir kültür mirası olarak korunmaya, kayıt altına alınmaya ve üzerinde çeşitli çalışmalar yapılarak turizme açılmaya ihtiyacı olan bir antik kent özelliği taşımaktadır.

Bu çalışma ile birlikte, yersel jeodezik teknikler yerine yüksek doğrulukta düşük maliyetle ve çalışma alanına temas olmaksızın uzaktan algılama tekniklerinden İnsansız Hava Aracı (İHA) ile haritalama yöntemi kullanılarak ortofoto üretilmesi, aynı zamanda ilişkisel bir veri tabanı tasarlanması hedeflenmiştir. Üretilen ortofotonun, tasarlanan ilişkisel veri tabanı için taş yapı, sınır, yol ve arazide bulunan diğer veri setlerinin coğrafi olarak oluşturulmasında altlık olarak kullanılması ve üretilen ürünün böylelikle birçok çalışmada referans olarak kullanılabileceği düşünülmüştür.

Yapılan bu çalışmada temel amaç, İnsansız Hava Aracı (İHA) ile hızlı, hassas ve Coğrafi Bilgi Sistemlerine altlık olabilecek bir ortofoto oluşturup; veri kaynağı olarak üretilen bu altlığı kullanarak ilişkisel veri tabanı oluşturmak ve tüm taş yapıları, yolları, sınırları kayıt altına alarak ülkemizde bulunan Anemurium Antik Kent için bir veri deposu ve taş yapı envanterini oluşturmak, böylece alanla ilgili karar verme mekanizmalarına ve planlamalara katkı sağlamak, çeşitli analizler yapabilmek, alanda gerçekleştirilecek herhangi bir doğal ya da beşeri afete karşı önlem almak, alandaki değişimi takip etmek ve bu alanda yapılacak birçok çalışmaya temel altlık oluşturmaktır.

3.3. Tezin Önemi

Kültürel mirasın incelenmesi, yorumlanması ve yönetilmesi için kültürel ve arkeolojik mirasın gerçeğe uygun ve doğru bir görünümüne sahip olması gerekmektedir. Taş malzeme ile yapılan ve dünya medeniyetlerinin izlerini taşıyan antik yolların, kentlerin, taş yapıların belgelenmesi ve korunması önemlidir. Düşük maliyetle yüksek doğrulukta 3B veri ve ortofoto görüntü üretmesi sebebiyle insansız hava araçları (İHA) ile altlık üreterek CBS için sürdürülebilir veri tabanı oluşturmak kültürel miras alanlarını yönetmek/korumak/bilimsel çalışma yapmak ve turizme elverişli hale getirebilmek için ciddi avantajlar sunmaktadır. (Tercan, 2017)

Arkeolojik alanların korunması, planlanması, belgelenmesi ve kayıt altına alınması için coğrafi bir veri tabanının hızlı ve hassas şekilde oluşturulması ülkemiz için önemli bir çalışma olacaktır. Tarihi eserlerin bulunduğu ve antik kent alanlarında yapılan haritacılık faaliyetlerinde Coğrafi Bilgi Sistemleri için bir veri tabanı oluşturulmasında tercih edilebilecek pek çok yöntem vardır. Bu yöntemler arasından İnsansız Hava Aracı (İHA) ile haritalama yönteminin kullanılması; arkeolojik alanlara yakından temasın engellenerek korunması, hızlı ve tekrarlı veri üretilebilmesi, yüksek çözünürlükte görüntü elde edilebilmesi ve maliyetinin düşük olması açısından ciddi avantajlar sağlamaktadır. Bu çalışmayla birlikte, yukarıda bahsedildiği şekilde hızlı ve hassas olarak bir ortofoto üretilmesi ve bu görüntü üzerinden coğrafi veri setleri oluşturularak alanın belgelenmesinin ve çeşitli çalışmalar/analizler yapılmasının, arkeolojik alanın korunmasının, planlanmasının ve takip edilmesinin mümkün hale gelmesi sağlanacak ve hem Anadolu arkeolojisi hem de dünya arkeolojisi için kıymetli bir çalışma olacağı düşünülmektedir.

4. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ ve ARKEOLOJİ BİLİMİ

4.1. Coğrafi Bilgi Sistemi Kavramı ve Bileşenleri

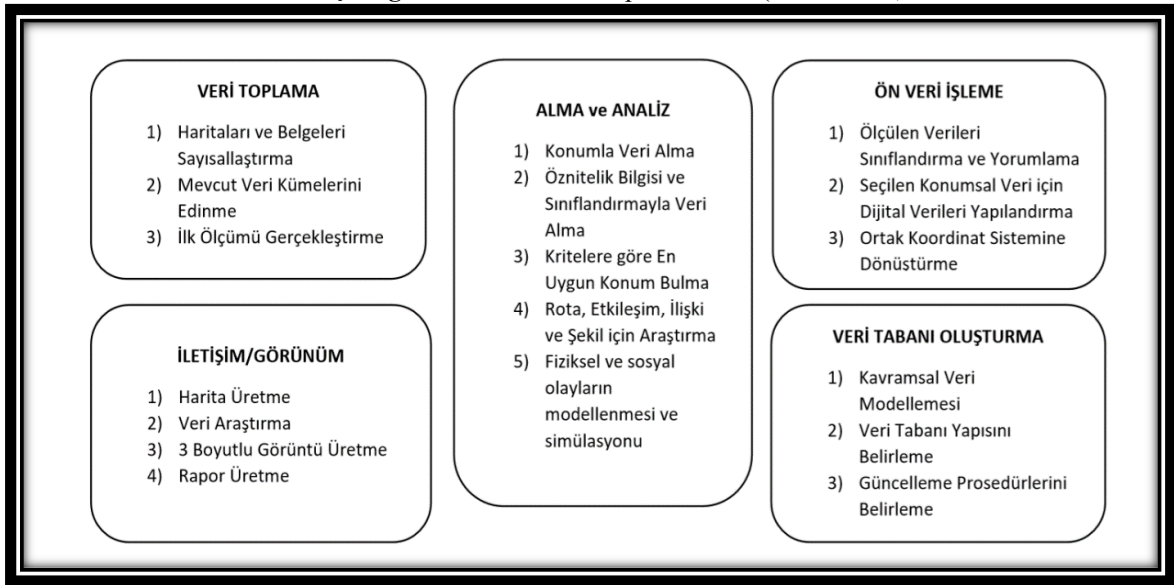
Coğrafi Bilgi Sistemleri, araştırma, planlama ve yönetimde karar verme kabiliyetlerini geliştirmek ve birçok parametrelerde tasarruf sağlamak amacıyla coğrafi niteliği olan nesnelere ait grafik ve grafik olmayan verilerin çeşitli kaynaklardan, çeşitli yöntemlerle toplanması, sayısal ortama işlenmesi, depolanması, ihtiyaca göre analizlerinin yapılması ve birçok çeşitte sunulması işlemlerinin tamamını yapabilen donanım, yazılım, sözel ve sayısal veri ve personel bileşenlerinden oluşan bir sistemdir (Burrough, 1986; Göpfert 1987; Bartelme, 1989; Altan vd., 1991; Taştan, 1991). Aynı zamanda CBS, mekânsal bir bilgi sistemi olarak da adlandırılıp; herhangi bir alandaki varlıkları ve bu varlıkların birbirleriyle aralarında olan ilişkilerini açıklamak ve tanımlamak üzere, geometrik bilgiye sahip mekânsal verilerine ve mekâna ilişkin öz bilgilerine de gereksinim duyar (Girişken, 2010). CBS, sosyal, ekonomik, politik ve kültürel kaynakların tamamının tek elden yönetimi gibi karmaşık karar verme analizlerinde gösterdiği başarı ile tüm dünya üzerinde aktif bir teknolojik araç olarak kullanılmaktadır (Yomralıoğlu, 2010). Hem grafik hem de grafik olmayan bir takım verilerin sayısal ortamda depolanması ve ihtiyaç doğrultusunda kullanılması CBS'nin temelini oluştururken, kullanıcılara ve birçok kuruma büyük faydalar sağlamaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin bileşenleri;

- Çeşitli formatlarda veri,
- Verilerin işleneceği ve yazılımın kullanılacağı donanım,
- Veriler üzerinde çalışma yapılabilecek bir yazılım,
- Yazılım, donanım ve veriler üzerinde işlem yapacak insan,
- Yapılacak çalışma için yöntem,

olmak üzere 5 parametreden oluşmaktadır. Bu bileşenlerden birisinin noksan olması, amaçlanan hedefe ulaşılamamasına sebep olur (Pişkin,2011). Aynı zamanda bahsedilen temel bileşenlerin doğru zamanda ve doğru yerde kullanılması CBS'nin amacına ulaşabilmesi için şarttır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri son zamanlarda Türkiye’de ve dünyada birçok alanda yoğun şekilde kullanılmaya başlanmış ve teknolojinin de gelişmesiyle birlikte CBS sektörü payına düşen gelişmeyi almıştır. CBS, farklı alanlarda farklı amaçlarla kullanılıyor olsa da temelde kullanım prosedürleri birbirleriyle paraleldir. Verilerin toplanması, depolanması, çeşitli tasarımlarda veri tabanlarının oluşturulması, analizler ve sorgular yapılması, ihtiyaca göre anlaşılabilir haritalar üretilmesi ve çeşitli raporlamalar yapılması vb. gibi aşamalar ortaktır (Çizelge 4.1.).

Çizelge 4.1. CBS kullanım prosedürleri (Jones, 1997)



Coğrafi Bilgi Sistemleri, başka tariflemeyle de, büyük boyutlu bilgiyi işlemek, dijital ya da kağıt ortamında harita olarak ya da sözel raporlamalarla göstermek, depolanan verilerden faydalanarak yeni haritalar üretmek, çeşitli analizler yapmak ve modellemek için, grafik ve grafik olmayan veriler arasında bağlantı kuran ve depolayan bir bağlantı sistemidir (Antenucci ve ark., 1991). Büyük boyutlu verilerin bir arada tutulması da bu veriler üzerinde işlem yapılması da hem titiz çalışma ister, hem de uzun zaman alır. Büyük verilere bir de mekânsal veri bilgisi dâhil olduğunda veri üzerinde işlem yapmak daha da zorlaşır. Ancak ihtiyaca göre veriler kullanılarak coğrafi bilgi sistemi oluşturmak, bu verileri kullanılabilir ve yönetilebilir hale getirmek bilgi sisteminden hızlı ve verimli sonuçlar elde etmeyi sağlar. Bundan dolayı CBS’nin temel bileşenleri ile bütünleşik bir yapı oluşturulmaya çalışılırken, tüm bileşenleri ihtiyaç duyulduğu kadar, belli bir standartta ve hassas bir çalışmayla kullanılmalıdır.

4.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanım Alanları ve Türkiye'deki Mevcut Durumu

Ülkemizde özellikle 1990'lı yıllardan itibaren birçok kamu ve özel kurum ve kuruluş, gelişen bilgisayar teknolojisiyle birlikte artan sayısal ve mekânsal bilgi ihtiyacının karşılanması amacıyla birbirinden bağımsız donanım ve yazılım çalışmalarına başlamışlardır. Birçok kurum ve kuruluş yetkili buldukları konularda ürettikleri veya düzenli olarak yaptıkları faaliyetlerinde kullandıkları verileri sayısal hale getirmeye başlamış ve uygulama yazılımları ile kullanıcı ara yüzleri geliştirme çalışmalarını yürütmüşlerdir (Girişken,2010). Böylelikle Coğrafi Bilgi Sistemleri üzerinde çalışmalar hızlı bir şekilde gelişmiş ve geliştirilen yazılım ve donanımlar sayesinde kent yönetimi, arazi planlaması, uygun yer seçimi, sosyal donatı alanlarının belirlenmesi ve harita basımı vb. alanlarda CBS kullanılarak verimli sonuçlar elde edilmiştir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri birçok alanda farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Mevcut verileri depolamak, depolanan veriler üzerinde çeşitli çalışmalar yapmak, kentlerdeki yönetimi sağlamak, korunması gereken alanların korunmasında destek almak, bilimsel çalışmalara altlık olmak vb. gibi amaçlarla CBS kullanılmaktadır. Ancak CBS'nin temel olarak kullanım alanları ve uygulama amaçları aşağıda belirtilen şekilde açıklanabilir (Kurum, 1997).

- Uygun Yer Seçimi
- Optimum Güzergâh Belirleme
- Modelleme ve Simülasyon
- Kaynak Tahmini ve Yönetimi
- Coğrafi Bilgi Üretimi
- Tesis ve Demirbaş Envanteri
- Coğrafi Veri Toplama ve Üretimi
- Harita ve Plan Basımı
- Kaynak Tahsisi
- Rota ve Akış Optimizasyonu
- Rota Seçimi ve Navigasyon
- Tesis Konum Planlaması
- Yeraltı ve Yerüstü Değerlendirmeler
- İzleme ve Gözleme

Bunun yanı sıra bir de CBS'nin uygulama alanlarını gruplandırırken kullanıcı açısından ele alındığında Çizelge 4.2' deki başlıklar ortaya çıkar (Batuk, 1996).

Çizelge 4.2. Kullanıcı açısından CBS uygulama alanı gruplandırması

İş Dünyası	Ekonomik Kalkınma	Eğitim Yönetimi	Mühendislik	Tesis Yönetimi	Altyapı Yönetimi	Lojistik Yönetimi	Maden Çıkarma
Savunma	Petrol Arama	Politik Yönetim	Kamu Sağlığı	Kamu Emniyeti	Toplu Ulaşım	Basın ve Medya	Emlak Bilgi Yönetimi
Yenilenebilir Kaynak Yönetimi	Araştırma	Şehir ve Bölge Planlama	Çevre	Tarihi Alanlar	Ölçme ve Haritalama	Veri Dönüşümü	Tarihi Alanların Belgelenmesi

Coğrafi Bilgi Sistemleri, kullanım alanları ve uygulama amaçları doğrultusunda ele alındığında aşağıda bahsedilen şekilde örnekler daha anlaşılır hale getirecektir.

- Uygun yer seçimi için oy kullanma merkezlerinin seçimi, katı atıkların depolanacağı alan seçimi, okul, cami, park vb. gibi kamu yararı olan alanlar seçimi,

- En hızlı rota seçimi için doğal ve doğal olmayan afetlerin (yangın, sel, askeri durumlar) yaşanması durumunda acil müdahale için en kısa yol güzergâhı belirleme,

- Harita ve plan baskı için herhangi bir kent alanının park yoğunluk analizi yapılarak haritada gösterimi ve ilgili haritanın basımı,

- Yeraltı ve yerüstü değerlendirmeler için doğal kaynakların tespiti ve korunması, topografik ve hidrolojik modellemelerin yapılması,

- İzleme ve gözleme için tekrarlı olayları kaydetme ve analiz etme, reklam kampanyası sonuçlarının harita üzerinde analiz edilmesi, seçim ve trafik kazaları analizinin yapılması,

gibi örnekler çoğaltılabilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri tüm dünyada, çok farklı alanlarda ve amaçlarda kullanıldığı görülmektedir. Aynı şekilde Türkiye’de de birçok alanda kullanımı giderek artmakta olan CBS bilimi, arkeolojik alanlarda yapılan çalışmalarda da yerini almış ve büyük katkılar elde ederek tercih edilmeye başlanmıştır.

Yapılan çalışmalara ve CBS’nin ulaştığı olduğu son duruma bakılıp değerlendirme yapıldığında, geçtiğimiz çeyrek yüzyılın en önemli metodolojik gelişmelerinden biri arkeolojik araştırmalarda CBS’nin kullanılması olmuştur (Arias, 2013).

4.3. Coğrafi Bilgi Sisteminde Kullanılan Veri Kaynakları

Coğrafi Bilgi Sistemleri oluşumunda, CBS'nin temel bileşenlerinden olan 'Veri' üretimi yapılır iken birçok kaynak kullanılabilir. Bu kaynaklar kullanılırken ve seçilirken, çalışma alanının büyüklüğüne, yapılan çalışmada gerekli olan hassasiyete, sistemin kullanılma durumuna göre karar verilir ve bu doğrultuda planlama yapılır. CBS oluşumunda kullanılan temel veri kaynakları incelendiğinde 6 başlık altında toplanabilir. (Özyavuz, 2002)

1. **Hava Fotoğrafları**, CBS oluşumunda kullanılan en yaygın ve genelde en güncel veri kaynağı hava fotoğraflarıdır. Hava fotoğrafları çeşitli hassasiyette ve boyutta olmak üzere farklılaşabilir. Çalışılan alan büyüklüğüne, veri boyutuna, hassasiyet derecesine ve kullanım amaçlarına göre hava fotoğraf kaliteleri ve üretimleri değişir. Özellikle son yıllarda uzaktan algılama amaçlı kullanılan tarayıcı ve algılayıcı sistemler içerisinde, yüksek hassasiyette ve üstün görüntü kalitesine sahip kamera sistemlerinin yer alması, hava fotoğrafları ile çeşitli çalışmaların yapılabilirliği üzerine dikkatlerin yoğunlaşmasına neden olmuştur. (Önder, 1986; Sabins, 1978)
2. **Uydu Görüntüleri**, CBS oluşumunda kullanılan bir diğer kaynak ise uydu görüntüleridir. Dünya çevresinde dolaşan ve çeşitli amaçlara hizmet eden uydular mevcuttur ve bu uydulardan elde edilen veriler; haberleşme, konum belirleme, harita üretimi, istihbarat vb. alanlarda kullanılmaktadır. Uydu fotoğrafları da hava fotoğraflarında olduğu gibi güncel görüntüleri içerir fakat uydu fotoğrafları küçük ölçekli olduğu için veri detaylarını birbirinden ayırma güçleri düşüktür (Allan, 1996). Çeşitli uydulardan elektromanyetik spektrumun görünen ışık dışında kalan bölgelerinde araziye ilişkin bilgileri elde etmeye yararlar. Algılayıcı sistemlerden elde edilen verilerin doğrudan sayısal veri üretiminde ve CBS oluşturulmasında kullanımı pek olanaklı değildir. Diğer veri kaynaklarını tamamlayıcı ve destekleyici yardımcı veriler olarak kullanılması uygundur (Wiley, 1986). Ancak son zamanlarda yapılan çalışmaların amacına göre yalnızca uydu görüntülerinin CBS oluşumunda kullanıldığı da görülmektedir. Sonuç olarak uydu görüntüleri ile çalışmanın hassasiyeti göz önünde bulundurularak CBS oluşumu için hızlı, kolay ve güvenilir veri üretimi sağlanabilmektedir.
3. **Mevcut Haritalar ve Baskı Kalıplar**, CBS oluşumu için kullanılan kaynaklardan bir diğeri de mevcutta yetkili kurumların ya da özel sektör

kuruluşlarının daha önceden üretmiş oldukları haritalardır. Bu veriler hem CBS oluşumu için direkt veri kaynağı olabilir, hem de sistemin oluşumunda destekçi ve doğrulayıcı veri olarak da kullanılabilir. Örneğin; yetkili kurumlardan alınan bir hali hazır verisinde bulunan yapı katmanını CBS oluşumu için direkt kullanmak mümkün olabilir. Bunun yanında ilgili verilerin referans olarak kullanılması da destekleyici veri olacaktır.

4. **Arazi Ölçümleri**, arazi üzerinde çeşitli ölçme aletleri ile çeşitli detayların, yüksekliklere ilişkin sayısal bilgilerin, 3 boyutlu koordinatların elde edilmesi işlemleridir. Maliyeti oldukça yüksek bir veri kaynağı olan arazi ölçümleri, uzun zaman çalışma isteyen ve zor bir süreçten geçecek bir kaynaktır. Arazide yapılan ölçümler çeşitli amaçlarla yapılabilir ve bu doğrultuda bilgiler toplanır. Örneğin; açı, mesafe, X,Y,Z koordinat, öznitelik bilgileri vb. (Özyavuz, 2002)
5. **Dokümanlar, Kayıtlar**, CBS oluşturulurken grafik ve grafik olmayan veriler toplanır ve sayısal ortama işlenir. Bu noktada sözel veriler de coğrafi veriler kadar kıymetlidir. CBS oluşumu için gerekli olan sözel dokümanlar ve kayıtlar hem yardımcı veri olarak hem de direkt sistemin içerisinde kullanılabilir. Kurulacak sistem ile ilgili dokümanlar incelenir, kontrol edilir ve ihtiyaç olan bölümleri sistemde kullanılır. Örneğin; il, ilçe, mahalle, köy ismi, ülke nüfusu, yapı sayısı vb. gibi örnekler sözel veriler için örnek olabilir.
6. **Diğer Veri Kaynakları**, CBS oluşumu için anlatılan ilk 5 madde içerisinde yer almayan kaynaklar diğer veri kaynakları olarak adlandırılabilir. Sayısal kamera verileri, yersel fotoğraflar, önceden hazırlanmış CBS verileri; CBS oluşumunda kullanılabilecek kaynaklardır (Batuk, 1995).

4.4. Arkeoloji Bilimi

Arkeoloji, eski kültür ve medeniyetleri, günümüze kadar ulaşabilmiş maddi kalıntılarını inceleyen ve yeniden kurmaya çalışan bir bilim dalıdır. Eski kültürlerle ait kalıntıların üzerinden uzun yıllar geçtiği ve genellikle bu kalıntılar geç fark edildiği için büyük bir bölümü toprak altında kaldığından bunları açığa çıkarabilmek için çoğu zaman kazı yapılır. Oldukça karmaşık ve hassasiyet gerektiren bir yöntem olan kazı tekniği arkeolojinin temel çalışmasını oluşturur. Temel çalışma alanı kazı tekniği olan bu bilim, kazı bilimi olarak da tanımlanır. Kazı bilimi olarak adlandırılması ile birlikte arkeoloji

bilimi sadece kazı yöntemi ile kültür varlıklarını açığa çıkarmaktan da ibaret değildir. Arkeologlar yazılı belgelerden, kültür varlığı olarak sınıflanan kalıntılardan yola çıkarak tarihe ışık tutacak bilgileri derlemeyi ve artık yaşamayan bir kültürü, ekonomiyi, sosyal yaşamı vb. ortaya koymaya çalışır (Sevin,1999). Böylelikle milletlerin ve toplulukların, geçmişe dair bilgi edinmesi; siyasi, sosyal, ekonomik vb. alanlarda yorum yapabilmesi mümkün hale gelir.

Arkeoloji, insanların yaşamları ve kültürel yapıları konusunda temel göstergeler oldukları gerçeğinden yola çıkarak, eski dönemlerden kalma her çeşit maddesel kültür kalıntısını/kalıntılarını öncelikle toplar, bu kalıntıları sınıflar; ardından bulunuş durum ve koşullarını da göz önünde bulundurarak yorumlar ve böylece doğru sonuçlara varmayı hedefler. Bu sebepten arkeolojiye öncelikle bir tanımlama bilimi denilebilir. Tanımlama biliminin karşılığı olarak; arkeoloji bilimi eski uygarlık kalıntılarını gruplar ve betimler. Bu nedenle arkeologlar belge kayıt memuruna benzetilebilir, çünkü bir kazı tümüyle düzenli bir kayıtlama operasyonu olarak da nitelenebilir. Yani bir arkeolojik çalışma yapılırken, o alandaki özellikle taş yapılar toplanır ve kayıt altına alınır. Arkeologlar, taş yapıların belgelenmesi ve kayıt altına alınması hususunda büyük hassasiyet ve önem gösterirler. Bir arkeolog, kazarak gün yüzüne çıkardığı her çeşit maddesel kültür kalıntısını, ister büyük bir saray, ev, hamam; isterse de küçük bir tunç iğne ya da bir taş yapının ufak bir parçası olsun her yönüyle kaydetmeye çalışır, kalıntının maddesini, yapılış özelliklerini hassas bir şekilde tanımlar, ölçülerini/boyutlarını alır, bulunduğu yeri ve bulunuş durumunu doğru olarak belirlemeye gayret eder. Çünkü bir kazıda her şey açık, tüm taş yapılar sağlam ya da tüm belgeler de okunaklı değildir. Bu yüzden belgeleri toplarken ve kazı çalışması aşamasında arkeoloğun tüm dikkatini ve özenini kazı üzerinde odaklaştırması gerekir (Sevin, 1999). Tespit edilen ve açığa çıkarılan maddesel kalıntıların kayıt altına alınması, ölçülmesi, öznitelik bilgilerinin tespit edilmesi ve bu bilgilerin depolanması; böylelikle farklı zamanlarda farklı çalışmalar için bir veri deposu oluşturulması ve yorumlanması arkeoloji bilimi için gerekli aşamalar arasındadır.

Arkeoloji bilimine dair yapılan araştırmaları ve çalışmaları göz önünde bulundurduğumuzda; temel olarak arkeolojinin bir kazı bilimi ve tanımlama bilimi olduğunu görmekteyiz. Bir arkeoloji alanında yapılan kazı çalışmalarında, kazı boyunca ortaya çıkan maddesel kalıntıların hem mekânsal hem öznitelik bilgileri olmak üzere tüm kalıntıların ve bilgilerinin tespit edilmesi, ardından tespiti yapılan kalıntıların kayıtlara işlenmesi ve güvenli bir şekilde saklanabilmesi gerekmektedir. Bu gerekliliklerin yapılabilmesi için, standart bir sistem hatta coğrafi bir bilgi sistemi ve buna uygun

tasarlanan bir veri tabanının oluşturulması, arkeolojik kalıntıların bilgilerinin hızlı bir şekilde kayıt altına alınmasında, bu bilgilerin korunmasında, depolanmasında ve hem mekânsal hem grafik veriler üzerinde birçok çalışmanın yapılabilmesinde katkı sağlayacaktır.

4.5. Arkeolojik Alanların Tescili ve Korunması

Arkeolojik alanların, devlet kontrolünde koruma altına alınmaları için, Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür Varlığı olarak tescilinin yapılması gerekir. Bu alanların tescili için; alan hakkında uzman arkeologlar tarafından detaylı ve özenli bir rapor hazırlanır, raporda korunacak alanın niteliği, mevcut kalıntılar ya da alanda kazı ile birlikte çıkabilecek muhtemel kalıntıların detaylı bir şekilde tarifleri yapılır, alanın sınırları haritalar üzerinde hassas olarak belirlenir. Bahsi geçen rapor ve tescil önerisi Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu tarafından incelenir ve uygun bulunması durumunda onaylanır ve korunması gerekli taşınmaz kültür varlığı olarak kayda geçer. Henüz görünür olmayan, genellikle geniş bir alanı kaplayan bu gibi kültür varlıkları sit alanı olarak adlandırılır (<https://acikders.ankara.edu.tr/> 16.12.2019). Bu alanlar devlet tarafından yukarıda bahsedildiği şekilde belirlenir ve tescillenmiş olan ilgili alanların korunması sağlanır.

Yönetim plânı olarak adlandırılan ve arkeolojik alanlarda yönetim alanının korunmasını, yaşatılmasını, değerlendirilmesini sağlamak amacıyla, işletme projesini, kazı plânı ve çevre düzenleme projesi veya koruma amaçlı imar plânını dikkate alarak oluşturulan koruma ve gelişim projesinin, yıllık ve beş yıllık uygulama etaplarını ve bütçesini de gösteren, her beş yılda bir gözden geçirilen plânlar vardır ki bunlar arkeolojik alanlarda yapılacak çalışma detaylarını belirleme sürecinde büyük önem taşır (Anonim, 1983). Şöyle ki arkeolojik alanlar, uzman kişiler tarafından incelenir korunması kararı alınır, sonrasında yukarıda bahsedilen şekilde yönetim planı hazırlanır ve uygulama çalışmaları başlar.

Türkiye’de ve dünyada bulunan, resmi yollarla arkeolojik alanlar grubunda yer alan ve tescilli bu alanların devlet tarafından korunması dünya tarihi açısından oldukça önemlidir. Geleceğe ışık tutacak olan bu arkeolojik alanlar, uzman arkeologlar tarafından detaylıca incelendikten sonra raporlanır ve devlet kurumları tarafından sit alanı olarak belirlenir. Böylesi detaylı ve hassas yapılan bir çalışma sonucunda sit alanı olan ve geçmişe ışık tutan bu alanların korunması ve takip edilebilmesi için farklı yöntemler vardır. Örneğin; kazı çalışması tamamlanmış ve bilimsel çalışmalara ve turizme açılmış bir arkeolojik alanı korumak adına, alanda bulunan taş yapılara temas engellenebilir,

fotoğraf çekimleri kısıtlanabilir ya da bu alanlarda belli aralıklarla görevliler yer alabilir. Ancak bahsedilen örnekler arkeolojik alandaki maddesel kültür varlıklarının sayısı, cinsi, öznitelik bilgileri ve konumlarını korumak için yeterli olmayabilir. Mevcutta ilgili alanların korunması için çeşitli önlemler alınmasına rağmen yetersiz olup hasar görmüş ve kaybolmuş taş yapıların varlığı bilinmektedir. (Şekil 4.5.)



Şekil 4.5. Anemurium Antik Kent Alanında Hasar Görmüş Taş Yapı Örnekleri

Arkeolojik alanlarda, kazının başlamasından bitişine kadar mevcutta olan ve süreç içerisinde ortaya çıkan taş yapıların kayıt altına alınması, kayıt altına alınan bu maddesel varlıkların konumları, öznitelik ve adres bilgileri, zaman içinde değişimleri ve takibi gibi verileri depolamak önemlidir. Depolanan bu veriler üzerinde çeşitli analizler yapabilmek ve hızlı bir şekilde bu alana dair bilgilere herhangi bir bilgi sisteminden ulaşabilmek, alan ve orada yaşamış toplumlar hakkında siyasi, sosyal, ekonomik vb. başlıklarda yorum yapabilmek ve bu bilgileri koruyabilmek arkeoloji biliminin hedeflediği yapıdır. Doğru veriye en hızlı erişip, bu verileri koruma altına almak, zaman ve mekânda kültür ve insan davranışı ile ilgilenen arkeologlar için önemli bir çalışmadır.

Ülkemizde kültür varlıklarının korunmasını zorlaştıran doğal ve beşeri etkenlerin engellenebilmesi için var olan tüm eksikliklerin giderilmesi ve bu doğrultuda çalışmaların artırılması gerekmektedir. Eksikliklerin giderilmesi durumunda gerek mevcut kültür varlıklarının korunması gerekse ortaya çıkabilecek arkeolojik alanların tespitine yönelik

stratejilerin belirlenmesiyle etkili bir koruma yaklaşımı mümkün hale gelecektir. Bu nedenle başta Harita Mühendisleri tarafından kullanılan ve geliştirilen mekânsal ölçüm yöntemlerine dayalı mekânsal veriler olmak üzere farklı alanların ihtiyaçlarının karşılanması ile insanlığın ortak değerlerinin yaşatılarak ve korunarak gelecek kuşaklara bırakılması mümkün olacaktır. (Girişken,2010)

4.6. Arkeoloji Bilimi ve Coğrafi Bilgi Sistemi Entegrasyonu

Arkeoloji bilimi, teknolojinin gelişmesiyle birlikte birçok donanım ve yazılımdan faydalanmaya başlamış bir bilim haline gelmiştir. Hassas ve hızlı veri toplama, depolama ve bu veriler üzerinde çeşitli çalışmalar yapabilmek ve depolanan bu veriler ile birlikte analizlerin de saklanabilmesi kazı bilimine doğru yorumlar katabilmek aşamasında önemlidir. Arkeolojik alanlarda çalışma yapılırken, arazideki maddesel kültür varlıkları üzerinde günümüz teknolojisine uygun ve hassas çalışma yapmak tüm arkeologların hedefleri arasında yer alır. Bu noktada, Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamalarının, arkeolojik alanlardaki birçok çalışmanın mekânsal tabanlı incelemelerine güvenilir şekilde cevap veren bir araç olduğu söylenebilir.

Daha önce tariflendiği gibi arkeologlar, belli bir mekân ve zamanda, arkeolojik alanda yaşamış toplumların kültürü ve insan davranışı ile ilgilenirler. Alanda tüm maddesel kültür varlıkları belli bir konumda bulunur ve bu eserler öznitelikleri ile tanımlanır. Arkeolojik alanın fiziksel ve kültürel çevresi, yerleşimlerin yeri ve dağılımını etkiler. Coğrafi Bilgi Sistemleri, çevre ile yerleşimler arasındaki ilişkiyi bulmak için güçlü bir analitik araçtır (Aydinoğlu, 2018). Öte yandan CBS, arkeologlar için birçok temel çalışmada güçlü bir araştırma aracı olarak kullanılabilir. Veri, zamansal ve mekânsal olduğundan dolayı CBS bileşenlerinin içeriği ile uyumludur.

Arkeolojik alanlar, doğal olaylar ya da insan müdahalesi ile hızlı değişimlere ve bozulmalara uğrayan alanlardır. (Şekil 4.6.) Bu nedenle kültür miras alanlarında, hem kazı çalışmalarının hem de belgeleme çalışmalarının hızlı ve hassas olması gereklidir. Belgeleme çalışmaları yapılırken, bu çalışmaları dijital ortama işlemek ve tüm maddesel kültür varlıklarını doğru coğrafi konumu ile harita üzerinde göstermek arkeologlar için önemli bir aşamadır. Doğru coğrafi konumu ve ilgili maddesel kalıntılara ait tüm öznitelik bilgileri barındıran bir veri tabanının oluşturulması, geçmişe ışık tutan bu değerli alanlarda yapılan çalışmaların düzenli hale gelmesine ve tüm bilgilerin tek çatı altında toplanarak sorgulamalar yapılmasına imkân verir. Arkeolojik alan sınırlarının, taş yapıların coğrafi karşılıklarının, taş yapıların tüm öznitelik bilgilerinin ve bu bilgilerin

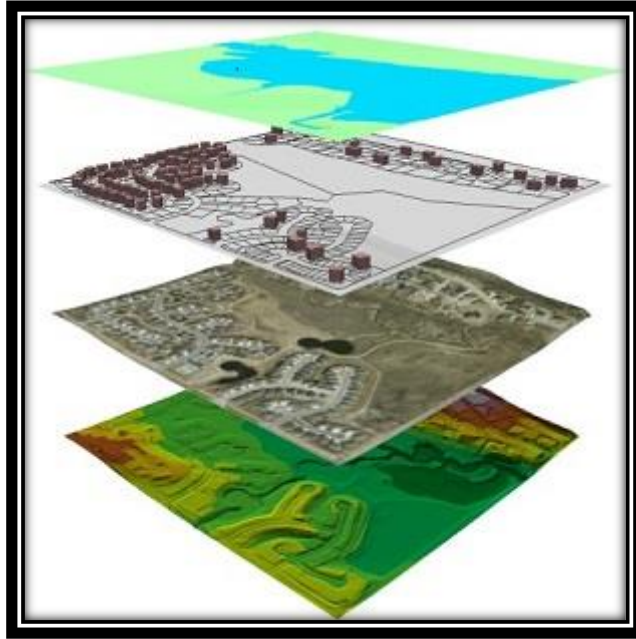
kaynağı gibi grafik ve grafik olmayan verilerin oluşturulması, korunacak alanları yönetilebilir hale getirir.



Şekil 4.6. Anemurium Antik Kent Alanında Hasar Görmüş Taş Yapı Örneği

CBS, arkeolojik alan çalışmalarında detaylı veri toplama, işleme, bu veriler üzerinden çeşitli analizler yapabilme gibi konularda yardımcı olmanın yanı sıra görsel olarak karşılaştırma imkânı da sağlar. CBS ile entegre çalışma yapan arkeologların veri alma ve görselleştirme işlemlerinin dışında süreç içerisinde gerçekleşen değişiklikler hakkında yorum ve bu detayda çalışma yapabilmesini ve farklı bilgilere ulaşabilmesini kolaylaştırmaktadır. Bunlar göz önünde bulundurulduğunda, CBS somut bir araç olmanın yanı sıra bir bilim dalı haline gelmiştir (Güleç, 2013).

CBS ve arkeolojik alana uygun bir veri tabanı tasarımı ile arkeolojik alanlarda bulunan verileri depolamak, korumak, planlamak, analizler yapabilmek ve birçok açıdan yönetebilmek mümkündür. Coğrafi Bilgi Sistemleri temelinde, arkeolojik bir alanda sayısal yükseklik modeli, taş yapı geometrileri, arazi modeli vb. gibi çeşitli katmanlar oluşturulur ve bu verilerden faydalanılır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Arkeoloji Bilimi Entegrasyonunda Oluşabilecek Katmanlar
(<http://www.geotecnic.it/geographic-information-system-g-i-s/> 17.12.2019)

Arkeolojik kazılarda ihtiyaç duyulan hızlı, güvenilir, detaylı sayısal veri gereksinimlerinin karşılanmasında ve CBS kapsamında 3 boyutlu veri üretim çalışmalarının gerçekleştirilmesinde, farklı ölçüm teknikleri birçok olanak sunmaktadır. Bu tekniklerin, yerel, bölgesel ve obje ölçeğinde gerçekleştirilen arkeolojik çalışmalarda önemli uygulama alanları bulunmaktadır. Bölgesel ölçekte gerçekleştirilen çalışmalarda arkeolojik alanların topoğrafik özelliklerini kaydetmek ve arkeolojik kalıntıları belirleyerek haritalandırmak ve envanterini depolamak; yerel ölçekte gerçekleştirilen çalışmalarda daha küçük ölçekli sitlerdeki maddesel kültür buluntularını kayıt altına almak; obje ölçekli çalışmalarda da eserlerin ve çeşitli buluntuları kayıt altına almak gibi çeşitli çalışmalar vardır. (Lambers ve Remondino, 2010)

4.7. Kültürel Mirasın Korunmasına Yönelik Coğrafi Bilgi Sisteminde Mekânsal Veri Toplama Teknikleri

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin temel bileşenlerinden biri olan ‘veri toplama’ aşamasında kullanılan yöntemler çeşitlilik gösterir. Bu çeşitlilik; çalışma alanı büyüklüğüne, ihtiyaç duyulan veri hassasiyetine, iklim, hava şartları, hız vb. ölçütlere göre farklılık gösterir ve bu ölçütler göz önünde bulundurularak seçim yapılır.

CBS’de kullanılan mekânsal veriler, yeryüzünden yersel ve uydu bazlı ölçümlere dayalı olarak toplanan ve üzerinde herhangi bir işlem gerçekleştirilmemiş verileri kapsamaktadır. Yeryüzündeki belli alanlarda çeşitli verilerin toplanmasında jeodezik,

fotogrametrik ve uzaktan algılama ölçüm tekniklerinden yararlanılmaktadır. Son zamanlarda uzaktan algılama tekniği yaygın olarak kullanılmakla birlikte çeşitli sebeplerle birçok olumlu tarafı dikkat çekmektedir. Buna ek olarak son zamanlarda kullanımı yaygınlaşan bir başka teknik ise yersel lazer tarayıcılardır. Birçok mühendislik ve mimarlık projelerinin yanı sıra arkeolojik amaçlı CBS uygulamalarında da yaygın olarak lazer tarayıcılarından faydalanılmaktadır. Arkeolojik alanlarda yapılan birçok çeşit çalışma konusu olduğu için çalışma yöntemleri de buna bağlı olarak değişmektedir fakat her durumda ortak payda; işleyişin hızlı olması, maddesel kültür miraslarına zarar vermeden ve doğru veri üreterek, yapılan analizlerden doğru sonuca ulaşabilecek şekilde çalışmayı tamamlamaktır. Arkeolojik alanlarda, CBS için kullanılan ölçüm yöntemlerinden herhangi birini seçmenin yanı sıra; bu yöntemlerin, ihtiyaca göre birlikte kullanılması da mekânsal veri üretme ve üretilen verinin yönetimi konusunda birçok fayda sağlamaktadır. Böylelikle maddesel kültürel mirasın istenilen düzeyde modellenmesi mümkün hale gelmektedir. Sonuç olarak arkeolojik alandaki maddesel kültür objelerinin ve arkeolojik sitlerin 3 Boyutlu (3D) modellenmesini gerektiren çalışmalarda, ki birçok arkeolojik alanda özellikle turizm için kullanılmakta, farklı tekniklerin bir arada kullanılması ile oldukça başarılı ve sürdürülebilir sonuçlar alınabilmektedir. İhtiyaç kadar ve çalışmanın amacı doğrultusunda veri sağlama amacını taşıyan bir modelleme çalışmasında; proje planlaması, yukarıda bahsedilen ölçüm teknikleri ve bu yöntemlerle elde edilen verilerin birbiri ile entegre edilmesi sağlandığında hedeflenen sonuç ürüne en doğru şekilde ulaşılmış olacaktır (Votolini ve ark., 2007). Aşağıda ölçüm teknikleri ve çalışma yöntemleri anlatılmıştır.

4.7.1. Jeodezik Ölçüm Teknikleri

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde yüksek doğruluklu veri üretiminde yersel ölçüm teknikleri ile veri toplanmasında çeşitli donanımlar ve yazılımlar kullanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte büyük gelişmeler gösteren yersel ölçüm aletleri ve buna bağlı olarak yersel ölçüm teknikleri, kültürel mirasın belgelenmesine, kayıt altına alınmasına, korunmasına ve planlanmasına yönelik CBS’de mekânsal veri toplama büyük fayda sağlamaktadır.

2000’li yıllardan sonra sivil kullanıcılara açılan Global Konum Belirleme Sistemi’nin (GPS) yüksek doğruluklu konum bilgilerinin üretilmesinde önemli bir yol almıştır. Bunun yanı sıra GPS, GLONASS ve GALILEO gibi çeşitli uydu sistemlerinin entegrasyonu ile çalışan GNSS (Global Navigation Satellite System) ile sivil

kullanıcıların kolaylıkla yüksek doğruluklu konum bilgisi üretmesi mümkün hale gelmiştir. Yüksek doğruluklu konum bilgisini haritacılık faaliyetleri başta olmak üzere birçok disiplinlerde kullanılmaktadır. GNSS ile uzaydaki uydular tarafından yeryüzüne iletilen çeşitli sinyallerin içerdiği kod, faz ve navigasyon mesaj bilgilerinin alıcılar tarafından çözümlenmesiyle noktaların enlem, boylam, yükseklik bilgileri üretilebilmekte ve çeşitli matematiksel yüzeyler ile üç boyutlu koordinatlara dönüşümü sağlanabilmektedir (Girişken, 2010). GNSS sistemlerinde elde edilen konum bilgilerinin, çeşitli sebeplerle oluşan hatalardan arındırılması ve konumsal doğruluğun artırılması amacıyla çeşitli ölçekte sistemler hizmet vermektedir. WAAS (Wide Area Augmentation System, Geniş Alan İyileştirme Sistemi), LAAS (Local Area Augmentation System, Lokal Alan İyileştirme Servisi), EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) ve EUROFIX bu kapsamda konumsal düzeltme verileri yayınlayan sistemlerdendir (Girişken, 2007).

Günümüzde jeodezik ve navigasyon amaçlı alıcılar yaygın olarak kullanılmasıyla birlikte, farklı alıcılardan elde edilen konum verilerinin doğrulukları arasında önemli ölçüde farklılıklar da bulunmaktadır. Uydu bazlı ölçüm yöntemlerinin sağladığı faydalardan bir diğeri ise toplanan mekânsal verilerin, kolaylıkla toplanabilmesi ve bilgisayar ortamına aktarımının olanaklı olmasıdır (Conolly ve Lake, 2006). Bunlara ek olarak jeodezik ölçüm yöntemlerinde yaşanan önemli bir gelişme ise GNSS alıcıları ile total station'ın entegrasyonu ile ölçüm aletlerinin geliştirilmesidir. GNSS uydularından gelen sinyallerin yetersiz kaldığı durumlarda, total station ile güvenilir konum bilgilerinin belirlenmesi ve kontrol noktalarına ihtiyaç duyulduğu durumlarda ise GNSS uydularından faydalanılabilmesi mekânsal verilerin toplanması sırasında büyük kolaylık sağlamaktadır. Kültürel mirasın korunması ve belgelendirme çalışmalarının tamamlanması için birçok çalışmada jeodezik ölçüm tekniklerinden faydalanılmakta olup, mekânsal verilerin güvenilirliği ile doğrudan ilişkili olan jeodezik altyapının oluşturulmasında, farklı ölçüm tekniklerinin mekânsal hale getirilmesinde jeodezik ölçüm tekniklerinin önemli olduğu görülmektedir (Girişken, 2010).

4.7.2. Fotogrametrik Ölçüm Teknikleri

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veri toplama aşamasında kullanılan yöntemlerinden birisi fotogrametrik ölçüm tekniğidir. Fotogrametrik yöntemler, alandaki objeleri ve bu objelerin birbirleriyle olan ilişkileri bütünlüklü olarak yansıtan bir teknik olarak günümüzde CBS uygulamalarında, grafik ve grafik olmayan verileri barındıran veri

tabanının sağlanması; koruma, restorasyon ve dokümantasyon işlemleri sürecinde elde edilen tüm veriler daha sonra da kullanılacağı için maliyette tasarruf; farklı disiplinler arasında veri alışverişini olanaklı kılması gibi çeşitli avantajlar nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Duran ve Toz, 2007).

Yersel ve hava fotogrametrisi ölçüm teknikleri, objelerin yerden ya da havadan alınan görüntülerinin jeodezik koordinatlarla ilişkilendirilmesi ile gerek üç boyutlu sayısal arazi modellerinin üretilebilmesi gerekse üç boyutlu modellerinin geliştirilebilmesi mümkün hale getirmektedir. CBS'ye sağladığı bu olanakların yanında görüntü kaplama, animasyon, sayısal arazi modeli ve üç boyutlu sorgulamaların yapılabilmesini sağlayan fotogrametrik yöntemlerden günümüzde değişik alanlarda ve farklı disiplinlerde faydalanılmaktadır (Uçar ve Ergün, 2004). Özellikle hava fotogrametrisi, arkeolojik alanlarda yapılan çalışmalarda, maddesel kültür varlıklarının korunmasına, belgelendirilmesine, yönetilebilmesine, çeşitli analizler yapılabilmesine ve alandaki taş yapıların envanterinin çıkarılmasına yönelik çalışmalarda tercih edilmeye başlanmıştır.

4.7.3. Uzaktan Algılama Teknikleri

Arkeolojik alanlarda kültür varlıklarının üzerinde yapılan CBS çalışmalarına yönelik yapılan çalışmalarda uzaktan algılama teknikleri de yoğun olarak kullanılmaktadır. Uzaktan algılama teknikleri, çalışma alanının fiziki coğrafyasının hâlihazır durumunun dijital ortamda incelenmesinde, çeşitli niteliklerde haritalarının üretilmesinde, planlanmasında, takip edilmesinde, ortaya çıkan tahribatların saptanmasında ve doğal ortamı oluşturan kaynakların yönetiminde kullanılmaktadır. Bu teknik ile elde edilen uydu görüntüleri yardımıyla, ihtiyaca göre hassasiyeti büyük önem taşımayan, çalışma alanlarında bulunan güncel mekânsal verilerin hızlıca toplanması ve depolanması mümkün hale gelmiştir. Uydu görüntülerinin bilgisayar ortamında değerlendirilebilmesi, mekânsal verilerin tespit edilmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile bütünleşebilmesi, düzenli olarak güncelleştirilmeye ve meydana gelen değişiklikleri izlemeye imkân tanınması, uzaktan algılama yöntemlerinin tercih edilmesi için öne çıkan maddeler arasındadır. Uydulardan elde edilen görüntüler ve görüntü işleme teknikleri, yer yüzeyi hakkında birçok verinin hızlı ve doğru bir şekilde elde edilme imkânı vermesinin yanında, yeryüzü parçası ile ilgili çok çeşitli mekânsal analizleri yapma ve analizler sonucu insanlık adına faydalı sonuçlara ulaşma olanağı da sunmaktadır. Elde edilen coğrafi verilerin kullanılacağı durumlar değerlendirilerek ihtiyaç doğrultusunda uygun

şekilde tasarlanan bir coğrafi bilgi sisteminde, depolanması, sistemin sunacağı analiz kabiliyeti ile birlikte planlama, karar verme ve yönetim aşamasında önemli ve faydalı olanaklar sunmaktadır (Koç ve Yener, 2001).

Yukarıda bahsedilen detaylara ek olarak uzaktan algılama tekniği ile elde edilen dijital görüntüler için diğer bir konu da çözünürlüktür. Günümüzde uzaktan algılama uygulamalarında ihtiyaca göre farklı uzaysal çözünürlüklerde çeşitli uydulardan yararlanılmaktadır. Uzaktan algılama, olası arkeolojik sit alanlarının belirlenmesinde, görsel yüzey modellerinin oluşturulmasında, çalışma alanına ilişkin verilerin toplanmasında, toplanan veriler üzerinde çeşitli analizler yapılmasında ve analizler sonucu doğru sonuçlara ulaşılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Kültürel mirasın korunmasına yönelik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan bu ölçüm tekniğine dayalı ürünlerin diğer ölçüm teknikleri ile bütünleştirilebilmesi olanaklı olup, bu suretle mekâna ilişkin tamamlayıcı objelerin de Coğrafi Bilgi Sistemi kapsamında yer alması ile mekânsal algının artırılması önemli bir gelişmedir (Girişken, 2010).

Uzaktan algılama tekniklerinin kullanılması, arkeolojik alanlarda yapılan çalışmalara mekânsal veri üretme anlamında büyük katkılar sağlamakla birlikte, CBS için özellikle altlık olarak kullanılması hem temassız olması hem de düzenli aralıklarla takibi için büyük faydalar sağlamaktadır. Buna karşılık, arkeolojik alanlarda her bir küçük taş yapı veya taş üzerindeki en küçük detaylar bile geleceğe ışık tutma konusunda önem gösterdiği için uzaktan algılama teknikleri ile bu detaylara ulaşmak çok mümkün olmayabilir. Böylesi durumlarda daha yakından çekimlerin yapıldığı fotogrametrik yöntemlerden İnsansız Hava Aracı ile haritalama çalışmaları uzaktan algılama ile yapılan çalışmalara alternatif olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanında jeodezik yöntemlerle elde edilen nokta koordinatları referans alınarak hem uzaktan algılama teknikleri hem de fotogrametrik yöntemlerin birlikte kullanılması özellikle arkeolojik alanlarda ciddi faydalar sağlayacaktır.

4.7.4. Lazer Tarayıcılar ile Ölçüm Teknikleri

Günümüzde, CBS'nin temel bileşenlerinden olan veri toplanması aşamasında yersel lazer tarayıcılardan faydalanılmaktadır. Yersel lazer tarayıcılardan elde edilen ve detay düzeyine bağlı olarak toplanan farklı yoğunluktaki nokta kümeleri öncelikle modelleme olmak üzere birçok amaç için kullanılabilir. Yersel lazer tarayıcılardan elde edilen bu veriler sayesinde, kısa sürede objelerin 3 boyutlu koordinatları elde edilmektedir. Jeodezik koordinatlar, lazer tarayıcı ölçülerinin birleştirilmesi ve bu

ölçülerin topoğrafik ve fotogrametrik ölçülerle entegrasyonu için uygun bir yöntemdir (Yıldız ve Altunbaş, 2009). Coğrafi Bilgi Sistemlerinde, özellikle ihtiyaç duyulan detay yoğunluğunun arttığı mimari ve arkeolojik çalışmalarda önemli bir veri toplama yöntemi olan lazer tarayıcıların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Ayrıca, lazer tarayıcılar ile jeodezik ve fotogrametrik ölçüm tekniklerinin de bütünleştirilmesi; daha nitelikli ve görsel açıdan da ihtiyaçları karşılayan jeomekansal verilerin elde edilmesini de mümkün hale getirecektir. Günümüzde lazer tarayıcılardan elde edilen 3 boyutlu nokta bulutları, mekânsal verinin yüksek doğrulukla hızlıca toplanmasına ve mekânsal ilişkilerin sanal modellerle yansıtılmasına olanak sağlamaktadır. Lazer tarayıcılar özellikle arkeolojik çalışmalarda zemin planlarının, taş yapı/duvarların ve kalıntı cephelerinin modellenmesinde kullanılmaktadır (Girişken, 2010).

4.8. Kültürel Mirasa Yönelik CBS Proje Örnekleri

Kültürel mirasın öncelikli olarak korunması için ardından da planlanması ve yönetilebilir hale getirilebilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri başlığı altında çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar yapılırken birçok ölçüm teknikleri kullanılmakta ve kullanılan teknikler kendi içlerinde kıyaslanarak kullanıcı tarafından ihtiyaç durumuna göre seçim yapılmaktadır. Dünyada ve ülkemizde özellikle maddesel kültür varlıkları üzerinde CBS temelinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu örnekler kendi içlerinde çeşitlilik göstermektedir. Bu bölümde ülkemizde ve dünyada kültür mirasıyla ilgili CBS örnekleri incelenecektir.

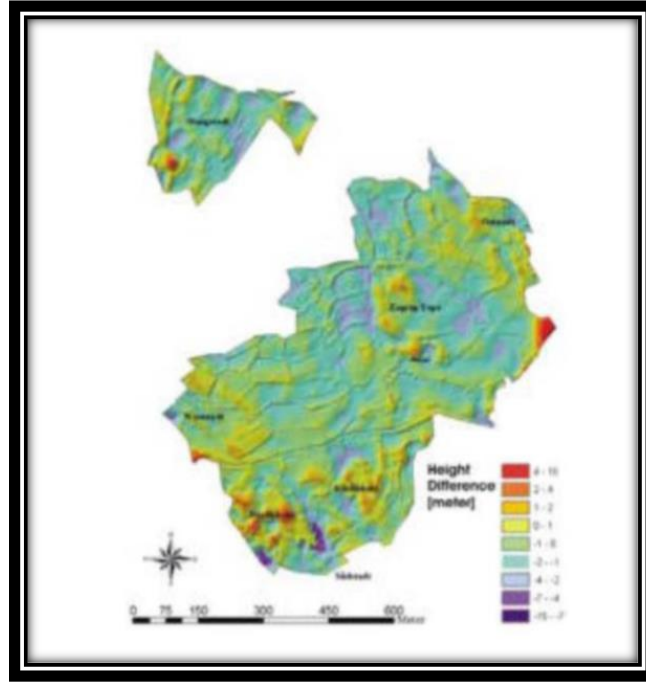
4.8.1. Türkiye’de Tavium Antik Kenti Örneği

Yozgat’ın Büyüknefes köyünde yer alan Tavium Antik Kentte ilk yerleşimler M.Ö. 4000’lerde başlamıştır. Bölgede 1997 yılına kadar kapsamlı bir arkeolojik kazı yapılmamasına karşın; günümüzde jeodezik altyapısı ile tüm verilerin bütünleştirildiği ve sayısal arazi modellerinin oluşturulduğu birçok verinin genel ağ üzerinden paylaşıldığı içerikle bölgede kapsamlı çalışmalar yürütülmektedir (Müller, 2010). Bölgede yürütülen çalışmalarda ilk etapta çalışma alanını kapsayan jeodezik altyapıya dayalı olarak bölgedeki koordinat sistemlerinden doğrudan yararlanılmak istenmiş ancak yaşanan bazı sorunları çözmek amacıyla çalışma alanında bir ağ sıklaştırmasına ihtiyaç duyulmuştur (Girişken, 2010). Bu alanda ağ sıklaştırılması yapılmıştır ve alan üzerinde yapılacak çalışmalara doğruluk ve kolaylık sağlamıştır.

Çalışma alanının sayısal arazi modelini üretmek için hem bölgenin 1:500 ölçekli haritaları hem de jeodezik ölçüm yöntemi ile elde edilen yaklaşık 17000 nokta kullanılmıştır. Bölgedeki detay alımlarında elde edilen jeomekansal verilerin tek bir anlamlı koordinat sisteminde tanımlanması için referans harita ile jeodezik ağı oluşturan 5 nokta arasında koordinat dönüşümü yapılmıştır. Noktaların karesel ortalama hatalarının ± 1 mm'den fazla olmasına karşın projede arazide toplanan jeomekansal veriler ile referans altlık arasında uyum sağlandığı ve bu suretle de bölgedeki yükseklik verilerinin elde edilmesi ve CBS ortamına aktarılması ile çeşitli analizlerin gerçekleştirildiği gözlemlenmektedir (Girişken, 2010). Örneğin CBS çerçevesinde yapılan görünürlük analizleri yapılan çalışmalara önemli katkılar sağlamıştır. Sayısal arazi modeli üzerinden bölgedeki ibadet yerleri, yollar, evler vb. farklı yerleşimlerin olası konumları hakkında tahminlerde bulunmak mümkün hale gelmiştir. Bölgede yürütülen çalışmalarda ayrıca gerek uzaktan algılama tekniklerinden gerekse fotogrametrik tekniklerden faydalanılarak çeşitli görselleştirme çalışmaları da yürütülmekte olup; çalışmaların genel ağ üzerinde paylaşılması hedeflenmektedir (Girişken, 2010). Tavium Antik Kent Alanında yapılan çalışmalara Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10.'daki görüntüler örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 4.8. Çalışma alanının sanal görüntüsü (Müller, 2010)



Şekil 4.9. Alandaki yükseklik farklarının mekânsal dağılımı (Müller, 2010)



Şekil 4.10. Çalışma alanı topoğrafik harita (Müller, 2010)

4.8.2. Türkiye’de Tarsus Gözlükule Höyüğü Örneği

Mersin’in Tarsus ilçesi’nde bulunan Gözlükule Höyüğü’nde 1934-1939 ile 1947-1949 yılları arasında Hetty Goldman başkanlığında kazı çalışmaları başlamıştır ve günümüzde farklı alanlardan çok sayıda alanında uzman olan kişilerin desteği ile sürdürülmüştür. Boğaziçi Üniversitesi’nin Tarih, Kimya, Jeofizik ve Jeodezi Bölümleri ile Ege Üniversitesi Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı üyelerinin işbirliği ve ABD’den Bryn

Mawr College, Klasik ve Yakın Doğu Arkeolojisi Bölümünün katkıları ile 2001 yılında başlatılan çalışmalarda; Goldman kazılarında elde edilmiş tüm buluntuların yeniden incelenerek sayısal ortamda kayıt altına alınması ve arşivlenmesi, Ortaçağ'a ait buluntuların yayınlaştırılması, kazı çalışmalarına ilişkin önceki dönem envanterlerinin çıkarılması ve yeni dönemde yürütülecek çalışmalara ilişkin gerekli hazırlıkların yapılması, Höyüğün korunması ve tanıtılması, Höyüğün içinde bulunduğu doğal ortamın çevresi ile bütünlük sağlanarak incelenmesi gibi uzun vadeli hedefler belirlenmiştir. Bahsedilen amaçlar doğrultusunda 2001 yılında jeodezik ölçümler, jeofiziksel ölçümler, höyüğün temizlenmesi, yüzey araştırmaları, sondajlar, depolarda bulunan buluntuların incelenmesi gerçekleştirilmiş olup ayrıca araştırma merkezi de kurulmuştur (Gürbüz, Özener, Özyar, 2003)

Bölgede yürütülen jeodezik çalışmalar Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırmaları Enstitüsü Jeodezi Anabilim Dalı tarafından gerçekleştirilmiş ve jeodezik ağ tesisi oluşturulmuştur. Mevcutta arazide var olan poligon noktaları kullanılmış ve buna ek olarak yeni poligon noktaları tesis ederek toplam 13 noktadan oluşan kapalı bir poligon ağı tesis edilmiştir. Oluşturulan poligon ağı 2 tam seri olarak ölçülmüş, belediye ve kadastro biriminden alınan mevcut koordinatlar kullanılarak gerçekleştirilen dengeleme hesabı ile bu noktaların 3 boyutlu koordinatları hesaplanmıştır. Daha sonra takeometrik yöntemlerle detay alımı yapılmış ve bunun sonucunda bölgenin 1:500 ölçekli topoğrafik haritası üretilmiştir. Çalışmalarda ayrıca ortaya çıkarılan buluntuların kataloglanması çalışmaları da yürütülmektedir. Çalışma kapsamında geliştirilen özel bir yazılımla, tüm verilerin tek bir sistemde ele alınması sağlanmaktadır. Ancak kullanılan sistem ileri görselleştirme ve sorgulama tekniklerini tam olarak içermemektedir. Gelişen teknolojilerin ve farklı ana bilim dallarının katkılarıyla yürütülen çalışmalarda zamanla mekânsal çalışmaların önem kazandığı gözlemlenmektedir (Girişken, 2010).

Kazı çalışmalarının ilk aşamalarında klasik arkeolojik metotlarla çizimi gerçekleştirilen ve konumsal doğrulukları uyumsuz çizimlerin, zamanla jeodezik yöntemlerle elde edilen verilere dayalı çizimlerle ilişkilendirilmesinde sorunlar yaşanmıştır. Ancak yürütülen güncelleme çalışmaları ile 2009 yılı sonunda bu sorun büyük ölçüde giderilmiştir. 2009 yılında yapılan güncelleme çalışmaları sonucunda üretilen ve mekânsal ilişkileri jeodezik bir altlık üzerinde yansıtan çizimlere yer verilmiştir (Girişken, 2010). (Şekil 4.11.)

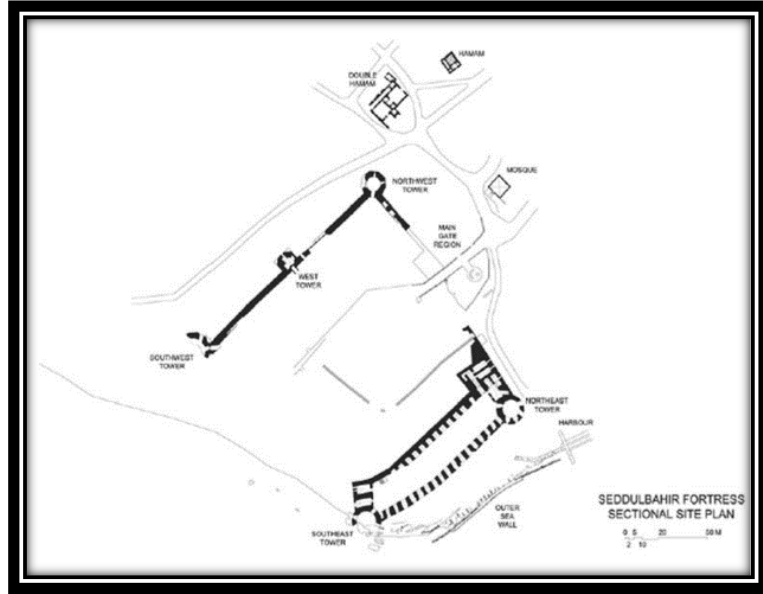


Şekil 4.11. Arkeolojik çizimlerin güncellenmesi çalışmaları

Gözlükule çalışma alanında yapılan uygulamada, modern yöntemlerin kullanımının yaygınlaşması ile geleneksel arkeolojik ölçüm tekniklerinin barındırdığı çeşitli hataların elimine edilmesi mümkün hale gelmiştir. Bu noktada bütünlüklü bir yaklaşımın benimsendiği arkeolojik çalışmalar açısından önemli bir çalışma olmuştur. Özellikle, hassas konum bilgisinin önemsendiği ve bu doğrultuda teknolojik gelişmelerin de takip edildiği çalışmanın, ülkemizdeki farklı kazılarda da dikkate alınması, kültür varlıklarının korunması ve belgelenen kültür varlıkları üzerinden farklı bilimsel çalışmaların kolaylıkla yürütülebilmesine olanak sağlayacaktır (Girişken, 2010).

4.8.3. Türkiye’de Kumkale ve Seddülbahir Kaleleri Örneği

Kumkale ve Seddülbahir Kalelerinin Dokümantasyonu Projesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Jeodezi Anabilim Dalı ve Koç Üniversitesi Tarih Bölümü tarafından ortak olarak gerçekleştirilmiştir. Bu projeyi ele almaktaki amaç; farklı bilim dallarının bir arada ortaya koyduğu ürünlerin, kültür varlıklarının korunması, yaşatılması ve belgelendirilmesi düşüncesinin gerçekleştirilme isteğidir (Girişken, 2010). Seddülbahir Kalesi bölgesine ait eski bir plan Şekil 4.12’de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.12. Seddülbağir kalesi bölgesine ilişkin plan
(www2.unitar.org/hiroshima/programmes/whs05/thys-senocak.pdf, 26.05.2010)



Şekil 4.13. Bölgenin CBS ortamında 3 Boyutlu Modeli
(www2.unitar.org/hiroshima/programmes/whs05/thys-senocak.pdf, 26.05.2010)

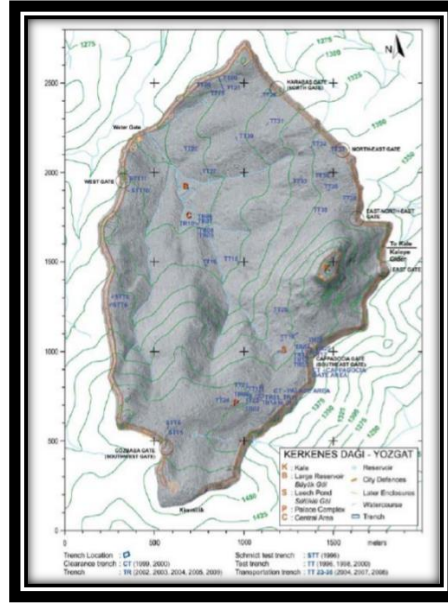
Çalışma alanında yürütülen projede haritaların, çeşitli nitelikte planların, arazi modellerinin üretilmesi; ihtiyaca göre belirlenen veri tabanlarının oluşturulması, CBS uygulamalarının geliştirilmesi, bu ürünlerin internet üzerinde paylaşılması gibi çeşitli hedefler doğrultusunda çalışmalar yürütülmüştür. CBS için yapılan çalışmaların yapımı aşamasında farklı bilim dallarında gereksinimleri göz önünde bulundurulur ve sonuç olarak geliştirilecek CBS uygulamasının kaleleri modelleyebilecek bir sistem olmasına karar verilmiş, kullanıcı kitlesi kısmen belirlenmiş ve bu kapsamda sistemin jeodezik altyapısı ITRF96 datumunda kurulmuştur. Bölgede tesis edilen jeodezik altyapı beraberinde çalışma alanında ilk etapta yaklaşık 18000 noktanın detay alımı

gerçekleştirilmiş, kalelerin ve çevrelerinin topoğrafik haritaları, detaylı mimari planları ve 3D arazi modelleri (Şekil 4.13.) üretilmiştir. CBS’de ele alınacak tüm öznitelik verileri çeşitli kütüphanelerden faydalanılarak araştırılmış, çalışma alanındaki ilgili yapıların fotogrametrik cephe modellemeleri gerçekleştirilmiş, veri tabanında bulunan sözel veriler ile coğrafi veriler arasındaki ilişkiler kurulmuş, farklı yazılımlarla çeşitli sorgulamalar ve analizler gerçekleştirilmiştir (Çelik ve Güney, 2002).

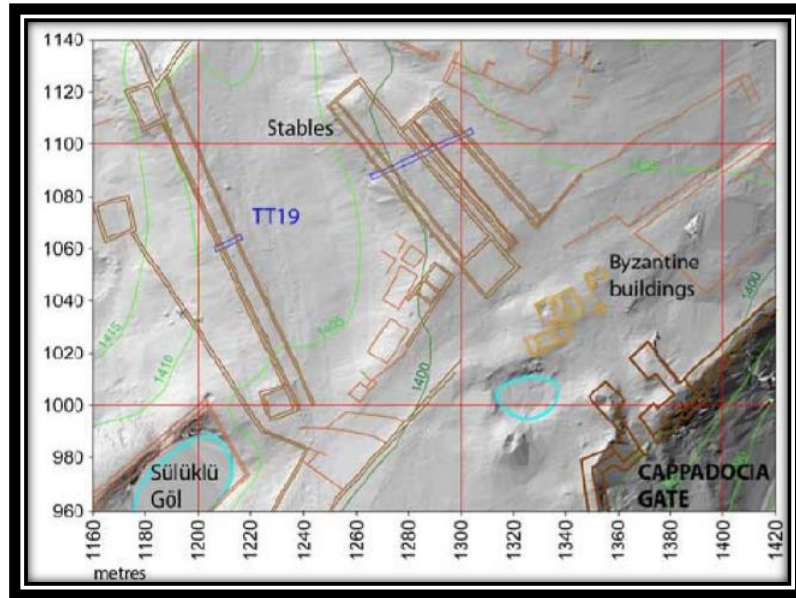
4.8.4. Türkiye’de Kerkenes Örneği

Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü tarafından Yozgat’ın Sorgun ilçesi Şahmuratlı Köyü yakınlarında bulunan Kerkenes’te yürütülen çalışmalarda farklı ölçüm tekniklerinden faydalanılarak CBS için bir çalışma yapılmıştır (<http://www.kerkenes.metu.edu.tr/kerk1/index.html-2010>). Çalışma alanı Kerkenes’te CBS kapsamında yürütülen bu çalışmalarda fotogrametrik, jeodezik ve jeofiziksel yöntemlerin bir arada kullanılmıştır ve bu kapsamda verilerin tek bir sistemde entegre edilmesi mümkün olmuştur (Girişken, 2010).

Alanda, ilk olarak jeodezik noktalar tesis edilmiş ve arazide ağ tasarımı gerçekleştirilmiş, sonrasında elde edilen altlıklar yer kontrol noktaları ile entegre edilmiş, arazinin hava fotoğrafları çekilmiş ve çeşitli ölçümler sayesinde çok sayıda veri elde edilmiştir. Bölgede ayrıca bu tekniklerin bir arada kullanılması sonucunda elde edilen tüm veriler CBS ortamına aktarılarak çeşitli analizlerin gerçekleştirilmesi ve mekânsal verilerin bir sistemde depolanması sağlanmıştır (Girişken, 2010). CBS’nin temel hedeflerinden biri olan; mekânsal ve grafik olmayan verilerin doğru şekilde sisteme işlenmesi ve bu veriler üzerinden çeşitli analizler yapılarak anlamlı sonuçlar elde etme durumu göz önüne alındığında Kerkenes’te yapılan çalışmalar CBS için büyük önem taşımaktadır.



Şekil 4.14. Sayısal Arazi Modeli (<http://www.kerkenes.metu.edu.tr/kerk1/index.html-2010>)



Şekil 4.15. Arazi katmanlarını içeren harita gösterimi
(<http://www.kerkenes.metu.edu.tr/kerk1/index.html-2010>)

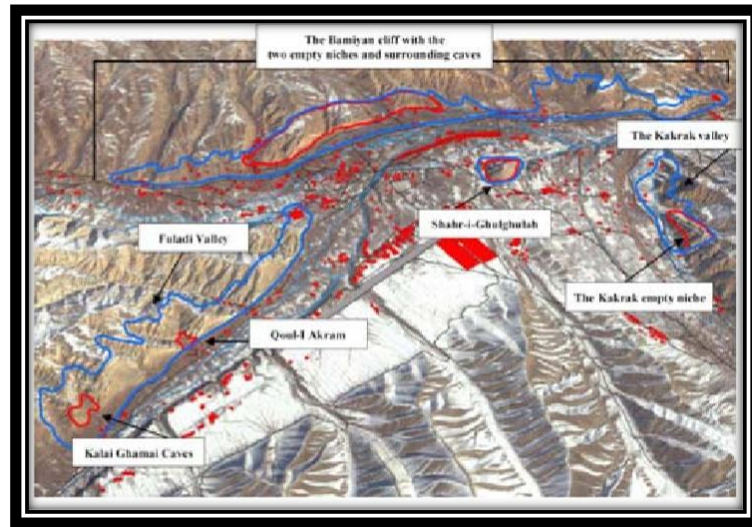
Yukarıda anlatılan çalışmalara ek olarak sayısal yükseklik modelleri, sayısal arazi modelleri (Şekil 4.14.), arazi katmanları içeren harita gösterimi (Şekil 4.15.) ve simülasyonlar geliştirilmiştir. Yapılan birçok analizlerle ve farklı veri tiplerinin tek veri tabanında toplanmasına olanak sağlayan jeodezik altyapı ile ülkemiz için önemli bir çalışma yapılmıştır (Girişken, 2010).

Kerkenes alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde ülkemiz için ciddi önem taşıyan bir çalışma olduğunu anlamak mümkündür. Kültürel mirasın dokümantasyonu, arkeolojik alanların korunması, potansiyel kültür varlıklarının ortaya çıkarılması gibi

başlıklar düşünüldüğünde Kerkenes'te yapılan çalışmaların diğer arkeolojik alanlarda yapılacak çalışmalara örnek olacağı değerlendirilebilir.

4.8.5. Afganistan'da Bamiyan Vadisi Örneği

Afganistan'da dünya tarihi açısından büyük önem taşıyan ve eşine nadir şekilde rastlanan Buda Heykelleri, yakın bir geçmişte yıkılmıştır. Bu tahribat karşısında bölgenin ve yıkılan heykellerin çeşitli fotoğraflar üzerinden modellenmesi yapılmış ve bu sayede maddesel kültür varlıklarının envanterlerinin çıkarılması ve gerekli modelleme çalışmalarının yürütülmesi hedeflenmiştir. Bu çalışma farklı tekniklerin yardımıyla geliştirilen CBS uygulamalarından biridir. UNESCO tarafından Dünya Kültür Mirası Listesine alınan bu bölgede gerek GPS tekniğinden, gerekse uzaktan algılama tekniği ile üretilen arazi modelinden faydalanılarak detaylı bir CBS uygulaması gerçekleştirilmiştir (Gruen, Remondino ve Zhang, 2004). Uygulamada 1/50000 ölçekli haritaların sayısallaştırılması ile oluşturulan sayısal arazi modeli üzerine çakıştırılmıştır ve incelenmiştir (Girişken, 2010).



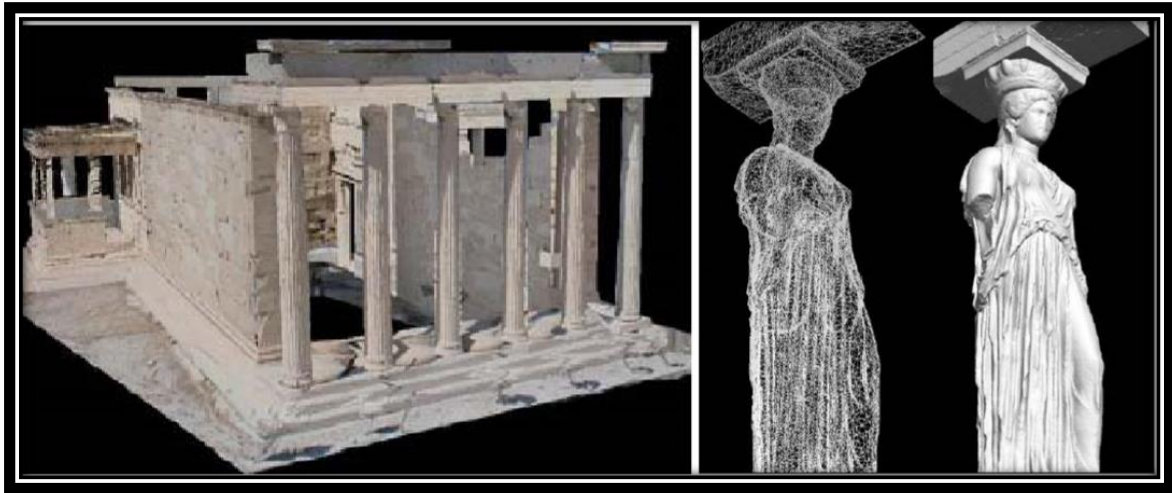
Şekil 4.16. UNESCO tarafından koruma altına alınan bölgeler (Gruen ve arkadaşları, 2004)

Bu işlemlerden sonra bölgede yer alan su yollarının, sokak/caddelerin, yapıların ve çeşitli yerleşimlerin, ortofotolar üzerinden ölçülmesiyle elde edilen yaklaşık 243 objenin model üzerine bindirilmesiyle, bölgede UNESCO tarafından koruma altına alınan diğer bölgelerin de CBS ortamında tanımlanması ve harita üzerinde gösterimi sağlanmıştır (Şekil 4.6.). Yapılan çalışma, savaş koşulları altında dahi kültür varlıklarının korunması ve yaşatılması düşüncesinin uygulamaya geçirilmesi ve envanter çalışmalarının CBS ortamında farklı ölçüm tekniklerinin yardımı ile sürdürülmesi

kapsamında örnek bir çalışma olarak ele alınabilecek nitelikte değerlendirilmektedir (Girişken, 2010).

4.8.6. Yunanistan'da Akropol Örneği

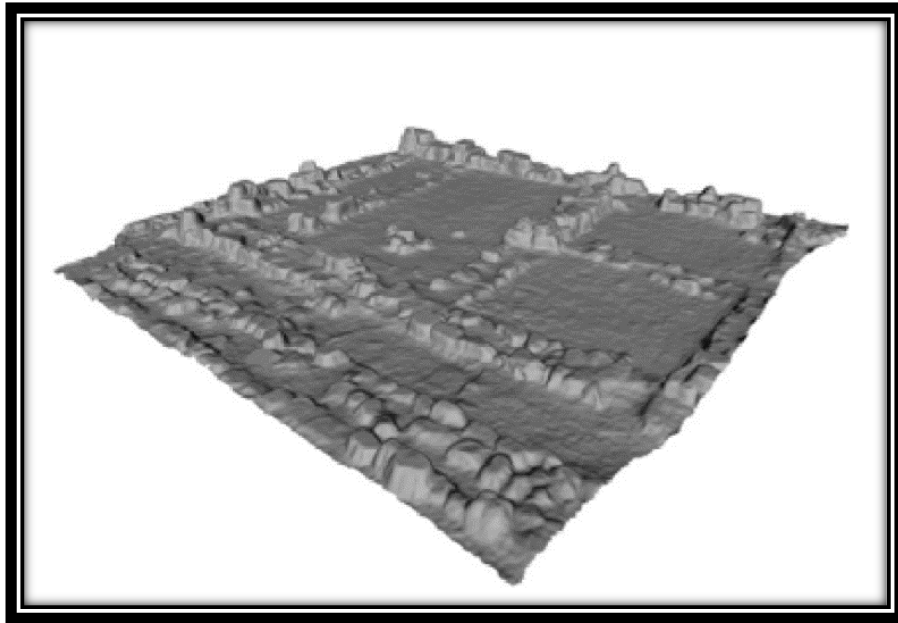
UNESCO'nun Kültürel Miras Listesi'nde yer alan ve Yunanistan'ın Atina şehrinde bulunan Akropol, Dünyaca bilinen büyük ve önemli bir arkeolojik alan olup; Akropol'de 2007 yılında gerçekleştirilen CBS uygulaması Dünya çapında örnek bir çalışma olmuştur (Moullou, Mavromati ve Tsingas, 2008). Çalışmanın öncelikli hedefi surların restorasyon planlarının gerçekleştirilmesidir ve sonrasında da yıllardır ortaya çıkarılan ve ilerleyen dönemlerde ortaya çıkarılması hedeflenen çeşitli maddesel kültür varlıklarının kayıt altına alınması ve benzer mimari özellik gösteren buluntuların yapılarla bütünleştirilebilmesine olanak sağlanmasıdır (Girişken, 2010). Bu çalışma hem Yunanistan ülkesi için hem de Dünya arkeoloji alanında yapılan çalışmalar için önemli katkı ve yönlendirme sağlayacaktır. Yapılan CBS uygulamasının dünya çapında örnek bir çalışma olmasının yanı sıra maddesel kültür varlıklarının kayıt altına alınmasın da önemli bir çalışma olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4.17. Arazide bulunan kültür varlıklarının 3 Boyutlu model örnekleri (Moullou, Mavromati, Tsingas, 2008)

Çalışma yürütülen alanın çok geniş olmasından dolayı çeşitli sorunlar yaşanmasına karşın uygulamada önemli ve anlamlı sonuçlar alınmıştır. Projede fotogrametrik ölçüm teknikleri, jeodezik ölçüm teknikleri (GPS ve Total Station) ve lazer tarayıcılar kullanılmış olup çeşitli modeller üretilmiştir (Şekil 4.17.). Ek olarak çalışma alanına ilişkin çok sayıda kültür varlıkları verileri toplanmış ve çeşitli yüzey modelleri geliştirilmiştir (Şekil 4.18.). Bu yüzey modelleri, maddesel arkeolojik varlıkların CBS

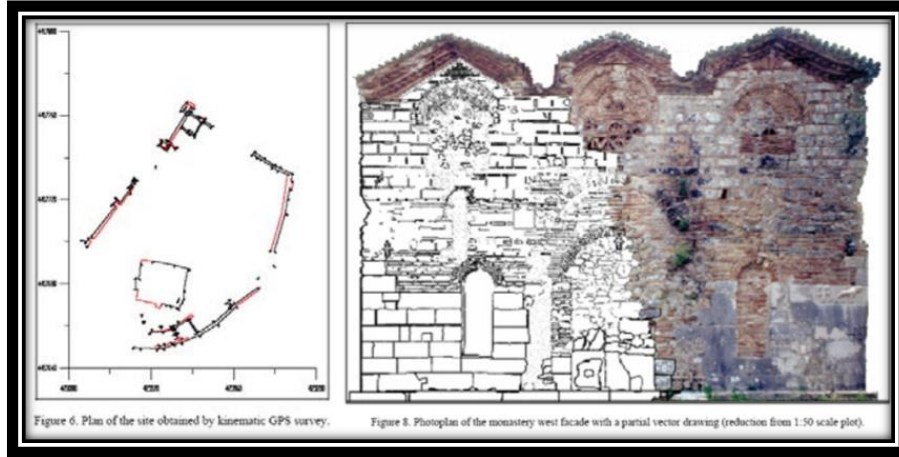
ortamında depolanmış ve restorasyon çalışmalarında kolay sağlanmıştır (Girişken, 2010). Bu alanda yapılan çalışma göz önünde bulundurulduğunda hem fotogrametrik, hem jeodezik hem de lazer tarayıcı ile ölçüm yöntemleri kullanılarak sonuç ürünleri elde edilmiştir ve elde edilen veriler incelediğinde ise farklı ölçüm yöntemleri ile entegre yapılan çalışmaların başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu noktada, arkeolojik alanlarda yapılan çalışmalarda yalnızca bir ölçüm yöntemi seçimi yapıp o doğrultuda ilerlemekten ziyade ihtiyaca göre birden çok ölçüm yöntemlerinden ve mevcutta elde bulunan vektör veya raster verilerden faydalanmak, oluşturulacak harita kalitesi, konum hassasiyeti ve CBS çalışmaları için önemli katkılar sağlayacaktır.



Şekil 4.18. Yüzey model örneği (Moullou, Mavromati, Tsingas, 2008)

4.8.7. Arnavutluk'ta 17. Yüzyıla ait Manastır Örneği

Arnavutluk'ta bulunan 17. Yüzyıla ait bir manastırın dokümantasyon çalışmalarında kullanılan farklı ölçüm teknikleri ile önemli sonuçlar alınmıştır (Bitelli ve ark., 2005). Uygulamada statik GPS ölçümleri ile nokta tesisi gerçekleştirilmiş ve nokta koordinatları ITRF2000 koordinatlarında tanımlanarak kinematik ölçümlerle veri toplanmıştır. Ayrıca modelleme çalışmalarında fotogrametrik tekniklerden ve çalışma alanındaki maddesel kültür varlıklarının görselleştirilmesinde sanal gerçeklik yöntemi kullanılmıştır (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Arazinin GPS tekniği ile elde edilen harita ve proje planı (Bitelli ve ark., 2005)

Farklı ölçüm tekniklerinin bir arada kullanıldığı bu çalışma ile mevcut yapının mekânsal özellikleri güvenilir ve tek bir sistem içerisinde tanımlanmış, meydana gelebilecek herhangi bir tahribat sonrasında çeşitli analizlerin yapılabilmesi mümkün hale gelmiştir. Buna benzer çeşitli uygulamaların ülkemizde de kullanıldığı kısmen gözlemlenmekle birlikte, bu gibi çalışmaların tek sistemde anlamlı bir jeodezik altyapı ile ilişkilendirilmesi, kültür varlıklarının korunması, maddesel kültür varlıklarının envanterinin çıkarılması ve depolanması, gerektiğinde yenileme çalışmalarının hızlı ve güvenilir olarak yürütülmesi açısından önemli kolaylıklar sağlayacaktır (Girişken, 2010).

5. İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) FOTOGRAMETRİSİ VE ARKEOLOJİ BİLİMİNDE İNSANSIZ HAVA ARACI KULLANIMI

5.1. İnsansız Hava Aracı ve Kullanım Alanları

İnsansız Hava Aracı; pilotu olmayan hava aracı sistemi, uzaktan kontrol sistemi ve bu ikisi arasında komuta-kontrol iletişim ortamı olmak üzere oluşan üç bileşenden oluşan entegre sistemler bütünü olarak tariflenmektedir. İHA'nın temel bileşenleri; ana gövdeyi oluşturan iskelet, kanat, pervane, motor ve batarya, ve kontrol birimini oluşturan elektronik algılayıcılar, haberleşme elektroniği, GNSS ve kullanım amacına uygun sensör, görüntü yakalayan kamera vd. algılayıcılar ile İHA planlama, uçuş ve yönetimi amaçlı haberleşme, yazılım ve donanımdan oluşmaktadır (Torun, 2017).

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, kontrol ünitesinin yerine daha hızlı ve günlük yaşantıda kullanılan akıllı telefon ve tabletlerin kullanımı, uçuş operasyonunun GPS, kablosuz internet alıcıları, MEMS INS sensörlerinin yanı sıra görünür bant, multi-spektral, termal, hiper-spektral ve lazer vd. algılayıcıların düşük maliyetlerle erişilebilir olması İHA üretim maliyetlerini çok aşağı çekmiştir. Üretim maliyetlerinin aşağı çekilmesi, İHA ile yapılabilecek çalışmalarda kullanıcılar için tercih edilen yöntem haline geldi. GNSS teknolojisinde minimize donanım çözümleri sayesinde PPK (Post Processed Kinematic) GNSS ile gerçekleştirilen navigasyonun konumlandırılması daha doğru yapılabilmektedir (Colomina et.al, 2014).

İHA, küresel ölçekte en yaygın olarak uygulama alanı bulduğu ilk beş sektör; emlak ve inşaat, fotogrametri (havadan ölçme), film/hava fotoğrafçılığı, tarım ve havadan izleme (takip) faaliyetlerini içermektedir. İHA fotogrametrisi özellikle tarım, madencilik, havadan fotoğrafçılık, emlak sektörlerinde kendine yer açmıştır (Torun, 2017). Bunların yanı sıra onlarca alanda kullanımı giderek artan İHA uygulamaları, arkeolojik alanların temas olmaksızın görüntülerinin elde edilmesi ve birçok sisteme altlık olarak kullanılması, tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir.

Üretilen veriler üzerinde çalışıldığında geleneksel fotogrametri ile İHA arasında fark gözlenirse de bu iki ölçüm tekniği arasında hesaplama farklılıkları ve süreçlerinde belirli farklılıklar söz konusu olur. Bu farklılık, geleneksel fotogrametrinin olgunlaşmış istatistiksel ve matematik temellere dayanması; İHA fotogrametrisinin ise bilgisayarlı görüntüsü alanında nesnelere tanıma, yoğun nokta bulutundan katı model oluşturma amaçlı görüntü işleme ve geometrik dönüşüm algoritmalarına ve modellerine dayanmasından kaynaklanmaktadır. Bu farklılıklar sebebiyle, planlama, kurgu ve hesaplamaya dikkat edilmemesi durumunda iki yaklaşım arasında belirli koşullarda

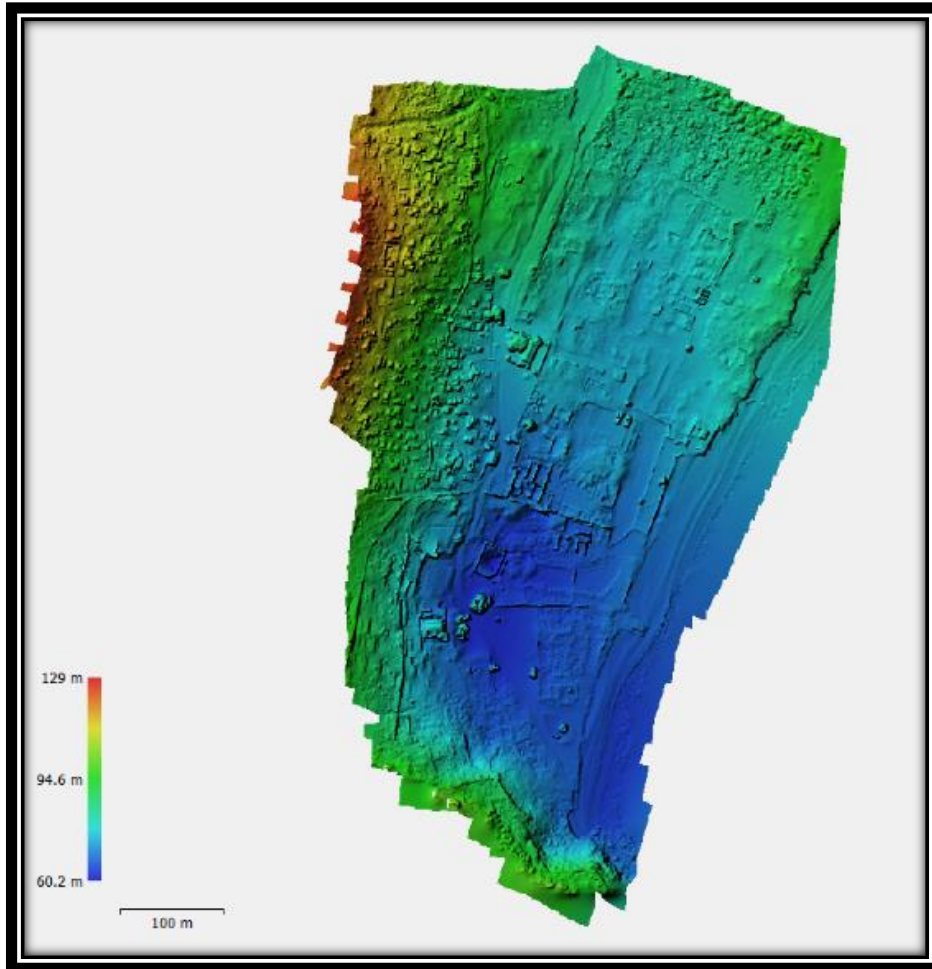
önemli farklılık oluşması kaçınılmazdır (Cryderman et.al 2015, Draeyer et.al, 2014, Torun 2016, UAS PEngineering 2012). Ancak çalışma alanı büyüklüğü, toplanılacak veri kalitesi ve veri boyutu, hız gibi parametreler ele alınıp, yapılacak çalışma bu doğrultuda incelenirse geleneksel fotogrametri mi yoksa İHA fotogrametrisi kullanılacağı kararı verilir. Son zamanlarda birçok alanda tercih edilen İHA fotogrametrisi, teknolojinin de gelişmesiyle birlikte hassasiyeti yüksek, büyük boyutlarda veri çalışmalarına uygun ve dayanıklılığı yüksek İHA'larla birçok çalışmada yöntem olarak kullanılmaktadır.

5.2. İnsansız Hava Aracı Fotogrametrisi

İnsansız Hava Aracı fotogrametrisi, İnsansız Hava Aracı ve sistem bütünü kullanılarak hava fotoğraflarının elde edildiği fotogrametrik bir veri üretim yöntemidir. İHA' lar içerisinde bulunan algılama sensörlerinden oluşan bir sistemdir. İHA' lar genel olarak sayısal kamera, GPS/IMU ve mevcut ise lazer darbeleri kullanılarak bir nesne ya da yüzeyin uzaklığını ölçen aktif algılama sensörü olan LİDAR entegrasyonundan oluşan bir platformdur (Eisenbeiss, 2003). İHA platformu ile fotogrametrik veri üretimi, geleneksel fotogrametride olduğu gibi merkezsiz izdüşüm temeli yöntemine dayanmaktadır. Merkezsiz izdüşüm arazi üzerindeki objeden gelen ışınların bir merkez olarak odak noktasından geçirilmesi ile izdüşüm düzlemi üzerinde oluşturulan görüntünün matematiksel modelidir. Bu modele göre arazideki bir nokta, izdüşüm merkezi ve noktanın fotoğraftaki karşılığı aynı doğru üzerindedir. Bu koşula dayanılarak arazi ve fotoğraf noktaları arasında matematiksel bağıntılar geliştirilmiştir (Kılıç, 2012).

Geleneksel fotogrametrik çalışma yöntemlerine ek olarak İHA fotogrametrisi de yaygın şekilde fotogrametrik ölçüm aracı olarak kullanılmaktadır (Eisenbeiss, 2009). İHA fotogrametrisi yöntemi ile havadan ölçüm yapma, arazinin 3B verisi ile sayısal yükseklik modeli oluşturma ve ortofoto üretme çalışmalarının yapılabilir olduğu görülmektedir (Cryderman ve ark., 2015, Draeyer ve ark., 2014, Torun 2016, UAS PEngineering 2012). Diğer taraftan, özel durum, uygulama alanı ve koşullarda, İHA fotogrametrisi ile gelişme sağlayan model ve hesaplama yaklaşımları geleneksel fotogrametrinin hesaplama verimliliğinin artmasına katkı sağlamaktadır. Belirli yükseklik ve bindirme oranıyla alınan hava fotoğraflarının üç boyutlu değerlendirilmesi ile arazi yüzeyinde bulunan objelerin niteliksel ve geometrik bilgilerinin değerlendirilmesi yersel ölçmelerle harita üretimine bir alternatif oluşturmaktadır (Akgül ve ark., 2016). Yersel ölçüm tekniklerinin yanı sıra İHA ile yapılan çalışmaların hem hızlı

oluşu hem de düşük maliyetli olması gerekçesiyle birçok ölçüm yöntemine göre alternatif olarak ortaya çıkmış ve İHA fotogrametrisi 3 boyutlu veri üretiminde, CBS oluşumu için altlık ihtiyacında, sayısal yükseklik modeli oluşturulması gibi birçok çalışmada önemli katkılar sağlamıştır. (Şekil 5.2, Şekil 5.3, Şekil 5.4)



Şekil 5.2. İnsansız Hava Aracı ile oluşturulmuş sayısal yükseklik modeli



Şekil 5.3. İnsansız Hava Aracı ile oluşturulmuş ortomozaik görüntüsü



Şekil 5.4. İnsansız Hava Aracı ile oluşturulmuş 3B görüntü örneği

5.2.1. Uçuş Planı

Geleneksel fotogrametri de olduğu gibi İHA fotogrametrisinde de arazide uçuş çalışmalarına başlamadan önce muhakkak uçuş planının yapılması gerekmektedir. Uçuş planlamasının yapılması sürecin temel parametrelerinin belirlendiği aşamadır. İHA fotogrametrisinde uçuş planlaması, görüntünün ölçeği, bindirme oranları, uçuşun yapılacağı yükseklik ve kolon sayısı gibi parametrelerin belirlenmesini içerir (Eisenbeis, 2009).

2004 yılında İHA uçuş planlaması için birçok parametreyi göz önünde bulundurarak CBS tabanlı bir uçuş planlama sistemi geliştirilmiştir. Google Earth verisini altlık olarak referans alan Pix4d Capture adındaki mobil yazılım, kullanıcılar tarafından sıklıkla tercih edilen ve uçuş planlamasını hızlı bir şekilde yapabilmesini sağlayan bir uygulamadır. Uygulamada enine ve boyuna bindirme oranları, uçuşun gerçekleşeceği alan belirleme, uçuşun gerçekleşeceği yükseklik bilgisi, uçuş süresi, uçuş hızı gibi unsurların ayarlanması gerçekleştirilir ve uçuş başlatılır. Uçuş alanı belirlenirken Google Earth verisi referans olarak kullanıldığından, bu noktada Google Earth verisinin güncelliği önemli hususlardan biri olarak karşımıza çıkar.

5.2.2. İç Yönelme ve Dış Yönelme

Pixel koordinat sisteminden görüntü koordinat sistemine ve görüntü koordinat sisteminden arazi koordinat sistemine geçiş işlemleri yönelmeler olarak ifade edilir. Merkezsel izdüşümün görüntü ve arazideki ilişkisi,

$$x - x_0 = -c \cdot \{ [a_{11}(X - X_0) + a_{21}(Y - Y_0) + a_{31}(Z - Z_0)] / [a_{13}(X - X_0) + a_{23}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)] \}$$

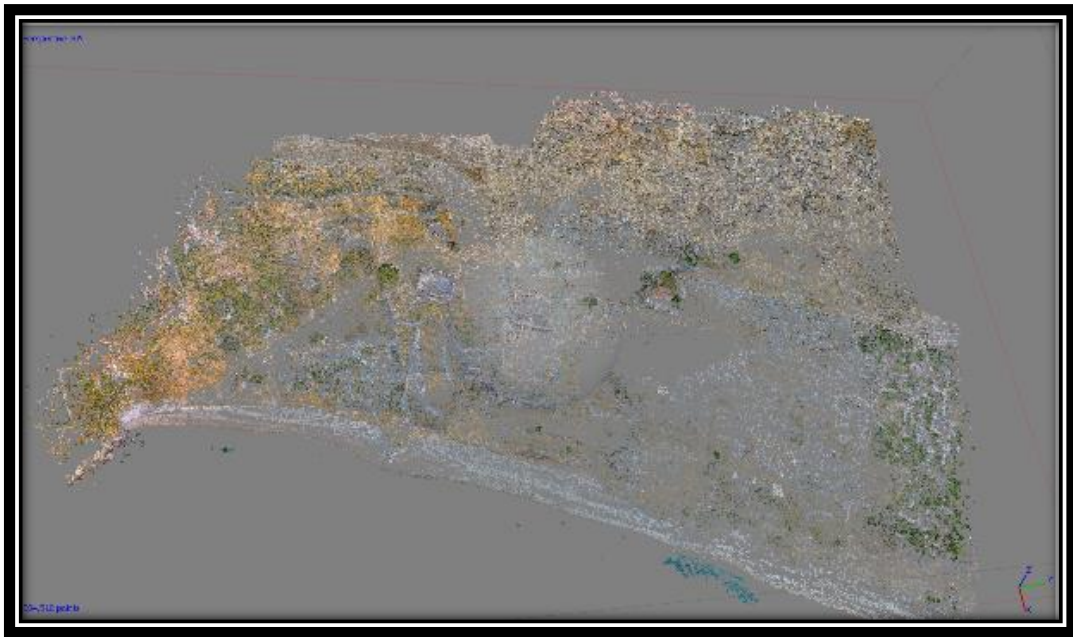
$$y - y_0 = -c \cdot \{ [a_{12}(X - X_0) + a_{22}(Y - Y_0) + a_{32}(Z - Z_0)] / [a_{13}(X - X_0) + a_{23}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)] \}$$

şeklindedir.

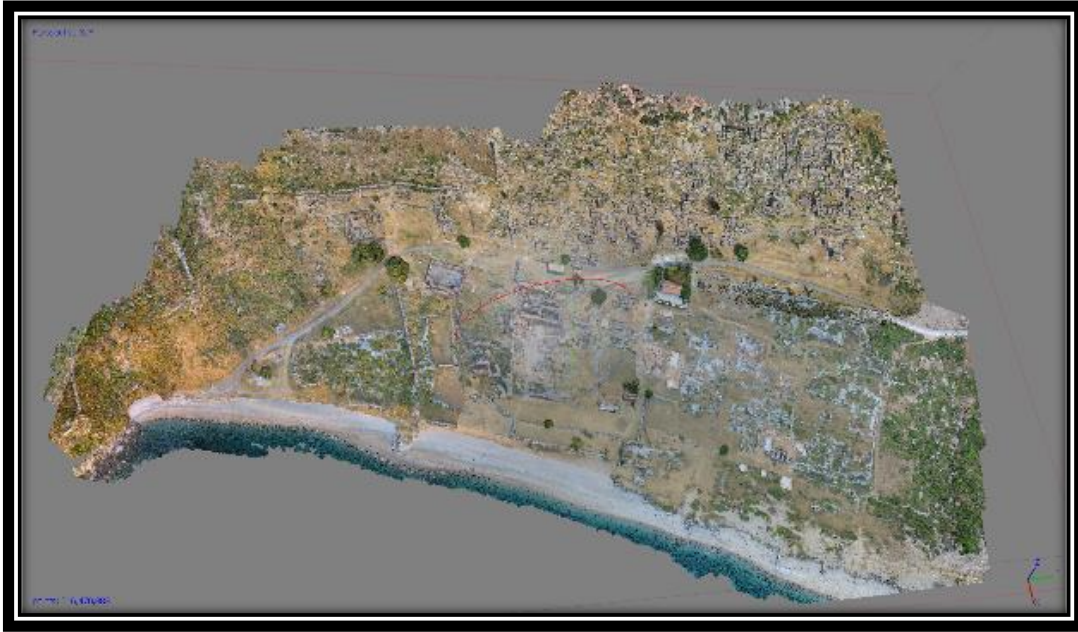
Merkezsel izdüşüm denklemleri ile iç yönelme ve dış yönelme yapılmaktadır. İç yönelme ile, piksel koordinat sisteminden görüntü koordinat sistemine geçilmektedir. Dış yönelme ile, görüntü koordinat sisteminden arazi koordinat sistemine geçiş yapılmaktadır. Dış yönelme 2 aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama olan karşılıklı yönelmede, görüntü çiftlerinin birbiri ile eşleşmesiyle gerçekleşmektedir. İkinci aşama olan mutlak yönelme ile ise eşleşmesi yapılan görüntü çiftlerinin 3 boyutlu arazi koordinat sistemine aktarılması yapılmaktadır. (Kılıç, 2012).

5.2.3. Nokta Bulutu

Gerçek nesnelerin 3B modellerinin oluşturulmasında, bu nesnelere ait özellik çıkarımlarında, nesne tanıma ve nesne bulma gibi birçok uygulamada, Yeniden Yapılandırma yöntemleri içerisinde yaygın olarak kullanılmaya başlanan Point Cloud (Nokta Bulutu), iki boyutlu resim veya görüntü üzerinde yaptığımız işlemleri üç boyutlu sayısal ortamda yapmamızı sağlamaktadır (Guo et al. 2015). Nokta Bulutları, fiziksel nesnelerin, uzaysal düzlemdeki kapladıkları alanlara ait kütleli koordinat bilgilerinin bilgisayar ortamındaki sayısal karşılıklarıdır. Bir bütün şeklinde oluşturulan bu nokta bulutu yapısı birbiri ile ilişkilendirilmiş olan noktaların birleştirilmesi şeklindeki Mesh (Örgü) yapısını oluşturmaktadır (Bischoff et al. 2002). Nokta bulutu, İHA ile yapılan uçuşlarda kameranın konumlarına bağlı olarak, her bir görüntü için derinlik bilgisinin tek bir yoğun nokta bulutunda birleştirilmesi ile oluşan veridir. (Şekil 5.5 ve Şekil 5.6)



Şekil 5.5. Anemurium Antik Kente ait Seyrek Nokta Bulutu



Şekil 5.6. Anemurium Antik Kente ait Yoğun Nokta Bulutu

5.2.4. Sayısal Yükseklik Modeli

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), arazi yüzeyini 3 boyutlu (X,Y,Z) olarak tanımlayan ve araziye ait yükseklik verilerinden elde edilmiş bir sayısal modeldir. Arazi topoğrafyasının matematiksel gösterimi olarak da tanımlanabilir (Jensen, 2000). Sayısal Yükseklik Modeli üretimi, Jeodezi ve fotogrametrinin ana amaçlarından birisidir. Üretilen SYM'ler ayrıca jeodezik ve fotogrametrik veri toplama, düzenleme ve düzeltme, ortofoto üretiminde, topoğrafik harita üretiminde de kullanılırlar (Erdoğan, 2000).

5.2.5. Ortofoto Üretimi

Ortofoto tanımı çeşitli kaynaklarda farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Genel anlamda anlaşılabilir olması için şu şekilde ifade edilebilir; görüntünün eğiklik ve dönüklüğünden ileri gelen hataların ve yükseklik hatalarının kısmen giderilmesi ile elde edilen; çeşitli sebeplerle oluşan görüntü kaymalarının giderilmesi ile elde edilen ve sabit bir ölçeğe sahip olan; geometrik ve perspektif bozulmaları giderilmiş, düzeltilmiş hava fotoğrafı ve topoğrafik görüntüye “ortofoto”, uydu görüntülerinden elde edilen türüne de “orto-görüntü” denir (Özbalmumcu, 2006).

5.2.6. Mozaik

Yeryüzünün belli bir parçasının fotoğraflarla sunulması ve baskısının yapılması amacıyla, bindirmeli çekilmiş hava fotoğrafları veya uydu görüntülerinin, herhangi bir yataylama işlemine tabi tutulmaksızın yalnızca ortak arazi detaylarından yararlanarak

birbiriyle birleştirilmesi işlemi (register işlemi) sonucu elde edilen görüntüye “mozaik” denir (Özbalmumcu, 2006).

5.2.7. Ortofoto Mozaik

Aynı ölçeğe sahip mozaik oluşturan yataylanmış (orto-rektifiye edilmiş) ortofoto görüntülerin birbirleriyle birleştirilmesi ile oluşan görüntüye “ortofoto mozaik”, bu işlemin uydu görüntülerinden elde edilen türüne ise “orto-görüntü mozaik” denir (Özbalmumcu, 2006).

5.2.8. Ortofoto Haritaların Kullanım Alanları

Ortofoto haritalar birçok alanda çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Askerî amaçlı çalışmalarda, harekât ve planlamalarda; çeşitli mühendislik projelerinde ve farklı meslek disiplinlerindeki uygulamalarda; şehir ve bölge planlaması, kentsel ve kadastral uygulamalar, jeoloji ve jeofizik çalışmaları, yol projeleri, ormancılık çalışmaları, arazi yorumlaması ve uygun güzergâh tespitinde, bir bölgede zaman içerisinde meydana gelen değişimlerin ve gelişmelerin belirli aralıklarla takibi, kontrolü ve verilerin güncellenmesinde, yangın, sel, deprem, heyelan vb. gibi ani ve hızlı gelişen ve değişen doğal olayların görüntülenmesinde ve etkilerinin belirli aralıklarla incelenmesinde, herhangi bir proje ile ilgili yaklaşık maliyetlerin hesaplanmasında, bir proje kapsamında ayrıntılı çalışmalara ve büyük çaplı yatırımlara geçmeden önce, ön etüt, deneme amaçlı üretim, test ve pilot projelerin gerçekleştirilmesinde, önceki yıllarda üretilmiş muhtelif ölçekli sayısal vektör haritaların hızlı bir şekilde güncellenmesine olanak sağlayan haritaların üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Yılmaz, 1998). Ortofoto kullanım alanları bu kadar genişken ve sağladığı faydalar göz önüne alındığında, yersel yöntemle üretilen birçok veriye alternatif olarak kullanmak doğru olacaktır. Hem büyük alanların hızlı bir şekilde harita üretimi hem de hassasiyet çeşitlilikleri incelenerek ortofoto haritaların askeri, jeoloji, jeofizik, şehir planlama, doğal afetler vb. alanlarda kullanılması tercih edilmektedir.

5.3. Arkeoloji Biliminde İnsansız Hava Aracı Kullanımının Faydaları

Arkeoloji bilimi bir diğer adı ile Kazı bilimi olarak söylene de aslında geçmişten bugüne kadar kısmen ya da tamamen varlığını sürdürebilmiş kültür varlıklarının araştırılıp, çeşitli çalışmalar ve analizler yapıp, korunarak gelecek kuşaklara aktarılmasının sağlanması ve insanlığın geçmişini bilip geleceğe ışık tutmasını

hedefleyen bir bilimdir. Arkeolojik çalışmaların yapıldığı alanlar hem doğal hem de beşeri sebeplerle bozulmalara uğrayıp yok olmaya sebep verecek müdahalelere maruz kalabilmektedir. Böylesi durumlarda insanlığın geçmişinin yok edilmesi ve geleceğe ışık tutacağı ön görülen bu önemli alanların korunamaması sorunu ortaya çıkar. Bu sebeple ilgili alanların korunması, belgelenmesi ve kayıt altına alınması büyük önem taşımaktadır. Arkeolojik alanlarda her bir taş yapı veya küçük bir obje alanı ve geçmişi yorumlayabilmek için çok büyük önem taşıması sebebi ile bu alanlarda çalışma yaparken ciddi bir hassasiyette ve hızla çalışmayı tamamlamak hedeflenir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte her geçen gün gelişmiş uygulamalardan ve araç/gereçlerden faydalanılması bu alanlar için öncelikli gereklilikler arasında yer alır. Tüm hava şartlarında alanda çalışma yapabilmek, insan gücünden en az faydalanılarak teknolojik aletlerden en fazla şekilde faydalanmak, alan çalışmasını en kısa sürede tamamlamak, alanda bulunan tüm objeleri doğru konumları ile tespit ve kayıt etmek ve en önemlisi bu çalışmalar boyunca hangi amaçla olursa olsun hiçbir maddesel kültür varlığına zarar vermeden çalışmayı tamamlamak hedeflenen yapıdır. Hedeflenen yapı ve son zamanlarda büyük ilgi gören İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanılarak alan üzerindeki çeşitli bilgilerin elde edilmesi çalışmaları dikkate alındığında uyumlu bir birlikteliği olacağı ortadadır. İnsansız hava aracı ile yapılan çalışmalarda elde edilen verilerin topografik yöntemlerle yapılan ölçümlerinden elde edilen sonuçlar kıyaslandığında insansız hava araçlarının kullanılabilir olduğu tespitine varılmıştır (Avdan, Şenkal, Çömert ve Tuncer, 2014). İHA'ların temel özellikleri arasında yer alan düşük maliyetli, hızlı, hassas, tekrarlanabilir ve temassız veri toplama kabiliyetinde olması, arkeolojik alanlarda tercih edilebilecek bir yöntem olması için oldukça önemli parametrelerdir.

6. İNSANSIZ HAVA ARACI, COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ve ARKEOLOJİ BİLİMİ ENTEGRASYONU

Coğrafi Bilgi Sistemleri birçok sektörde çeşitli amaçlarla ve birbirinden farklı işlemlerle kullanılmaktadır. Dünyada ve ülkemizde son zamanlarda CBS'nin büyük ilgi odağı olması, birçok alanda hız, doğruluk, planlama, yönetim ve ekonomi gibi olumlu getirilerinin olmasına bağlıdır. Bu noktada sağlık, altyapı, üstyapı, belediyecilik, hizmet sektörü, ekonomi, eğitim vb. alanlarda kullanılmasının yanı sıra arkeoloji biliminde de kullanılmaya başlanmış ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte arkeoloji alanındaki CBS çalışmaları da gelişme göstermiştir. Yapılan araştırmalara ve incelenen örneklere bakıldığında arkeolojik alanlarda CBS'nin kullanımının sözel verilerle birlikte mekânsal bir altyapı kurmasından dolayı belgeleme çalışmalarında birçok fayda sağlanmasının yanında bu alanların korunması, yönetimi, analizi ve takibi açısından da güçlü katkılar sağladığı ortadadır. CBS'nin kullanım alanlarının böylesi hızlı ve geniş bir alana yayılması durumu göz önüne alındığında arkeolojik alanlarda da bu hızlı gelişimi göstermesi ve tüm arkeolojik alanlarda belirli kriterler göz önünde bulundurularak CBS için veri tabanı oluşturulması önemli bir çalışma olacaktır.

İnsansız Hava Aracı, son zamanların popüler olarak kullanılan bir aygıt olmakla birlikte birbirinden bağımsız onlarca sektöre hizmet etme imkânı bulmuştur. İHA'ların hızlı ve ekonomik olması hava fotogrametrisi çalışmalarına alternatif olarak sektöre girmesine ve böylelikle de akademik birçok çalışmada İHA'lardan faydalanılıp araştırmalar yapılmasına katkı sağlamıştır. Yapılan çalışmalar ve incelenen örnekler göz önünde bulundurulduğunda birçok disiplinde kullanılabilen İHA'larla elde edilen haritacılık ürünlerinin oldukça kullanışlı ve sürdürülebilir olduğu görülmektedir. Bu noktada İHA ile üretilen yoğun nokta bulutu, ortomozaik, sayısal arazi modelleri, 3 boyutlu harita gibi ürünler ve sonuç ürünlerin konum hassasiyetleri ve veri kaliteleri değerlendirildiğinde çalışma alanına ve çalışma amacına bağlı olarak değişim göstermesinin yanı sıra büyük katkı sağlayacağı net bir şekilde görülmektedir. CBS alanında da, İHA'lardan faydalanılarak üretilen ürünlerin (ortofoto, SYM vb.) altlık olarak kullanılması hem veri toplama sürecini kısaltacak hem de ekonomik olarak katkı sağlayacaktır. Bu doğrultuda bakıldığında, arkeolojik alanlarda temas olmaksızın ve hızlı şekilde belgeleme, koruma, yönetim ve planlama çalışmalarını yapmak ve bunun için bir veri tabanı oluşturmak hedeflenen yapıdır, demek yanlış olmayacaktır.

Arkeoloji bilimi, kazı bilimi ya da tanımlama bilimi olarak ifade edilse de aslında yapılan kazı çalışmalarının ve bu çalışmalardan ortaya çıkan maddesel kültür varlıklarının

anlamalı hale getirilmesinin yanı sıra bahsedilen kayıtların belgelenmesi, korunması, yönetilebilir olması ve bir sonraki kuşağa teknolojiye uygun hale getirilmiş olarak teslim edilmesi çalışmaları da arkeoloji biliminin içerisinde yer alıyor demek yanlış bir ifade olmayacaktır. Toplumların geçmişini ortaya çıkaran ve geleceğe ışık tutan kültür varlıkları, büyük bir hassasiyetle ve denetimle kontrol altına alınması kaçınılmaz bir gerekliliktir. Bu hassasiyet ve denetim, alandan alana değişim/farklılık gösterse de temelde koruma ve belgeleme çalışmalarını kapsayacaktır. Bu noktada teknolojinin gelişmesinden faydalanmak ve bu faydayı kültür mirasları için değerlendirmek gerekirse İHA'ların büyük önem taşıdığı ortadadır. Arkeolojik alanlarda yapılan kazı çalışmalarından sonra veri kaydı ve analizlerin temassız ve hızlı şekilde yapılmasının İHA'lar ile mümkün olduğu görülmektedir. İHA'lar ile elde edilen bir ortomozaik ve SYM ürünleri birçok sisteme altlık olacaktır. CBS için kullanılabilir bu altlıklar sayesinde arkeolojik alanlarda hem hızlı hem de doğru veri üreterek çeşitli planlamalar yapılması ve alanın turizme elverişli hale getirilmesi için yönetimin sağlanması mümkün hale gelecektir.

Yapılan arkeolojik çalışmalar her geçen gün yeni bir kültürel mirası gün ışığına çıkarmaktadır ve bu mirasa ait her türlü bilginin saklanması, sınıflandırılması, analiz edilmesi, planlama yapılabilmesi ve birçok kullanıcı tarafından kolay ulaşılabilir olması için sayısallaştırılması ve kullanılabilir bir sistem haline getirilmesi gerekmektedir. Arkeolojik değerlere ait tablosal bilgilerin yanı sıra, konumsal bilgileri de içerdiğinden dolayı uygulamanın CBS destekli olması uygun bir seçim olacaktır (Güleç vd., 2015).

CBS, İHA ve arkeoloji bilimi entegrasyonunda şunları söylemek doğru olur; arkeoloji biliminin ihtiyacı olan belgeleme, kayıt altına alma, koruma ve yönetim kriterleri temassız, hızlı ve hassas olduğunda anlamalı bir hal alır ve bahsedilen parametreler değerlendirildiğinde İHA fotogrametresinin bu talepleri karşılayacağı görülmektedir. Arkeolojik alanlarda bulunan maddesel kültür mirasları, grafik ve grafik olmayan özellikler barındırdığı için CBS uygulamalarından faydalanması kaçınılmazdır. Ayrıca CBS için kullanılacak altlık verinin İHA ile üretilmiş olmasının yukarıda bahsedilen şekilde birçok açıdan önemli katkıları olacaktır. Yapılan çalışmalar ve incelenen örneklere bakıldığında arkeolojik bir alanda, arkeoloji biliminin ihtiyaç duyduğu durumları karşılayabilmek için Coğrafi Bilgi Sistemleri ve İnsansız Hava Araçları kullanımı gerekliliğini söylemek mümkündür. Ülkemizde ve dünyada bulunan arkeolojik alanları tanıtmak ve turizme elverişli hale getirmek için, alanı ve maddesel kültür varlıklarını korumak, yönetmek, çeşitli analizler yapmak için, elde edilen maddesel

verileri bir veri tabanında depolamak ve düzenlemek için muhakkak ki coğrafi bir bilgi sistemi gerekir ve bu sistem kurulurken altlık olarak İHA'larla kısa sürede hassas olarak elde edilebilen görüntülerin kullanılması faydalı olacaktır.

7. İLİŞKİSEL COĞRAFI VERİ TABANI TASARIMI VE ARKEOLOJİK ALANDAKİ ÖNEMİ

Son zamanlarda bilgi sistemlerinin birçok alanda yoğun olarak kullanılması ve bu sistemlerden büyük faydalar elde edilmesiyle birlikte Arkeolojik alan çalışmalarında da kullanılması, kültür varlıklarının belgelenmesi ve yönetilebilir bir sistem haline getirilmesi açısından önem kazanmıştır.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde en iyi teknik çözümler, bilinen arkeolojik kayıtlarla ilgili sayısal bilgilerin beslendiği ilişkisel bir veri tabanı ile coğrafi bir sistem arasındaki entegrasyon olarak görülmektedir (Moscati, 1998).

7.1. İlişkisel Coğrafi Veri Tabanı ve Genel Yapısı

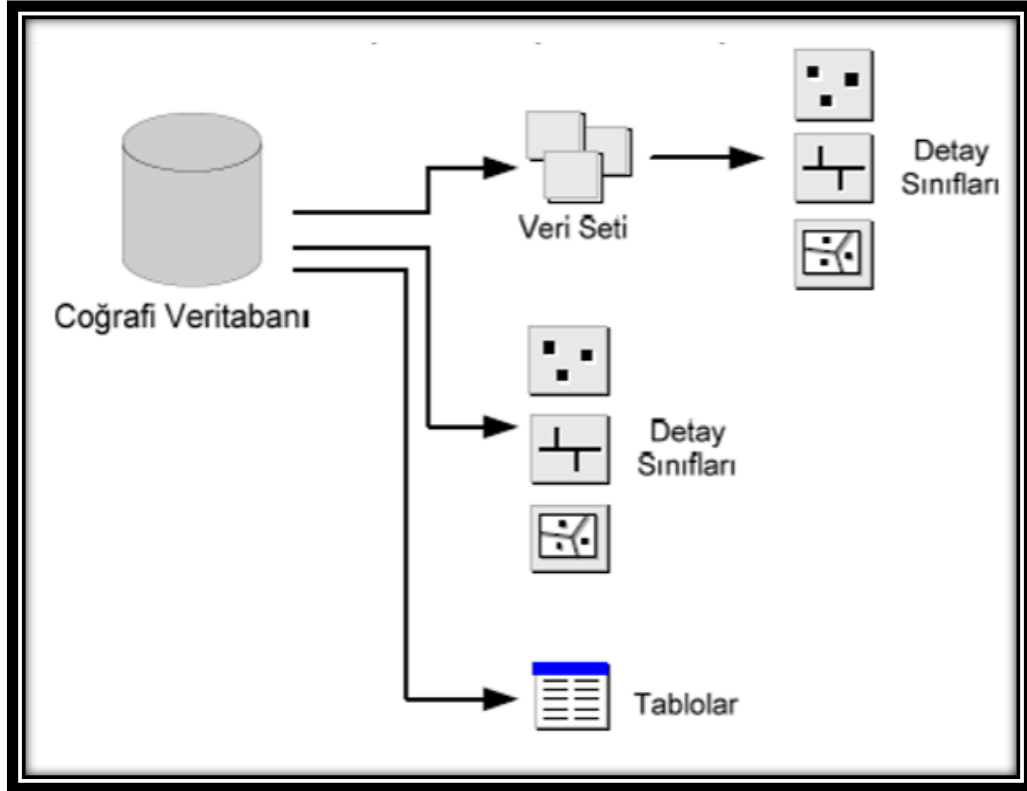
Coğrafi veri tabanı (Geodatabase), ilişkisel veri tabanı yönetim sisteminde bulunan sözel verilere ek olarak içerisinde coğrafi bilginin de depolanmasını, yönetimini ve doğru veriye hızlı ulaşım konusunda ciddi avantajlar sağlayan bir veri modelidir (Levent, 2009). Coğrafi bir niteliği olan nesnelere muhakkak ki öznitelik bilgilerinin de olması dolayısı ile coğrafi bir ilişkisel veri tabanı oluşturmak, tek bir veri tabanında birçok bilgiyi barındırmayı kapsamaktadır. Bu durum hem verinin kayıt altına alınması, yönetimi, depolanması, hızlı sonuçların alınması açısından hem de ilişkisel olmasından kaynaklı bağlantılı verilerin geçişlerinin kolaylığı sayesinde doğru veriye ulaşılması açısından önemlidir. Arkeolojik alanlarda yapılan çalışmalar çeşitli anabilim dallarını ilgilendiren çalışmalar olması sebebi ve planlı/plansız aralıklarla yapılan alan üzerindeki çalışma gruplarının ulaştığı sonuçlar bir sonraki ekibe doğru ve eksiksiz aktarılması gerekliliği sebebi ile büyük önem ve hassasiyet gerektiren çalışmalardır. Bu sebeple yapılan tüm çalışmaların düzenli olarak kayıt altına alınması, çalışmaların neticesinde ulaşılan sonuçların belgelenmesi, gerek dijital ortamda gerek fiziksel ortamda korunmasının sağlanması, elde edilen verinin ve mevcut çalışmanın yönetilebilir hale getirilmesi coğrafi ve ilişkisel bir veri tabanı mantığıyla mümkün hale gelecektir.

Coğrafi veri tabanı tasarımında ve kullanımında iki ayrı mimari vardır. Birincisi, kişisel coğrafi veri tabanıdır. Bu veri tabanı, coğrafi ve tablosal verileri küçük veri tabanları içinde tutan, temel dosya yapısına benzer çalışma alanlarına sahip veri tabanıdır. Kişisel coğrafi veri tabanının kapsadığı coğrafi ve buna dair öznitelik bilgileri üzerinde yapılan çalışmalarda en çok ArcGIS ürünleri kullanılmaktadır ve buna ek olarak Microsoft Access programından da fayda sağlanmaktadır. Veri tabanı tasarım ve kullanımındaki ikinci mimari ise çok kullanıcı coğrafi veri tabanıdır. Bu veri tabanı,

boyutu büyük ve süreklilik gerektiren veri tabanlarını birden fazla kullanıcının eş zamanlı olarak kullanmasına olanak sağlar. Çok kullanıcılı coğrafi veri tabanı, tablo içindeki ve dışındaki coğrafi veriler üzerinde işlem yapmakta çok etkilidir çünkü veri tabanı içerisinde bulunan detay veri setlerinin performansı benzer dosya yapısındaki veri setlerine göre çok daha hızlıdır. İlgili veri tabanını birçok kullanıcının eş zamanlı kullanması durumu göz önüne alındığında daha hızlı olması hedeflenen bir yapıdır (Levent, 2009).

Coğrafi veri tabanı, coğrafi verileri kullanım yakınlıklarına ve ilişkilerine göre bileşenlere ayırarak kavramsal modeller şeklinde içerisinde tutar ve yapısını oluşturan bu bileşenler; detay veri seti, detay sınıfı ve tablo olarak 3 grupta toplanır (Şekil 7.1).

- a) **Detay Veri Seti (Feature Dataset):** Coğrafi veri tabanı oluşumunun temelini oluşturan ilk parametre detay veri setidir. Bu bileşen, topolojik ilişkileri açısından ya da konu içeriği açısından bir arada kullanılacak detay sınıflarını içermektedir. Bunun için kavramsal modeli geliştirebilmek amacıyla esnek bir yapıda tasarlanmalı ve veri tabanı kullanımını en verimli hale getirilmesi hedeflenmelidir.
- b) **Detay sınıfı (Feature Class):** Veri tabanı oluşumunda ve kullanımında temel parametrelerden bir diğeri detay sınıfıdır. Bu bileşen, vektör verileri çeşitli geometri tiplerinde saklar. Geometrik şekilleri, yapılan çalışmadan beklenen hassasiyete göre birçok şekilde üretilebilir. Bu bileşenler doğrudan veri tabanı içerisinde ya da detay veri seti içerisinde bulunabilir.
- c) **Tablo (Table) :** Tablo bileşeni, Coğrafi niteliğe sahip ve veri tabanında yer alan nesnelere eklenen sözel verileri depolayan bileşendir. Vektör ve sözel veriler olarak saklanan detayların bilgileri, öznitelik bilgisi olarak tablo alanlarında bulunur. Öznitelik bilgisi (attribute table) alanlarına girilen bilgilerin belirli sınırlamalara göre tanımlanması için alt tip (subtype) ve küme (domain) alanları oluşturulur. Böylece bu alanlardaki bilgilerin düzensiz çeşitlenmeleri önlenir (Levent, 2009). İlişkisel ve coğrafi veri tabanı tasarımı yapılırken iken, çalışma alanı özelinde alt tiplerin ve kümelerin oluşturulması hedeflenen yapılardan birisidir. Karmaşık ve düzensiz bir veri tabanı yaratmamak adına belirli kısıtlamaların olması fayda sağlar.



Şekil 7.1. Coğrafi Veri Tabanı Genel Veri Yapısı (Levent, 2009)

7.2. Arkeolojik Alanlar için İlişkisel Veri Tabanı Tasarımı

Yapılan ve önerilen çalışmalar incelendiğinde arkeolojik alan çalışmalarında kullanılacak olan veri tabanı tasarımının, coğrafi bilgi sistemleri temelinde oluşturulmasının faydalı olacağı değerlendirildiği doğru olacaktır. Arkeolojik alanlarda oluşturulacak veri tabanının, sürdürülebilir ve yönetilebilir olabilmesi için, doğru ve düzenli modellerin, veri setlerinin, detay sınıflarının, detay sınıflarına ait öznel bilgilerin; doğru, düzenli, bağlantılı yapıda olması beklenir.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde yer alan bileşenlerin içeriği, hedeflenen yapıya ve veri setlerine göre değişiklik göstermektedir. CBS'nin temelinde coğrafi bir nesne ve bu nesneye ait sözel bilgiler barındırdığı için oluşturulacak veri tabanının bu özellikleri karşılaması gerekir. Tasarlanacak veri seti, detay sınıfı, tablosal veri ve aralarındaki ilişkinin doğru ve düzenli şekilde tasarlanması beklenir. Arkeolojik alanlarda bir veri tabanı oluşturma hedefinde yol alırken, arkeolojik alandaki taş yapılar ve tüm maddesel kültür varlıklarının belgelenmesi ve kayıt altına alınması gerekir. Bu noktada yapılacak çalışmanın hassasiyeti oldukça önemlidir. Alan üzerindeki belirli bir yapı özelinde restorasyon ya da mm hassasiyetinde bir çalışma yapmakla, yine alanda bulunan taş yapıların envanterinin çıkarılması işi birbirinden farklı veri setlerinin oluşmasına sebep verir. Yapılan çalışmaya göre yersel ölçüm ile haritalama yaparak geometrilerin veri

tabanı üzerinde oluşturulması da sağlanabilir, maliyeti düşük bir İHA ile yapılan ölçüm sonucunda taş yapıların geometrileri de oluşturulabilir ya da belirlenen bir alanda uydu görüntülerden faydalanılarak geometriler oluşturulabilir. Bu seçeneklerden herhangi birine karar verilmesi, yapılacak çalışmanın amacı ve hassasiyeti ile belirlenir. Bunların yanında sözel bilgi olarak resmi kaynaklardan, daha önce yapılan çalışmaların sonuç ürünlerinden, alanda fiziksel olarak bulunup elde edilen bilgilerden ve fotoğraflardan faydalanılır. Sözel ve coğrafi veriler arasındaki bağlantı kimi zaman arazi çalışmasında karar verilirken kimi zaman da teorik olarak bir mantığa dayanıp ilişkilendirilir. Bu çalışma kapsamında hem alanda fiziksel olarak bulunmuş, hem yapılan araştırmalar ve üretilen verilerden faydalanılarak veri setleri oluşturulmuştur.

Coğrafi bir veri tabanının temel bileşenlerinden detay sınıfları, veri setleri içinde veya doğrudan veri tabanı içerisinde bulunabilmektedir. Arkeolojik alanlarda yapılan çalışmalarda detay sınıfları il, ilçe, mahalle, taş yapı, yol, sonradan inşa edilen yapılar, nekropol alanı, çalışma alanı vb. katmanların geometrilerini saklayabilmek için farklı geometri tipleri ile oluşturulan bileşenlere örnek verilebilir. Tablolar, coğrafi niteliği olan nesnelerin veri tabanında oluşturulmasının ardından bunlara ait sözel verilerin depolanması ve sorgulanabilmesi için oluşturulan bileşenlerdir. Tablolar, genel olarak coğrafi bilgi sistemi içerisinde, grafik verileri depolayan detay sınıflarını desteklemek ve açıklamak için kullanılırlar. Coğrafi veriler için oluşturulan alanların bir kısmı öznitelik bilgilerini barındırır. Bahsedilen bilgilerin belli bir düzen ve belirli bir standartta olması için ve belirtilen ölçütler esasına göre veri girişi yapılması isteniyorsa, alt tip ve küme tanımlamalarının veri tabanı tasarımı yapılırken düzenlenmesi gerekir. Arkeolojik bir alan çalışmasında bu şekilde tasarlanan bir veri tabanı ile, veri girişi yapan kişilerden kaynaklı hataların önüne geçilmiş olur ve öznitelik bilgisi olarak girilen verilerin düzensiz ve kontrolsüz çeşitlenmelerinin önüne geçilir. Bahsedilen şekilde tasarlanan bir veri tabanı, çalışmaların başlangıcından sonuna kadar, hatta çalışma sonrasında geliştirilebilir olacak şekilde, ihtiyaç doğrultusunda detay sınıfları, veri setleri, öznitelik bilgileri ve gerekli altlıklar kullanılarak veri modeli güncellemelerine gerek duymadan, uzun süreli kullanılacak nitelikte olacaktır (Levent, 2009).

Yukarıda bahsedilen bileşenlerin birlikte çalışmasıyla oluşan veri tabanının, arkeolojik çalışmalarda genellikle kullanılan veri setleri Çizelge 7.1'deki gibidir.

Çizelge 7.1. Arkeolojik alanlarda kullanılan veri setleri (Levent, 2009)

Arkeolojik Bir Alan için Oluşturulan Veri Setleri	
İdari Sınırlar (Genelde en geniş alana sahip olan ve diğer detay sınıflarını barındıran katman. İl Sınırı, İlçe Sınırı, Ülke Sınırı vb.)	Sosyal Altyapı (Alan üzerinde her tür sosyal altyapı verilerini barındıran katman. Nüfus Yoğunluğu, Yıllara göre Kişi Başına Düşen Alan vb.)
Hidroloji (Alandaki su ile ilgili bilgileri barındıran katman. Akarsu akış yönü, Havza Sınırları Kullanımı vb.)	Arazi Kullanımı/ Arazi Örtüsü (Alandaki arazi kullanımına yönelik bilgileri barındıran katman. Yıllara Göre Arazi Kullanım Amaçları vb.)
Hava Durumu (Bölgedeki zamansal olarak hava durumu bilgisini barındıran katman. (Yıllık Minimum Yağış Miktarı, Ortalama Yağış Miktarı vb.)	Proje Genel Bilgileri (Projeye dair genel bilgileri, akademik makalelerden derlenmiş bilgileri ve alana dair çıkan haberleri kapsayan katman.)
Arazi Ölçümleri (Alanda çeşitli yöntemlerle yapılan ölçümlerin bilgilerini barındıran katman. GPS ile Alım Yapılan Noktalar, Fotogrametrik Yöntemlerle Yapılan Ölçüm Sonuçları vb.)	Jeofizik ve Jeoloji (Zemin yapısı ile ilgili bilgileri barındıran katman. Deprem Riski Olan Alanlar vb.)

Yapılan çalışmalar ve araştırmalar incelendiğinde arkeolojik alanlardaki çalışmalarda belgeleme, kayıt altına alma, koruma, yönetebilme ve planlamalarda coğrafi bir veri tabanı oluşturulması gerekliliği ortadadır. Ancak veri tabanı tasarlamak büyük bir ciddiyetle ve hassasiyetle yapılmalıdır. Veri tabanı modelinin sürekli değişime uğramaması, gelecek beklentileri karşılayabilmesi, alandaki tüm kalıntıları ve diğer bilgileri kapsayacak şekilde veri setlerinin oluşturulması için ve hızlı, verimli, mükerrer olmayan bilgileri içeren bir veri tabanı oluşturmak için; alan taraması iyi yapılmalı, tasarım üzerinde planlı çalışılmalı, veri kaynakları hedeflenen doğrulukta olmalı ve domain/subtype başlıkları ciddi araştırmalar sonucu netleştirilmelidir (Levent, 2009).

8. ANEMURIUM ANTİK KENT ÖRNEĞİ

Bu tez kapsamında yapılan uygulamayı 2 başlık altında incelemek ve ifade etmek doğru olacaktır. Birincisi; Anemurium Antik Kent alanında İnsansız Hava Aracı (İHA) yardımıyla yapılan saha ve ofis çalışmaları sonrasında ortofotonun elde edilmesi süreci, ikincisi ise Anemurium Antik Kent alanında oluşturulacak bir veri tabanı tasarımı için saha ve ofis çalışmaları sonrasında veri tabanı oluşturulması süreci olacaktır.

8.1. Anemurium Antik Kent Alanında İnsansız Hava Aracı İle Yapılan Çalışmalar

Anemurium Antik Kent alanında İHA ile çalışılarak ortofoto üretebilmek için ofis ve arazi olmak üzere iki ayrı çalışma süreci olmuştur. Arazi öncesi araştırmalar, arazi çalışma süreci ve arazi çalışması sonrası ofis çalışmaları aşamaları aşağıda başlıklar altında toplanmış ve detaylı şekilde anlatılmıştır.

8.1.1. Çalışma Alanı ve Alanda Kullanılan Donanımlar

Yapılan araştırmalar ve arazide fiziki olarak bulunma sonucunda, Anemurium Antik Kenti'nin başta Akdeniz Bölgesi olmak üzere ülkemizin sahip olduğu en önemli arkeolojik alanlardan biri olduğunu söylemek doğru olacaktır. Kentin büyük bir bölümünü özellikle çeşitli tipteki mezar yapıları kaplamaktadır. Mezarların yanı sıra, kilise, hamam, tiyatro, odeon gibi halkın kültürünü, inançlarını ve sanat anlayışlarını yansıtan tüm bu arkeolojik eserler Anadolu arkeolojisi, hatta Dünya arkeolojisi için büyük önem arz etmektedir. Dünya ve Anadolu Arkeolojisi için büyük öneme sahip olan antik kent alanında arazi çalışmalarında, kullanılan birçok donanım olmuştur. Öncelikle alandaki yapıları ve genel görünümü fotoğraflamak için fotoğraf makinesi amacıyla kullanılan mobil telefon (mobil telefon aynı zamanda İHA'nın yönetimi için gereken Pix4D Capture uygulaması için de kullanılan bir donanım) (Şekil 8.8.), arazide yapılan incelemeleri not edebilmek için defter, arazide hızlı hareket edebilmek için alana ait önceden alınmış Google Earth görüntüsü (Şekil 8.6.) ve kazı ekibinden alınan alan haritası (Şekil 8.4.), uçuşu gerçekleştirdiğimiz Phantom-3 İHA (Şekil 8.3), yer kontrol noktalarının ölçümü için 1 adet SATLAB SL500 GNSS ve 1 adet jalon (Şekil 8.1), yer kontrol noktalarını işaretlemek üzere kireç ve sprey (Şekil 8.2), alan çalışmasında donanımları taşımak için 1 adet el arabası (Şekil 8.7) tedarik edilmiştir.



Şekil 8.1. SATLAB SL 500 GNSS aleti

SATLAB SL 500 GNSS aleti ile arazide 25 yer kontrol noktası ölçümü gerçekleştirildi. Alan yaklaşık 400 dönüm ve engebeli olduğundan dolayı arazi ölçüm çalışması yaklaşık 4 saat sürmüştür. Kazı ekibinden 4 kişinin desteği ile çalışma boyunca hem fotoğraf çekimi hem de GNSS ile 25 nokta ölçümü tamamlanmıştır.



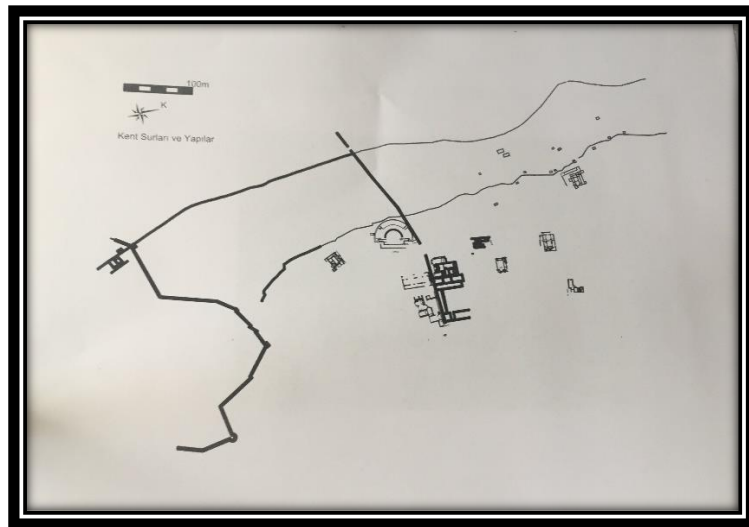
Şekil 8.2. Yer Kontrol Noktaları belirlemede kullanılan kireç ve sprej kullanım örneği

Yer kontrol noktaları belirlenirken homojen noktalar yerleştirmeye özen göstermekle birlikte, uçuş sonrasında hava fotoğrafları üzerinde nokta konumlarının kolayca bulunabilmesi için hem kireç hem de kırmızı sprey kullanılarak 25 yer kontrol noktasının (YKN) işaretlemesi yapılmıştır.



Şekil 8.3. Uçuş için kullanılan Phantom-3 İHA

1380 gram ağırlığında, görüntü boyutu 3000*4000 boyutunda, uçuş süresi yaklaşık 15-20 dakika ve kamera çözünürlüğü 12 megapiksel olan Phantom-3 İHA ile toplam 7 uçuş yapılmıştır. 7 uçuş ile yaklaşık 400 dönümlük alana sahip antik kentte 39 dakika uçuş yapılarak toplam 649 hava fotoğrafı elde edilmiştir.



Şekil 8.4. Kazı ekibinden temin edilen alan haritası

Yer kontrol noktaları belirlenirken, kazı ekibinden temin edilen ve ellerinde bulunan tek harita olan ‘alan haritası’ çıktı olarak alınmış ve arazide konumu belirlenip işaretlenen yer kontrol noktaları bu harita üzerinde de tahmini konumlara gelecek şekilde numaralarıyla birlikte işaretlenmiştir (Şekil 8.4 ve Şekil 8.5).



Şekil 8.5. Kazı ekibinden temin edilen alan haritası (2)



Şekil 8.6. Antik Kent alanına ait Google Earth uydu görüntüsü (20.06.2019)

Alanda inceleme yaparken ve yer kontrol noktaları belirlenirken kazı ekibinden temin edilen alan haritasının yanı sıra uydu görüntüsünden faydalanılarak hangi noktanın nerede konumlandığının kolay ve anlaşılır hale getirilmesi sağlanmıştır (Şekil 8.6).



Şekil 8.7. Arazi çalışmalarında aletleri taşımak için kullanılan el arabası

Arazi çalışmalarında GNSS, kireç, sprey, defter, kürek, su vb. ihtiyaçları kolayca taşımak için kazı ekibinden temin edilen el arabası kullanılmıştır (Şekil 8.7).



Şekil 8.8. Alanı fotoğraflamak ve İHA'nın yönetimi için kullanılan Apple-Iphone6

Uçuş öncesi araziyi tanımak ve taslak plan yapabilmek için geçirilen süre zarfında, elde bulunan Apple/Iphone6 mobil telefon (Şekil 8.8) ile hem taş yapıların fotoğraflanması hem de alanın yüksek konumdan fotoğraflanması yapılmıştır. Aynı zamanda yer kontrol noktalarının belirlenip işaretlemeleri yapıldıkça noktaların fotoğraflanması da sağlanmıştır.

Yaklaşık 400 dönümlük alana sahip olan arazi çalışması kapsamında öncelikle Anemurium Antik Kent kazı ekibi ile birlikte araziyi tanıyabilmek için 1 gün boyunca alanda gezinti ve fotoğraf çekiminin yapılması, sonraki iş kalemleri için hem doğruluğu hem de hızı olumlu şekilde etkilemiştir. Bu süreçte arazinin oldukça eğimli bir yüzeye sahip olduğu anlaşıldı (Şekil 8.9). Bu bilgi, hem uçuş öncesi yer kontrol noktalarının homojen dağıtılması aşamasında hem de İHA ile yapılacak uçuş planlarında uçuş yüksekliğinin belirlenmesi aşamasında oldukça önem arz etmiştir. Alan incelemesi yaparken aynı zamanda İHA ile kaç uçuş yapılacağı, ne kadar süreceği, hava koşulları ve insan faktörünün de göz önünde bulundurularak taslak plan oluşturulmuş ve ön bilgi edinilerek ertesi gün yapılacak uçuş için hazırlıklar yapılmaya başlanmıştır.



Şekil 8.9. Anemurium Antik Kent Alanı (27.06.2019 tarihli görüntü)

Çalışma alanında gezi boyunca incelemeler yapılmış ve kazı ekibinin de desteği ile alandaki mezarlar, kiliseler, hamamlar, odeon, palaestra, sivil yapı vb. taş yapı örnekleri fiziki olarak incelenmiştir. Aynı zamanda antik kent alanının sınırı, Nekropol alanı ve Akropol alanı sınırları da gösterilmiş ve edinilen bilgiler taslak olarak çalışma defterine eklenmiştir (Şekil 8.10). Ayrıca kazı ekibi ve kazı komiserinden alınan bilgilere istinaden mevcutta çalışma yapılan taş yapının Nekropol Kilisesi olduğu öğrenilmiş ve ortaya çıkmış mozaiklerin incelenmesi yapılmıştır.



Şekil 8.10. Kent Alanında yapılan incelemeleri kayıt altına alma

Arazide bulunan taş yapıların büyük hasar gördüğü anlaşılmış ve Dünya Arkeolojisi için büyük önem taşıyan antik kent alanının korunması ve kayıt altına alınması için adımlar atılması gerektiği anlaşılmıştır.

8.1.2. Yer Kontrol Noktalarının Belirlenmesi ve Ölçülmesi

Arazide yapacağımız olan uçuşlardan önce üretilecek olan ortofoto görüntünün, sayısal yükseklik modelinin ve katı modelin hassas koordinatlandırılması amacı ile antik kent alanına homojen bir şekilde yer kontrol noktaları tesis edildi. Bu noktaların dağılımı, arazi gezisi boyunca elde olan hem alan haritası hem de uydu görüntüsünden faydalanılarak, arazi ortamı ve ofis ortamı entegrasyonu ile belirlenmiştir. Belirlenirken uçuş yüksekliği, yer örneklem aralığı değeri, dolayısıyla haritanın ölçeği göz önünde bulundurularak yer seçimleri yapılmıştır. Arazi gezisi boyunca 400 dönümlük alana sahip antik kentte homojen şekilde 25 noktanın dağılımı gerçekleştirildi. Dengeleme yapılırken görüntü üzerinde gözükecek şekilde ve orta noktaları belirli olacak şekilde nokta tesisleri yapıldı (Şekil 8.11, Şekil 8.12, Şekil 8.13). Bahsedilen 25 noktanın ölçümü SATLAB SL

500 GNSS aleti ile TUSAGA-Aktif istasyonlarına bağlanarak tamamlandı, ölçümü yapılan noktalar kireç ve kırmızı sprej yardımıyla işaretlendi. 25 nokta için aynı işlem tekrarlandı ve yapılan ölçümler sonucunda Çizelge 8.1.2 'de görülen değerler elde edilmiştir. Elde edilen değerlerden yükseklik değeri, elipsoidal yüksekliği ifade etmektedir.



Şekil 8.11. Yer Kontrol Noktasını (1) kireçle işaretleme



Şekil 8.12. Yer Kontrol Noktasına kireçle + işareti ve ortasına spreyle nokta işareti koyulması



Şekil 8.13. Ölçümü yapılmış 15 numaralı noktanın işaretlenmesi

Çizelge 8.1.2. Antik Kent alanında yapılan GNSS ölçüm değerleri

NOKTA NO	SAĞA DEĞERİ	YUKARI DEĞERİ	YÜKSEKLİK	TARİH/SAAT	GÖRÜNEN UYDU SAYISI
1	482280,978	3987833,257	33,781	2019-06-29-12:45:22	13
2	482298,893	3987915,12	32,886	2019-06-29-12:51:34	13
3	482331,332	3988020,135	34,199	2019-06-29-12:56:36	14
4	482369,874	3988081,002	32,645	2019-06-29-13:01:35	14
5	482409,621	3988163,924	35,038	2019-06-29-13:05:48	14
6	482472,604	3988294,436	36,236	2019-06-29-13:10:28	14
7	482532,313	3988404,613	36,398	2019-06-29-13:13:54	15
8	482409,835	3988331,667	35,729	2019-06-29-13:22:21	16
9	482291,769	3988304,202	43,61	2019-06-29-13:27:06	13
10	482287,697	3988202,784	42,567	2019-06-29-13:30:46	13
11	482258,143	3988361,907	52,827	2019-06-29-13:36:48	13
12	482209,536	3988225,923	48,716	2019-06-29-14:39:42	12
14	482191,075	3988073,044	44,521	2019-06-29-15:02:06	13
15	482208,133	3987953,848	36,226	2019-06-29-15:03:44	13
16	482168,909	3987923,229	44,735	2019-06-29-15:06:00	11
17	482139,52	3987941,545	54,07	2019-06-29-15:09:57	13
18	482121,676	3987987,547	58,353	2019-06-29-15:13:42	11
19	482127,884	3988037,514	57,58	2019-06-29-15:16:51	12
20	482132,552	3988105,166	65,837	2019-06-29-15:20:12	14
21	482137,579	3988168,146	65,889	2019-06-29-15:26:37	13
22	482143,238	3988229,354	69,001	2019-06-29-15:31:57	14
23	482168,908	3988322,013	70,662	2019-06-29-15:35:54	14
24	482159,777	3988383,678	75,234	2019-06-29-15:39:36	15
25	482251	3988329,807	54,892	2019-06-29-15:44:08	14

Yer Kontrol Noktaları ölçümlerinin tamamlanmasının ardından ofis ortamında koordinatları bilinen noktaları Google uydu görüntüsü üzerinde gösterimi ile hem uçuş planı aşamasını hem de uçuş sonrası ofis çalışması aşamasını kolaylaştırmak için faydalı olmuştur (Şekil 8.14.).



Şekil 8.14. GNSS ile koordinatları belirlenen 25 noktanın Google uydu görüntüsünde gösterimi (30.06.2019 tarihli görüntü)

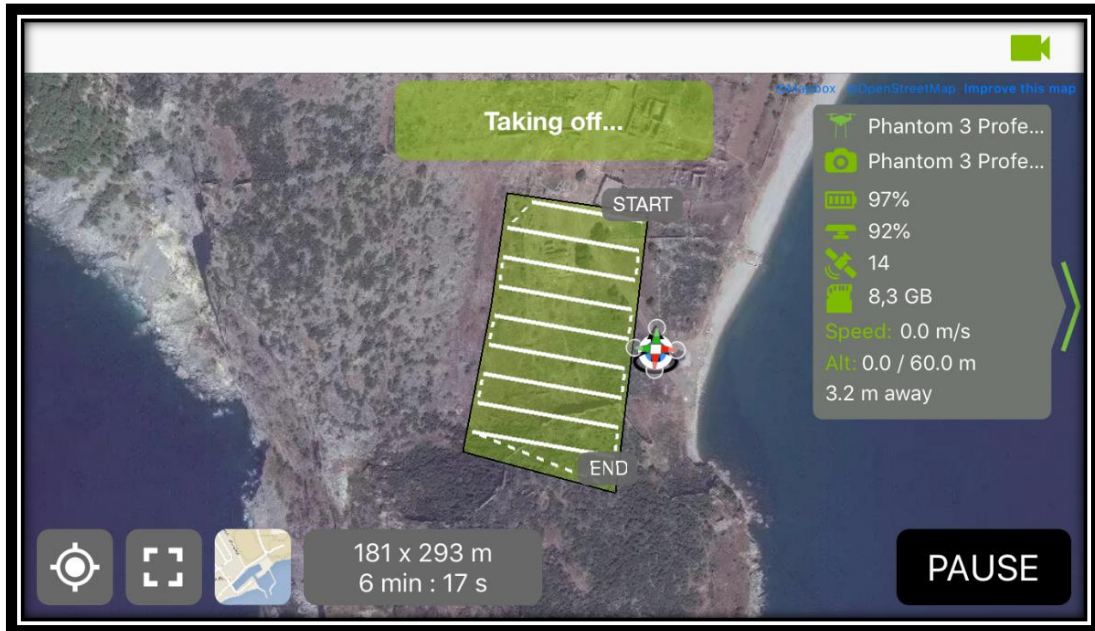
8.1.3. Uçuş Planı ve Uçuş Sonrası Elde Edilen Görüntüler

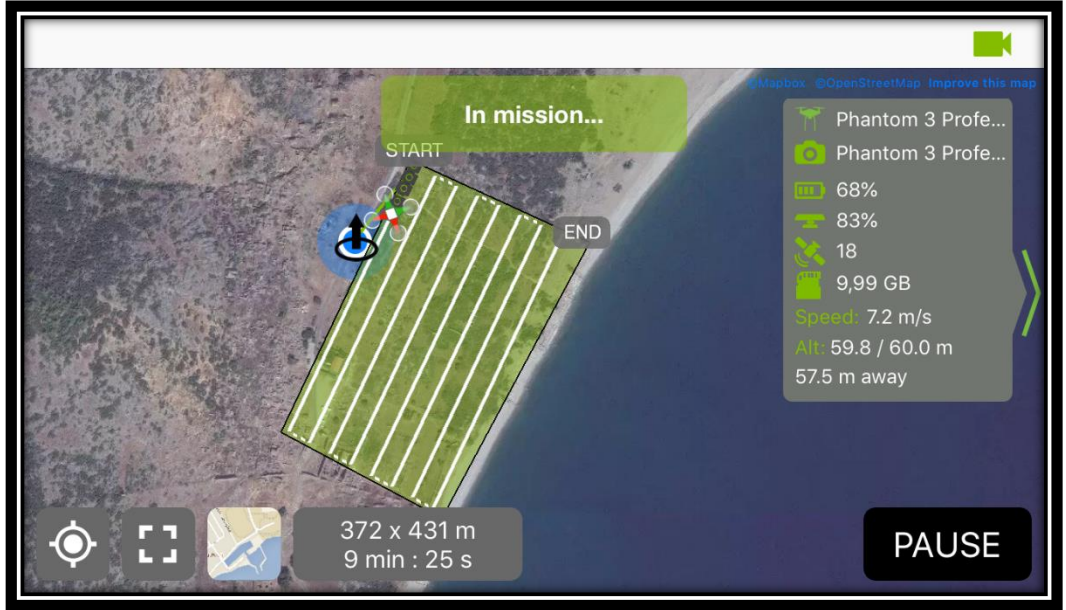
Arazide yer kontrol noktalarını belirleyip ölçümlerinin tamamlanmasının ardından yaklaşık 400 dönümlük arazi üzerinde Phantom-3 İHA ile öncelikle uçuş planı yapıldı. Çalışmada, enine %60 bindirme oranı ve boyuna %80 bindirme oranı tercih edilmiştir. Uçuş yüksekliği 60 metre, İHA'nın hızı 6-8 m/sn olarak belirlenmiştir. Uçuş planının hazırlanması ve uçuşun yönetimi sürecinde Google Earth tabanlı olarak çalışan Pix4d Capture adında mobil yazılımı kullanılmıştır. 60 metre yükseklikten 7 uçuş yapılarak yaklaşık 400 dönüm alanın tamamının görüntüsü alınmıştır (Çizelge 8.3.).

Çizelge 8.3. Phantom-3 İHA ile yapılan 7 uçuş ve buna dair bilgiler

UÇUŞ ADI	UÇUŞ ALANI CEPHE UZUNLUK LARI	UÇUŞ ALANI (m ²)	UÇUŞ SÜRESİ (dakika)	UÇUŞ YÜKSEK LİĞİ (m)	GÖRÜLEN UYDU SAYISI	ENİNE BİNDİRME ORANI (%)	BOYUNA BİNDİRME ORANI (%)
1	372*431	160.332	9	60	18	60	80
2	225*328	73.800	7	60	16	60	80
3	159*168	26.712	3	60	15	60	80
4	181*293	53.033	6	60	14	60	80
5	243*332	80.676	7	60	15	60	80
6	86*134	11.524	3	60	11	60	80
7	85*178	15.130	4	60	12	60	80
TOPLAM		421207 m ²	39 dk				

Her uçuş için ayrı ayrı uçuş planı yapılmıştır. Bu noktada arazi eğiminin fazla oluşu sebebiyle uçuş planları hassasiyetle yapılmış ve takip edilmiştir. Yapılan uçuşların her birinde farklı boyutlarda alanların görüntüleri alınmıştır ve farklı sürelerde uçuşlar gerçekleşmiştir (Şekil 8.15, Şekil 8.16). Her uçuş öncesi uçuş parametreleri kontrol edilmiş (uçuş yüksekliği, uçuş süresi, bindirme oranları vb.) ve doğruluğu teyit edildikten sonra uçuş yapılmıştır. (Şekil 8.17)

Şekil 8.15. Uçuşu yapılan yaklaşık 53000 m²'lik alan (Uçuş 4)



Şekil 8.16. Uçuşu yapılan yaklaşık 160000 m²'lik alan (Uçuş 1)

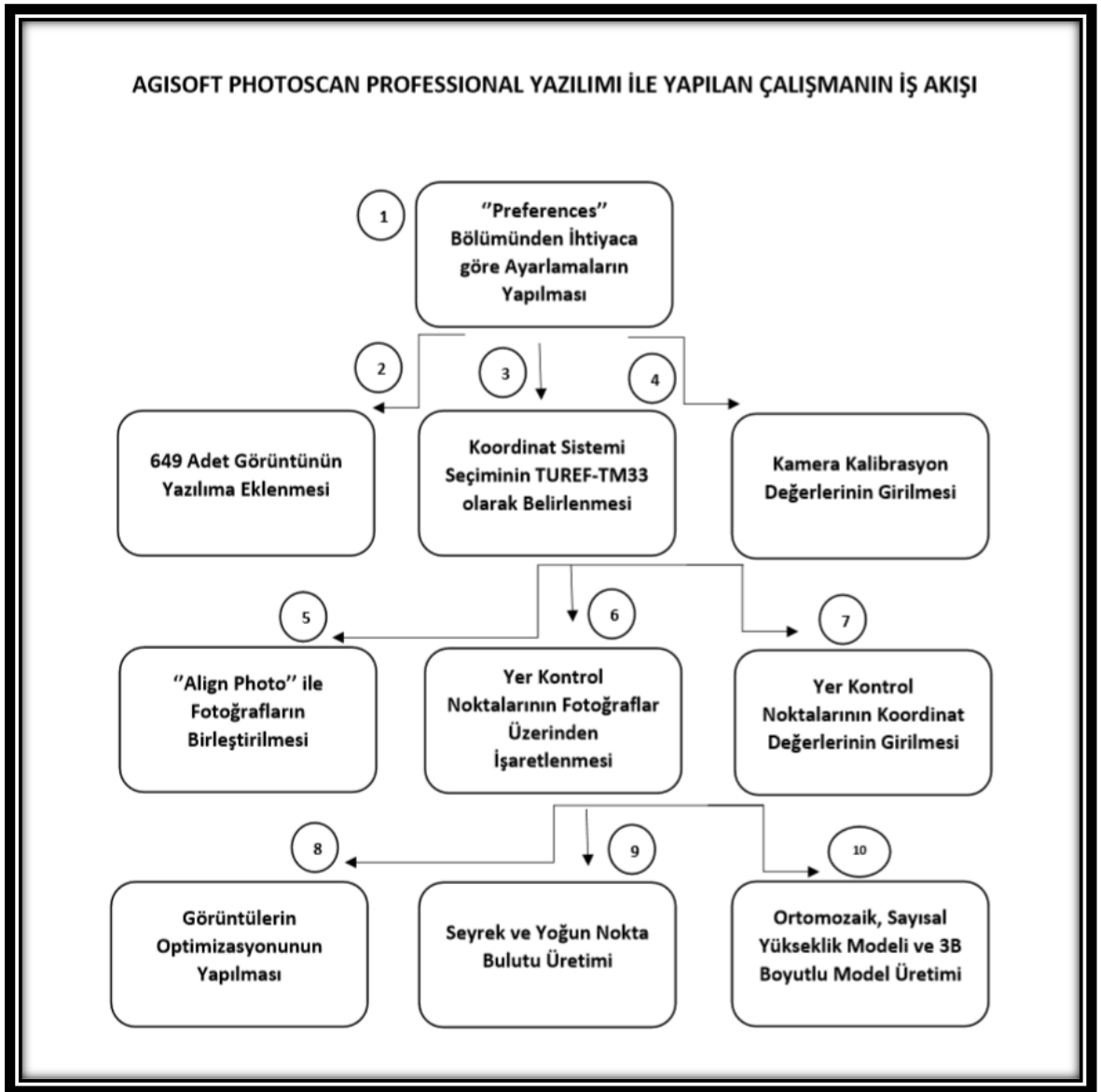


Şekil 8.17. Uçuş öncesi el ünitesine bağlı mobil cihaz ile kontrollerin yapılması aşaması

Uçuş planları yapılırken uçuş parametrelerinin tüm detaylarıyla plana dâhil edilmesine ek olarak rüzgâr/yağmur gibi hava olaylarının olumsuz etkisi düşünülerek rüzgârsız saatlerde uçuş yapılmasına özen gösterilmiştir. Sonuç olarak toplamda 39 dakika süren, 60 metre yükseklikte 7 uçuş gerçekleştirilmiş ve yaklaşık 400 dönümlük arazinin 649 adet görüntüsü elde edilmiştir.

8.1.4. Ofis Ortamında Kullanılan Yazılım ve İş Akışı

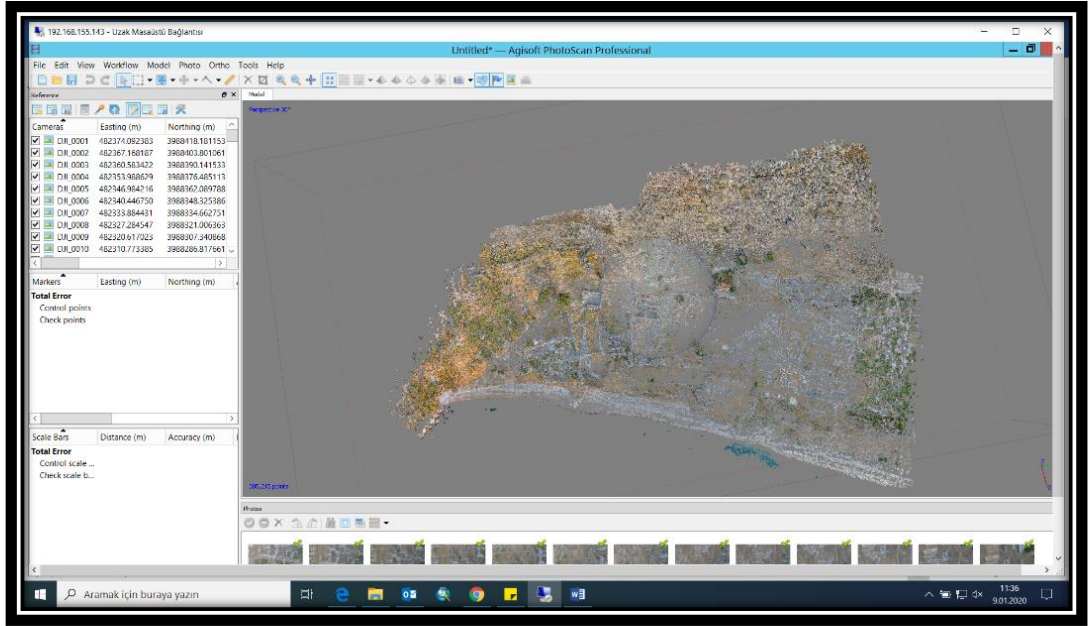
Arazide yapılan 7 uçuş tamamlandıktan sonra ofis ortamında 649 adet hava fotoğrafının işlenmesi aşaması başlamıştır. Ofis ortamında fotoğrafların birleştirilmesi, dengelemenin yapılması, 3B modelleme yapılması, ortomozaik oluşturulması, sayısal yükseklik modelinin oluşturulması vb. tüm sonuç ürünlerin elde edilmesi için Agisoft Photoscan Professional yazılımı kullanılmıştır. Şekil 8.18’de gösterildiği iş akışı doğrultusunda süreç işletilmiş ve ihtiyaç duyulan ürünler üretilmiştir.



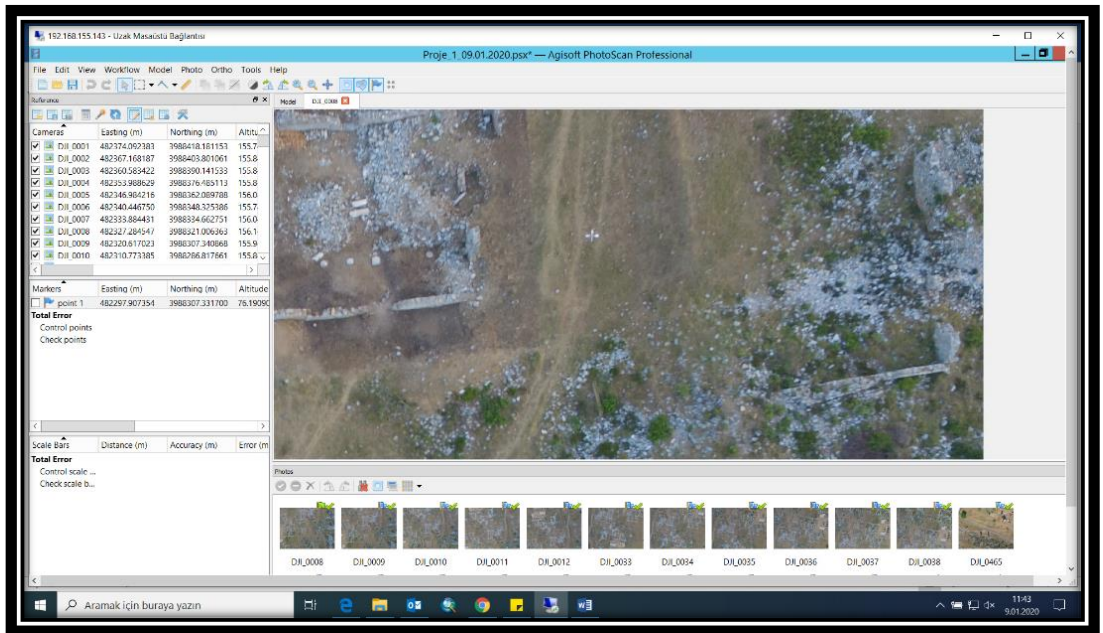
Şekil 8.18. Agisoft Photoscan Professional ile İş Akış Diyagramı

Agisoft Photoscan ile tüm hava fotoğrafları uygulamaya eklendi, eklenen fotoğrafların birleştirilmesi sağlandı ve seyrek nokta bulutu ile ortaya bir görüntü çıktı (Şekil 8.19). Bu işlemler yapılırken 32 GB Ram 12 Core sanal işletim sistemi Win 2012

r2 Data Center özelliklerine sahip sanal makine kullanılmıştır. Toplam 649 adet görüntünün boyutu 3.51 GB büyüklüğündedir ve bu görüntülerin birleştirilmesi işleminin makul sürede tamamlanması için yukarıda bahsettiğim özelliklere sahip sanal sunucu kullanılması faydalı olmuştur. Hava fotoğrafları birleştirilmiş, birleştirme sonucu seyrek nokta bulutu oluşmuş ve oluşan üründen faydalanılarak 25 adet yer kontrol noktaları işaretlenmiş ve isimlendirilmiştir (Şekil 8.20 ve Şekil 8.21).

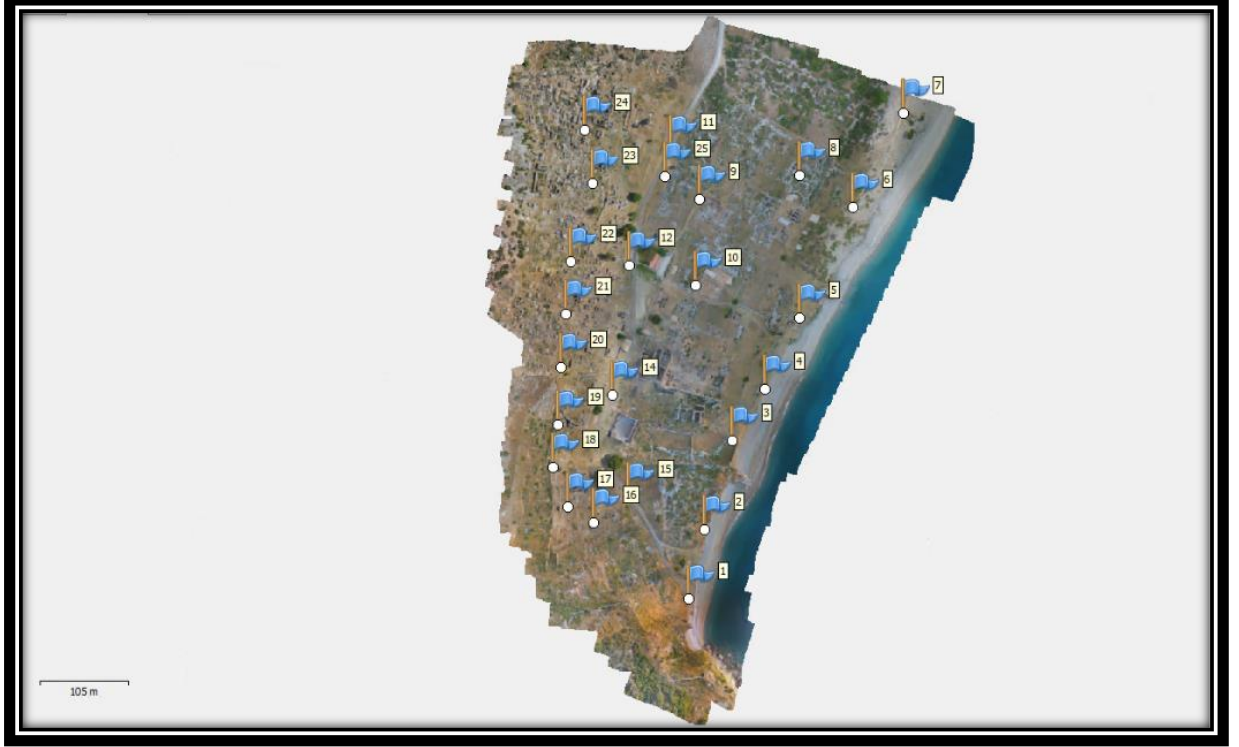


Şekil 8.19. Hava fotoğraflarının birleştirilmesi



Şekil 8.20. Yer Kontrol Noktalarının işaretlenmesi

Fotoğraflar birleştirilip yer kontrol noktaları işaretlenmiş ve değerleri girilmiştir. Böylece bilinen noktalar yazılıma girilmiş olup ardından optimizasyon işlemi yapılmıştır. Arazide GNSS ile ölçümü yapılan noktalar harita üzerinde gösterimi Şekil 8.21'deki gibidir.

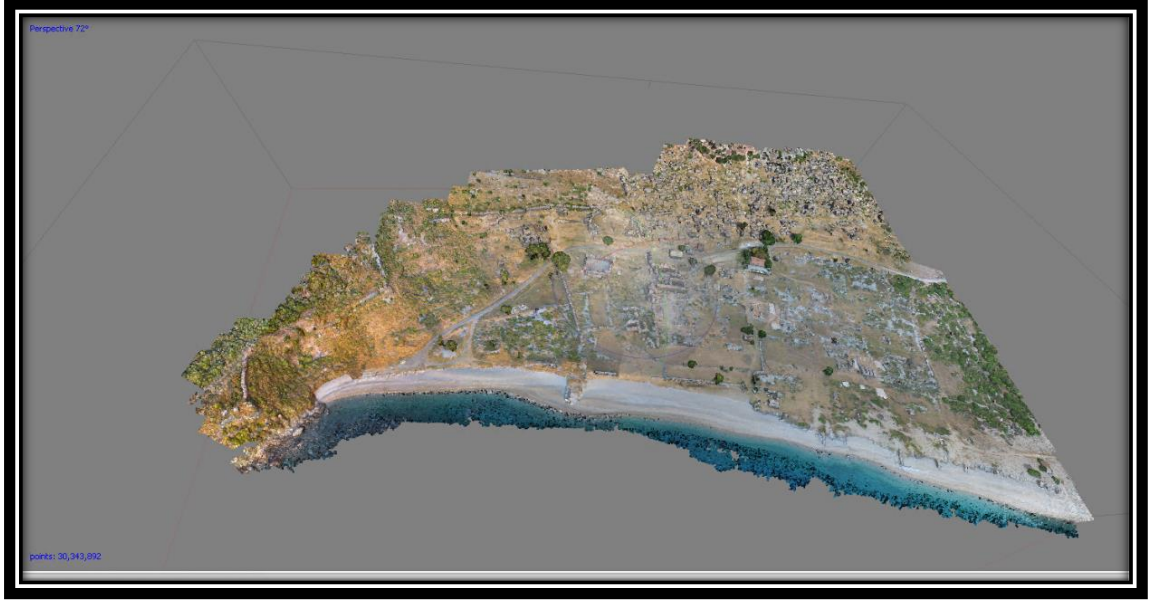


Şekil 8.21. Arazide ölçümü yapılan 25 noktanın ortomozaik üzerinde görünümü

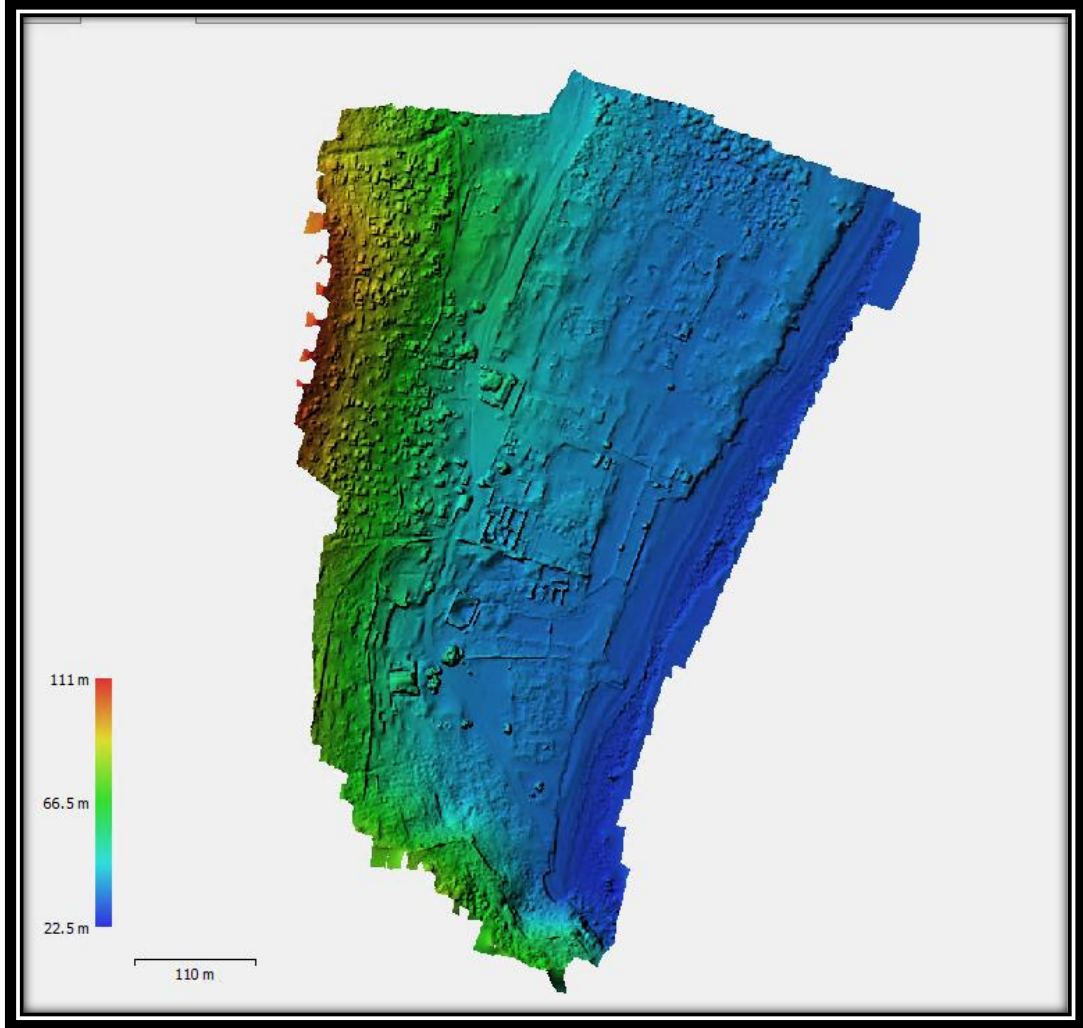
8.1.5. Arazi ve Ofis Çalışması Sonrası Üretilen Veriler

Arazide yapılan 7 uçuşun tamamlanması, yine arazide yapılan 25 nokta konumunun belirlenmesi ve ofis ortamında fotoğrafların birleştirilerek yer kontrol noktalarının girilmesinin ardından hedeflenen ürün olan ortomozaik, DEM ve 3B Boyutlu Model üretimi için süreç başlamıştır. Sırasıyla, Yoğun Nokta Bulutu, Çokgen Model, Sayısal Yüzey Modeli ve son olarak Ortomozaik üretimi tamamlanmıştır.

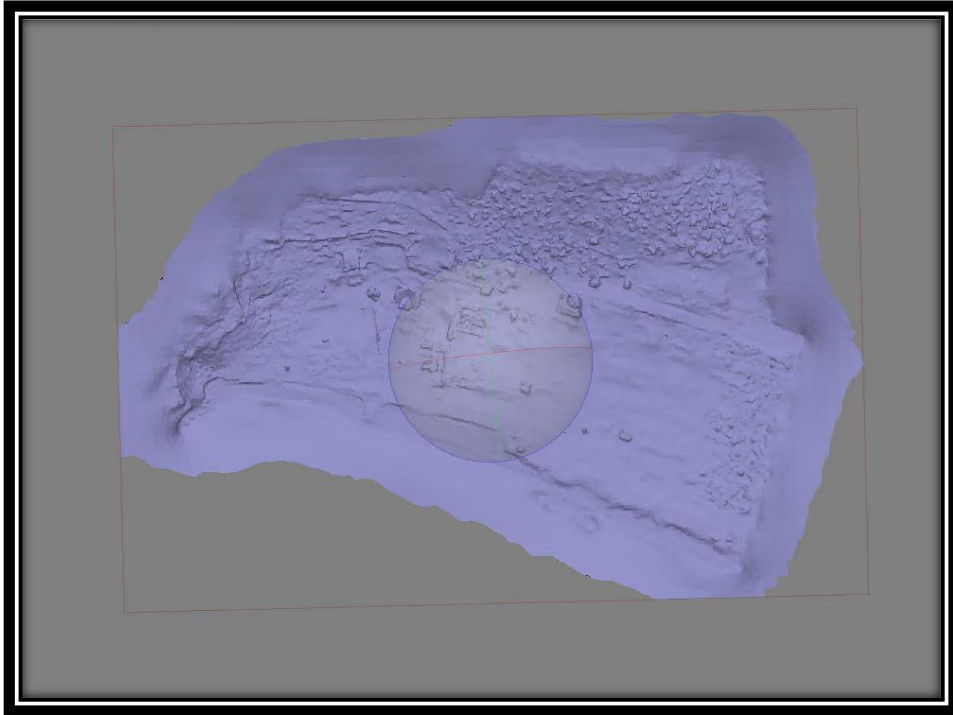
Veri tabanı oluşumunda altlık olarak kullanılması hedeflenen ortomozaik verisinin en yüksek kalitede üretilmesi amacıyla Agisoft PhotoScan uygulamasında çözünürlük alanı "highest" olarak seçilmiş ve buna bağlı olarak ortomozaik üretimi düşük çözünürlükte üretime göre daha yavaş ilerlemiştir. Yaklaşık 6-8 gün arasında sürmüş ve tek seferde fotoğraf birleştirmesi, ortomozaik üretimi, 3B Boyutlu Katı model ve DEM üretimi gerçekleştirilmiştir. (Şekil 8.22, Şekil 8.23, Şekil 8.24, Şekil 8.25)



Şekil 8.22. Yoğun Nokta Bulutu (Dense Point Cloud)



Şekil 8.23. Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)

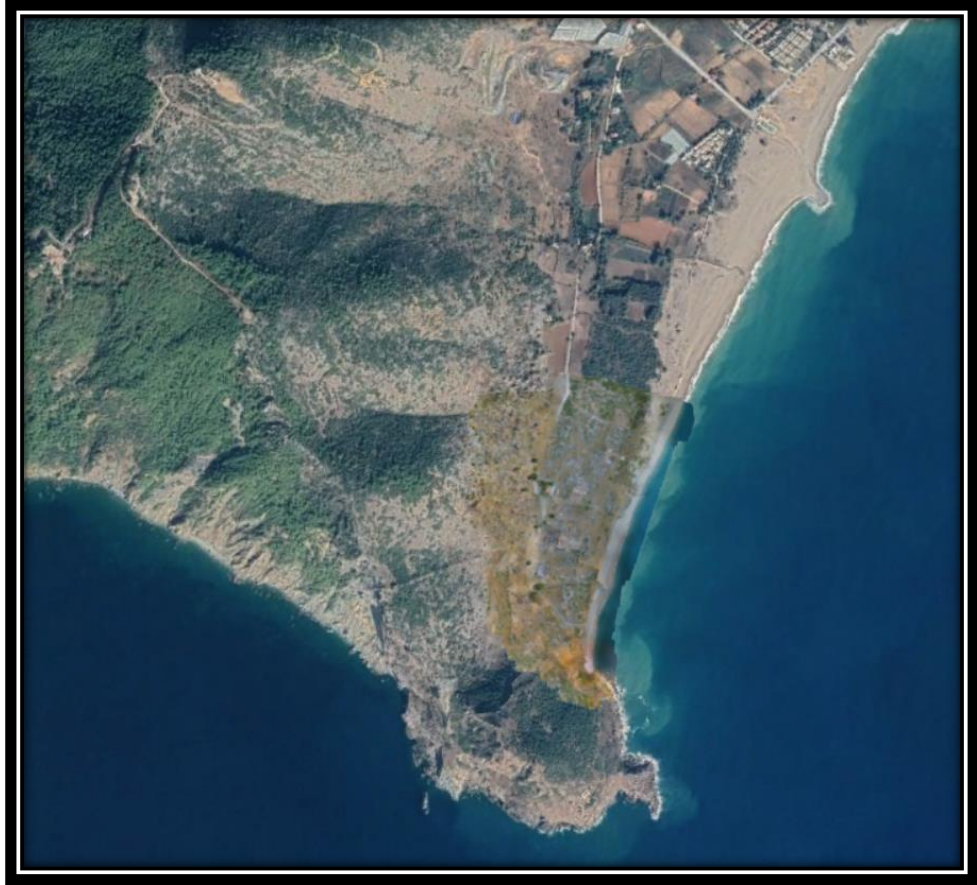


Şekil 8.24. 3B Boyutlu Katı Model



Şekil 8.25. Ortomozaik

Yapılan çalışmalar sonucunda 649 hava fotoğrafından yaklaşık 300.000 noktadan oluşan seyrek nokta bulutu görüntüsü, yaklaşık 31.000.000 noktadan oluşan yoğun nokta bulutu, 2.000.000 yüzeyden oluşan 3B Boyutlu model ve 20.000*30.000 boyutunda ortomozaik görüntü elde edilmiştir. Elde edilen çalışma sonuçları incelenmiş, dengeleme sonucunda X, Y, Z konum hassasiyetlerinin 10 cm değerinin altında olan veri üretilmiş ve yapılacak çalışma için uygun olduğu değerlendirilmiştir. Bunlara ek olarak oluşturulan ortomozaik görüntünün Google Earth Pro uygulamasında görüntülenebilmesi için (doğru konumda) .kmz formatında sonuç ürün elde edilmiştir. (Şekil 8.27)



Şekil 8.27. Üretilen Ortomozaik görüntünün Google Earth Pro altlığında görüntülenmesi

8.2. Anemurium Antik Kent Alanı için Veri Tabanı Tasarımı Çalışmaları

Bu tezin en temel amacı olan, antik kent alanında kullanılabilir ve sürdürülebilir bir veri tabanı üretebilmek için; kullanacağımız altlık, yani ürettiğimiz ortomozaik görüntüsü ArcMap 10.4.1 yazılımında görüntülenmiş ve yine bu programda taş yapılar sayısallaştırılıp veri tabanı tasarımı yapılmıştır. İlişkisel coğrafi veri tabanı hazırlama aşamasında tablo verileri için kaynak araştırması yapılmakla birlikte arazide fiziki olarak bulunarak tüm taş yapıların incelenmesi, taş yapıların yapılış tarihleri ve kullanım amaçları gibi bilgiler edinilmiş ve sistemde coğrafi veriler ile ilişkilendirilmiştir.

8.2.1. Çalışma Alanı Araştırması ve Arazideki Taş Yapılar

Anemurium Antik Kent alanında 26.06.2019 tarihinde bulunulmuş, kazı ekibiyle birlikte hem alan incelemesi hem de taş yapılara dair bilgi edinilmesi gerçekleştirilmiştir. Veri tabanı tasarımı yapabilmeyen en temel ihtiyacı, veri setlerinin oluşturulmasıdır. Veri setlerini oluşturabilmek için arazideki tüm kültür mirasları, sınırlar, antik kente sonradan inşa edilmiş yapılar, yollar vb. tüm bileşenlerin kayıt altına alınabilmesi için güvenilir kaynaklardan araştırma yapılmış ve arazide bulunan sürede incelemeler yapılmıştır.

Arazide bulunan tüm taş yapıların ve sınırları belli bazı alanların bilgileri Çizelge 9.1’ de gösterilmiştir (Tekocak, 2019).

Çizelge 9.1. Antik Kent Alanındaki yapılar ve genel bilgiler

Antik Kent Alanında Bulunan Taş Yapı ve Alanlar	Yapılış Tarihi	Genel Bilgi
Akropol Alanı	-	Anemurium Antik Kentte, şehrin en yüksek ve savunmaya en elverişli yerine kurulan iç kale, yukarı şehirdir. Sarp bir tepe üzerine inşa edilmiştir.
Nekropol Alanı	-	Anemurium Nekropolü, Kilikya Bölgesi’ndeki en büyük ve en zengin nekropol sahasıdır. Nekropol kentin kuzeydoğu yönüne doğru yayılırken bugün kentte MS. 1. yüzyıldan MS. 4. yüzyıla kadar tarihlenen yaklaşık 350 adet mezar bulunmaktadır.

Mezar	MS 1. yy	Mezarların inşasında yarı işlenmiş veya hiç işlenmemiş yerel nitelikteki moloz taşlar tercih edilmiştir. Ancak mezar odalarında büyük boyutlarda, koyu gri renkli iyi işlenmiş kireç taşlarının kullanıldığı da görülür. Nekropolde farklı tiplerde mezarlar vardır. Bunlardan ilki basit tek odalı mezarlardır. Mezarlar tek başına bir yapı olduğu gibi birden fazla yapıyla iç içe girmiş halde, tek katlı veya iki katlı olarak bazen de bir ön oda (anteroom) eklenmiş halde karşımıza çıkmaktadır. İkinci tipteki tonozlu mezar örneği ise ön odalı ve içerisinde arkesol bulunduran tip olup bunların ön odası nişlerle bezelidir. Bu tipi birinci tipteki mezarlardan ayıran özellik ise bunların yan duvarlarında büyük koyu renkli taşların olmayışı ve mezar odasıyla ön odanın tek bir tonozla bağlanmasıdır. Mezarlar genellikle kuzey-güney yönlüdür. Buna karşın az da olsa doğu-batı yönlü olarak inşa edilmiş olanlarına rastlamak mümkündür. Bu tipteki mezarların kapıları genellikle cephe duvarında yer alır ve ön odalarının birçoğunda freskler olduğu tahmin edilmektedir.
Odeon	MS 3. yy	Odeon, tiyatronun doğusunda yer almaktadır. Antik kentin en iyi korunmuş yapılarından birisi olan odeon, yaklaşık 900 kişiyi alabilecek kapasiteye sahiptir. Yapı, 31.00 x 20.00 m. ölçüsünde, dört cepheli ve iki katlı bir düzenlemeye sahiptir. 16 oturma sırası bulunan binanın bouleterion olarak da hizmet vermiş olabileceğini düşünülmektedir. Yapı; oturma sırası (cavea), gösterilen yapıldığı yarım daire formlu bir orkestra, sahne binası ve alt katta yer alan “U” formlu tonozlu galeriden meydana gelmektedir. Orkestra ile tonozlu galerinin zemini mozaikle kaplıdır. Kazılar neticesinde yapının MS. 3. yüzyılda inşa edildiği ortaya konmuştur.
Bazilika	MS 3. yy	Bazilika, palaestranın güneydoğusunda yer almaktadır. Ne yazık ki yapının en dikkat çeken yarım daire formundaki apsisi dışında geri kalan bölümü tamamen yok olmuştur. Bu apsisin her iki yanında mekânlar bulunmaktadır. Bu mekânların zeminleri mozaiklerle süslüdür. Ayrıca yapının odeona olan yakınlığından yola çıkılarak bir sivil bazilika olabileceği yönünde fikirler ileri sürülmüştür. Bazilika'nın MS. 3. yüzyılda inşa edilmiş olabileceği, buna karşın içerisindeki mozaiklerin ise MS. 4. yüzyıla ait olması gerektiği yönünde bilgiler bulunmaktadır.
Tiyatro	MS 3. yy	Anemurium tiyatrosu, odeonun kuzeybatısında yer almaktadır. Doğu yönünde, ana kayanın azaldığı kısımdan iki farklı merdivenle ulaşılabilen tiyatro, plan olarak merkeze doğru daralan yaklaşık 60 m. çapındaki beden duvarına, güneybatı ve kuzeybatıdan diazomaya (gezinti yeri) yönelen paradoslara (geçiş yerleri) sahiptir. Günümüzde oturma sıralarına dair izler kaybolmuştur. Tiyatronun kentin refah düzeyinin arttığı ve birçok inşa faaliyetinin olduğu MS. 3.yüzyılda inşa edildiği düşünülmektedir.

Halk Hamamı	MS. 4. yy	Halk Hamamı, odeonun güneydoğusunda bulunmaktadır. Hamam iki katlı bir düzenlemeye sahiptir. Birinci katın doğu cephesinde beş adet tonozlu ve bir adet de dikdörtgen formlu mekân yer almaktadır. Hamamın ikinci katına, doğu cephede yer alan bir merdivenle ulaşılmaktadır. Halk Hamamının ikinci katı asıl hamam düzenlemesine sahip olan bölümdür. İkinci katta 12 adet mekân, bir koridor ile geniş ana salon bölümleri vardır. İkinci kata ilk ulaşıldığında karşılaşılan dar ve uzun mekân hamamın apodyterium (giyinme) kısmıdır. İkinci katta yer alan mekanlar orta kısımda bulunan geniş mekanın her iki yanına sıralanmış vaziyette bulunmaktadır. Ayrıca apodyterium, frigidarium ve güneydeki sıcaklık bölümlerinde bulunan çok renkli ve genellikle geometrik motiflerle süslenmiş zemin mozaikleri MS. 4. yüzyılın sonu MS. 5. yüzyılın başlarına tarihlendirilmektedir.
Büyük Hamam	MS. 3. yy	Büyük Hamam olarak adlandırılan yapı, palaestra ile birlikte bir yapı kompleksi oluşturmaktadır. Büyük Hamam içerisinde toplam altı adet mekân bulunmaktadır. Hamamın kuzeyinde yer alan mekânlar soğukluk bölümlerine, güneyde yer alan mekânlar ise sıcaklık bölümlerine aittir. Büyük Hamam'da yapılan kazı ve araştırmalar hamamın farklı dönemlerde bir takım düzenlemeler ilave edilerek tekrar kullanıldığını göstermektedir. Genel itibariyle yapının tarihi için MS. 3. yüzyılın ortası uygun görülmektedir. Hamamın asıl işlevini bir süre yerine getirdiği ve MS. 4. yüzyılın ortalarından sonra başka amaçlar için kullanıldığı düşünülmektedir.
Palaestra Alanı	MS. 3. yy	Palaestra Büyük Hamamın doğusunda yer almaktadır. Palaestranın, Büyük Hamamla bağlantı sağlayan üç adet mekan, doğuda geniş bir avlusu ve bu avlunun her iki yanında sıralanmış mekanları bulunmaktadır. Bu mekanların bir kısmı geç dönem eklentileridir. Palaestraya girişler doğuda merdivenli bir bölümden sağlanmaktadır. Yaklaşık 1000 metrekarenin üzerinde bir alanı kapsayan palaestranın büyük bir kısmı mozaiklerle kaplıdır. Bu mozaikler üzerinde yapılan epigrafik çalışmalar neticesinde palaestra bölümünde bulunan mozaikler MS. 3. yüzyıla tarihlendirilmiştir. Araştırmalar neticesinde MS. 7. yüzyıla ait seramik parçalarının ele geçirilmiş olması yapının uzun süreler boyunca farklı amaçlar için de olsa kullanıldığını göstermektedir.
Küçük Hamam	MS. 500. yy	Antik kentin kuzeydoğusunda, kıyı kesimine yakın sayılabilecek bir noktada küçük bir hamam bulunmaktadır. Genel itibariyle yapı birbirine bağlantılı üç adet tonozlu mekân (ılıkılık, soğukluk ve sıcaklık), büyük dikdörtgen formlu bir mekân ve avlu kısmından oluşmaktadır. Hamamın en dikkat çeken bölümü zemini mozaikle süslü olan apodyterium (soyunmalık) kısmıdır. Hamamın bulunduğu alanda tespit edilen en erken buluntu MS. 2. yüzyıla tarihlenirken, MS. 7. yüzyıla kadar çeşitli buluntular ele geçirilmiştir. Yapının kendisi ise olasılıkla MS. 500'lere tarihlenmektedir. Kesin olarak bilinen nokta ise yapının MS. 660 yılında terk edilmiş olduğudur.

III 5 Nolu Hamam	MS. 4. yy	Bu yapı, antik kentin merkezine yakın bir noktaya konumlanmış olup günümüzdeki mevcut otopark sahasının hemen doğusunda yer almaktadır. Hamamda beş adet ana mekân bulunmaktadır. Birbirine bağlantı kurulan caldarium (sıcaklık) ve tepidarium (ılıkılık) bölüm-lerinin haricinde havuzu ve mozaikli apsisi olan bir mekâna sahiptir. Söz konusu apsisi kısmında fresk kalıntıları günümüzde net bir şekilde gözlenebilmektedir. III 5 nolu Hamam'ın işlevi hususunda henüz bir netlik yoktur. Özellikle 1966 yılında bulunan bir yazıtlı kaide üzerinde Philokrates için gymnasium yöneticisi sıfatının yer alması buradaki yapının ilk olarak MS. 4. yüzyılda bir gymnasium olarak inşa edildiği, MS. 6. yüzyılda genişletilerek hamam olarak kullanıldığı, son olarak da 12. yüzyılda tamamen terk edildiği düşünülmektedir.
II 11 B Nolu Hamam	-	II 11 B Hamamı, bazilikanın hemen doğusunda, palaestranın güneyinde yer almaktadır. Tıpkı Halk Hamamı gibi "salon tipi hamam" sınıfının plan özelliklerinin sergilemektedir. Hamamda yer alan sıcaklık ve soğukluk bölümlerinin haricinde bir adet küçük bir sarnıç da yer almaktadır. Hamamda herhangi bir kazı çalışması gerçekleştirilmemiştir. Bu yüzden gerek hamamdaki mekânların işlevleri gerekse de tarihlenmesi konusunda bilgilerimiz oldukça yetersizdir.
Nekropol Kilisesi	MS 4. yy	Nekropol sahası sınırları içerisinde yer aldığı için Nekropol Kilisesi olarak adlandırılmıştır. Doğu batı yönlü olarak inşa edilen kilise 30.80 m. uzunluğa sahiptir. Temel olarak bir bazilika ile benzer özellikler gösterse de küçük farklılıklara da sahiptir. Bunlardan ilki güney koridordan ana apsisi dış duvarına ulaşan kısımda sonradan değişikliğe uğramış bölümdür. Apsinin güneyinde yer alan bu küçük oda bir şapel niteliği göstermektedir. İkinci özellik ise sütun dizisine doğru açılan ve olasılıkla kemerlerle desteklenen kuzeydeki koridor kısmıdır. Bunun dışında üç nefli ve apsisi kısmı ile genel bazilikal tiptedir. Kilisenin MS. 4. yüzyıla ait olduğu düşünülmektedir. MS. 382 ve MS. 408 yıllarında restore edilip tekrar kullanılmıştır.
Kutsal Aposteles Kilisesi	MS 5. yy	Anemurium Antik Kenti'ndeki bir diğer kilise kıyıya/sahile yakın bir noktada bulunan Aposteles Kilisesi'dir. Kilise büyük oranda tahribata uğramış olup günümüze yalnızca temele ait kalıntıları ulaşabilmiştir. Kilisenin doğu duvarı bir noktada rıhtım duvarı ile kesilmektedir. Bu kiliseyi diğerlerinden ayıran en önemli özelliği içerisinde atrium (kiliselerdeki avlu) kısmı bulunan tek kilise olmasıdır. Bunun dışında üç adet nefli, her iki yanında sütunlarla desteklenen narteks kısmı ve apsisi her iki köşesindeki pastophoria bölümleri ile diğer kiliselerde olduğu gibi bazilikal bir plan göstermektedir. Kilisenin atrium kısmında MS 5. yüzyıla ait mozaikler bulunmaktadır. Narteks kısmındaki mozaiklerde birbirine kenetlenmiş geometrik süslemeler vardır. Yapının başka bir tarafında bulunan mozaik üzerinde bir yazıtlı bölüm bulunmaktadır. Buradan anlaşıldığı kadarıyla narteks kısmındaki mozaiklerin Kutsal Aposteles'in sevdiği dostları tarafından yeniden yapıldığı ya da onarıldığından bahsedilmektedir. Kilisede kapsamlı bir kazı yapılmamıştır.

Hazine Kilisesi	M.S. 5. YY	Hazine Kilisesi, doğu-batı yönlü inşa edilmiş olup 31.00 x 17.50 m. ölçülerindedir. Kilise genel bazilikal plana benzemekle beraber antik kentin en büyük kilisesi olarak bilinir. Şehrin merkezi bir noktasında yer aldığı için önce “Merkez Kilise” olarak adlandırılmıştır. Kilise diğer kiliselerde olduğu gibi apsisi, üç nefi, doğuda pastophoria (yan oda) ve batıda narteksi ile birlikte bir plan şeması göstermektedir. Yapının hemen hemen her bölümü mozaik zeminle kaplıdır. Bu yapıda yürütülen çalışmalarda güney nefte bulunan mozaik zemin üzerinde mezarlar tespit edilmiş ve burada yürütülen kazılarda yaklaşık 35 adet değerli obje ele geçirilmiştir. Bu değerli objeler arasında altın küpe, yarım daire formunda altın objeler, altın plaklar, haç betimli dekorasyon gereçleri gibi buluntular vardır. Bu bulgulardan sonra yapının belki de bir dönem kutsal emanetlerin saklandığı bir yer olarak düşünülmelerinden dolayı söz konusu kiliseye daha sonra “Hazine Kilisesi” adı verilmiştir. Kilisenin MS. 6. yüzyılın sonları ve MS. 7. yüzyılın başında kullanıldığı düşünülmektedir. Kilisenin yapım tarihi ise MS. 5. yüzyılın ikinci çeyreğidir.
III 10 C Kilisesi	MS 5. yy	Hazine Kilisesi'nin yaklaşık olarak 90 m. kadar güneybatısında yer alan bu kilise bir narteks, batıda apsisli bölüm, güneyden girişi sağlayan açıklık kısmı, üç nef ile diğer kiliselerle benzer plan şeması göstermektedir. Kilisede şu ana kadar detaylı bir kazı çalışması gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla kilisede buluntulara bağlı olarak herhangi bir tarihlendirme yapılması olanaksızdır. Ancak diğer kiliselerin yapım süreci göz önünde bulundurulduğunda özellikle Hazine Kilisesi ile birbirine oldukça yakın bir konumda ve formda yapıldığı için bu kilisenin de MS. 5-6. yüzyıllar arasında yapıldığını söylemek uygun olacaktır.
Aquaduct (Su Kemerleri)	MS 3. yy	Antik kent sınırları içerisinde, kente su ihtiyacını temin etmek için iki farklı su kemeri bulunmaktadır. Su kemerleri kentin nekropol kuzey ucundan başlayıp, akropoldeki sur duvarlarına kadar uzanmaktadır. Su kemerleri olasılıkla, MS. 3. yüzyılda, kentin refah düzeyinin arttığı ve birçok imar faaliyetlerinin gerçekleştirildiği dönemde yapılmış olmalıdır.

Alanda bulunan ve Çizelge 9.1’ de anlatılan taş yapılar, oluşturulan ortomozaik görüntüden ve ihtiyaç halinde Google Earth Pro uydu görüntüsünden faydalanılarak sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılan taş yapıların yanı sıra Antik Kent alanı, Nekropol alanı, Akropol alanı da veri tabanı oluşturulurken belirlenmiştir. Alanda bulunan Nekropol Kilisesi, Küçük Hamam ve Mezarlar Şekil 8.28, Şekil 8.29 ve Şekil 8.30’da görülmektedir.



Şekil 8.28. Küçük Hamam

Antik kent alanlarında yapılan çalışmalarda, ortaya çıkan maddesel kültür varlıklarının her biri için ne zaman, kim tarafından, hangi amaçlarla yapıldığı gibi bilgilere erişilmesi ve resmi olarak kayıt altına alınarak yaygınlaştırılması süreci uzun yıllar alır. Bu noktada arkeolojik alanlar için veri tabanı tasarımı yapılırken ve kazı sürecinde elde edilen veriler depolanırken muhakkak depo alanlarının geniş tutulması ve tasarımın hassasiyetle yapılması gerekir. Arkeolojik alanlarda bulunan en küçük taş parçasından en büyük yapılara kadar her bir detay geçmişe ışık tutma konusunda büyük önem taşımakla birlikte, bu önemi tüm çalışma boyunca yaşatmak, doğru sonuçlara ulaşabilmenin en temel parametresidir.



Şekil 8.29. Nekropol Kilisesi



Şekil 8.30. Nekropol Alanındaki Mezarlar

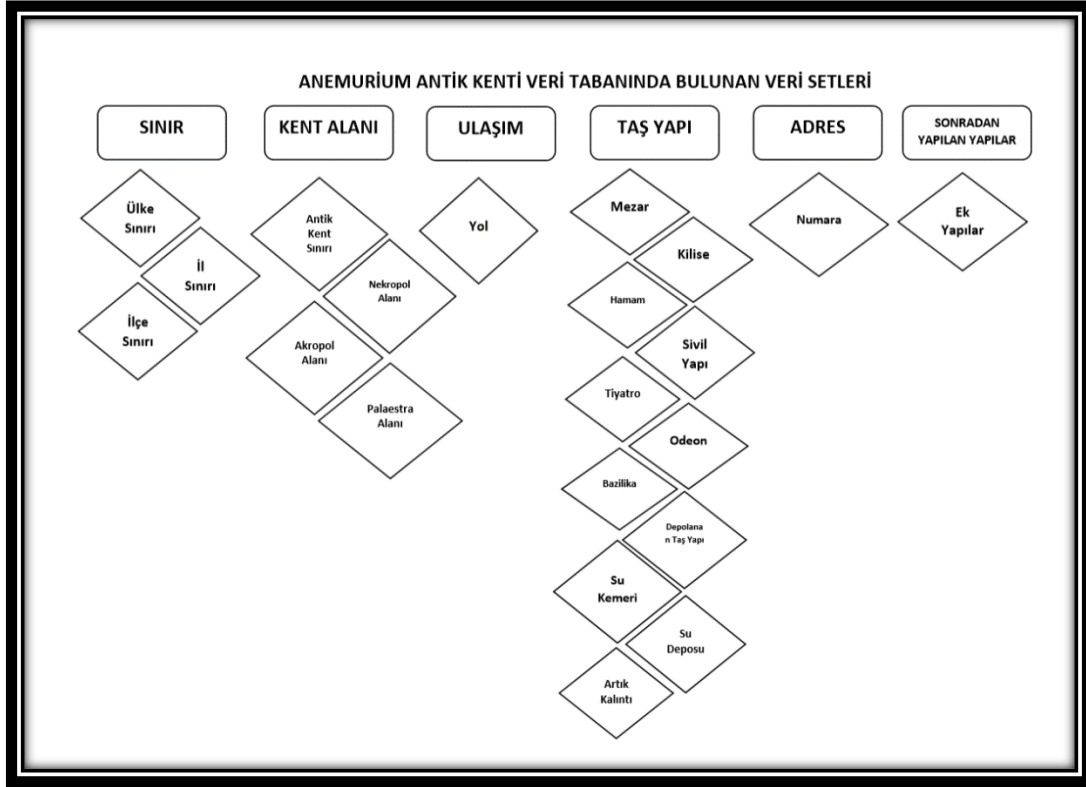
Üretilen ortomozaik görüntü incelendiğinde konum doğruluğunun yanı sıra 1/2.3” CMOS özellikli kamera ile yapılmış çalışmada çözünürlüğü de göz önünde bulundurulduğunda, alanda bulunan taş yapıların görünürlüğü envanter çalışması için uygun ve veri tabanı oluşumunda tüm taş yapıların (kültür mirası ya da sonradan yapılmış yapılar) sayısallaştırılması için yeterli bir görüntü kalitesine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Arazi çalışmaları boyunca ve üretilen ortomozaik görüntü incelendiğinde, yıkılan, tahrip olan, ciddi hasar gören, denize sıfır yakınlıkta ve henüz toprak altında bulunan

yapılarla karşılaşılmıştır. Bu noktada antik kent alanları için bir veri tabanı tasarımı yapıp taş yapıların envanterinin çıkarılması hem alanın korunması için hem de yönetilebilir olup turizme açılması için önemli bir aşama olacağı görülmektedir.

8.2.2. Veri Tabanı Tasarımı ve Bileşenlerin Üretimi

Veri tabanı tasarımı yapılmadan önce alandaki yapı çeşitliliği, bölgelere ayrılma sınırları, alandaki taş yapılara ait öznitelikler, antik kentin bağlı olduğu il, ilçe bilgileri, alana ait ortomozaik görüntü gibi ihtiyaç duyulan bilgiler araziden, genel ağdan ya da kendi ürettiğim ürünler ile tamamlandı. Bu noktada elde bulunan veriler değerlendirilerek kullanılabilir ve ilerleyen süreçte geliştirilebilir bir veri tabanı tasarlamak faydalı olacaktır. Öncelikle veri tabanının temelini oluşturan veri setleri oluşturulmuş, Taş Yapı, Ulaşım, Kent Alanı, Sınır, Adres ve Sonradan Yapılan Yapılar olmak üzere 6 başlık altında toplanmış ve oluşturulan veri setlerinin alt başlıkları olarak sınıflar oluşturulmuştur (Şekil 8.31). Bu sınıflara ait öznitelik bilgileri ayrı ayrı tablolarda tutulup, coğrafi bir veri ile sözel bilgilerinin aynı anda görüntülenebilmesi sağlanmıştır (Şekil 8.32, Şekil 8.33, Şekil 8.34). Her sınıfa ait farklı bilgilerin depolanacağı alanların uygunluğa göre kimisi ‘‘altküme’’ si olan ve veri tabanı tasarımında eklenen alt başlıklardan birinin seçilmesi zorunlu olan alanlar, kimisi ise kullanıcının talebine göre bilgilerin girildiği alanlardır. Alanda bulunan kültür mirası niteliği taşıyan ya da sonradan yapıp kültür mirası niteliği taşımayan tüm taş yapılar sayısallaştırılmış ve sınıfına göre ayrılmıştır. Antik kentin bağlı olduğu ülke, il, ilçe bilgileri sözel ve vektör olarak ArcGIS uygulama örneklerinden ve Harita Genel Müdürlüğünün web sitesinde indirilebilir olan bilgilerinden faydalanılarak üretilmiştir.



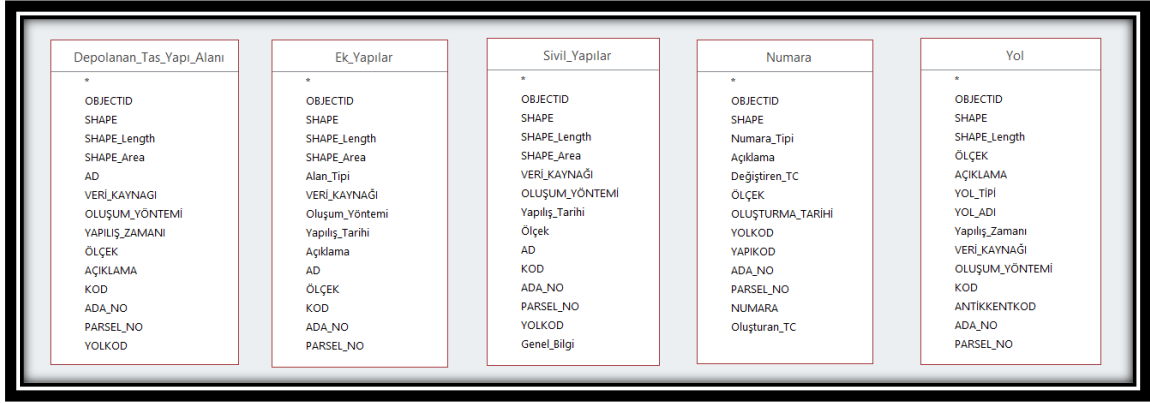
Şekil 8.31. Veri tabanı tasarımında oluşturulan veri setleri ve sınırları

Ülke_sınırı	İl_Sınırı	İlçe_Sınırı	Antik_Kent_Sınırı	Nekropol_Alanı	Akropol_Alanı	Palaestra_Alanı
* OBJECTID SHAPE SHAPE_Length SHAPE_Area OLUŞUM_YÖNTEMİ ÖLÇEK ULKE_ADI Açıklama AD VERI_KAYNAĞI KOD	* OBJECTID SHAPE SHAPE_Length SHAPE_Area VERI_KAYNAĞI OLUŞUM_YÖNTEMİ ÖLÇEK AD IL KOD ÜLKEKOD AÇIKLAMA	* OBJECTID SHAPE SHAPE_Length SHAPE_Area VERI_KAYNAĞI OLUŞUM_YÖNTEMİ ÖLÇEK AD Açıklama OLUŞUM_YÖNTEMİ KOD ÜLKEKOD	* OBJECTID SHAPE SHAPE_Length SHAPE_Area VERI_KAYNAĞI OLUŞUM_YÖNTEMİ ÖLÇEK AD Açıklama YAPILIŞ_ZAMANI KOD İLÇEKOD ADA_NO PARSEL_NO Genel_Bilgi	* OBJECTID SHAPE SHAPE_Length SHAPE_Area VERI_KAYNAĞI OLUŞUM_YÖNTEMİ ÖLÇEK AD Açıklama Yapılış_Zamanı KOD ANTIKKENTKOD İLÇEKOD ADA_NO PARSEL_NO Genel_Bilgi	* OBJECTID SHAPE SHAPE_Length SHAPE_Area VERI_KAYNAĞI OLUŞUM_YÖNTEMİ ÖLÇEK AD Açıklama Yapılış_Zamanı KOD ANTIKKENTKOD İLÇEKOD ADA_NO PARSEL_NO Genel_Bilgi	* OBJECTID SHAPE SHAPE_Length SHAPE_Area VERI_KAYNAĞI OLUŞUM_YÖNTEMİ ÖLÇEK YAPILIŞ_ZAMANI AD Açıklama KOD ADA_NO PARSEL_NO YOLKOD Genel_Bilgi

Şekil 8.32. Veri tabanı tasarımında oluşturulan sınıflar ve ilgili alanlar

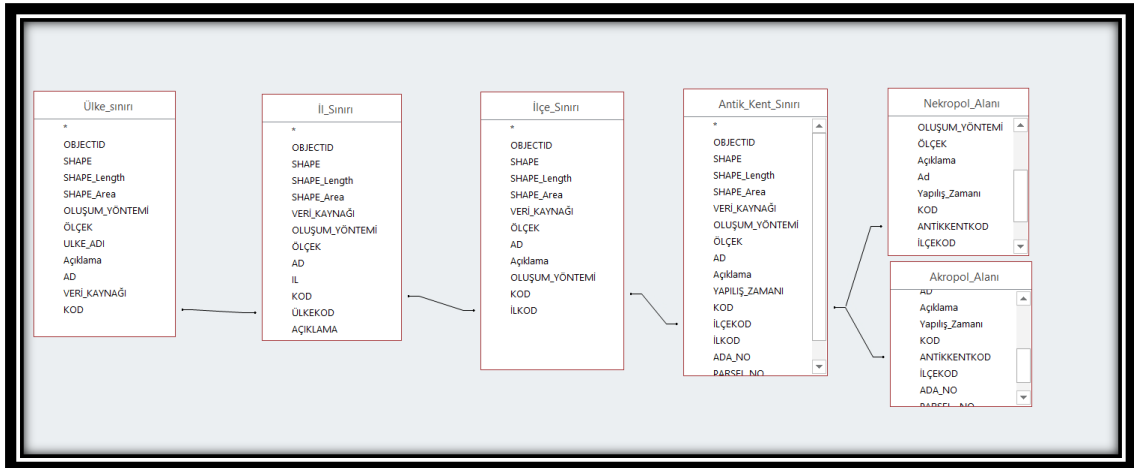
Tiyatro	Odeon	Kilise	Su_Deposu	Su_Kemerli	Artık_Kalıntılar	Mezar	Hamam	Bazilika
* OBJECTID SHAPE SHAPE_Length SHAPE_Area Yapılış_Zamanı VERI_KAYNAĞI OLUŞUM_YÖNTEMİ Ölçek Açıklama AD KOD ADA_NO PARSEL_NO YOLKOD Genel_Bilgi	* OBJECTID SHAPE SHAPE_Length SHAPE_Area VERI_KAYNAĞI OLUŞUM_YÖNTEMİ Ölçek AD AÇIKLAMA KOD ADA_NO PARSEL_NO YOLKOD Genel_Bilgi Yapılış_Zamanı	* OBJECTID SHAPE SHAPE_Length SHAPE_Area Kilise_Tipi AD VERI_KAYNAĞI OLUŞUM_YÖNTEMİ Ölçek AD AÇIKLAMA YAPILIŞ_ZAMANI AÇIKLAMA KOD ADA_NO PARSEL_NO YOLKOD Genel_Bilgi	* OBJECTID SHAPE SHAPE_Length SHAPE_Area VERI_KAYNAĞI OLUŞUM_YÖNTEMİ YAPILIŞ_ZAMANI Ölçek AD Açıklama KOD ADA_NO PARSEL_NO YOLKOD Genel_Bilgi	* OBJECTID SHAPE SHAPE_Length SHAPE_Area Yapılış_Zamanı AÇIKLAMA VERI_KAYNAĞI OLUŞUM_YÖNTEMİ AD Ölçek AÇIKLAMA KOD ADA_NO PARSEL_NO YOLKOD Genel_Bilgi	* OBJECTID SHAPE SHAPE_Length SHAPE_Area AD VERI_KAYNAĞI OLUŞUM_YÖNTEMİ Ölçek AD AÇIKLAMA KOD ADA_NO PARSEL_NO YOLKOD Genel_Bilgi	* OBJECTID SHAPE SHAPE_Length SHAPE_Area Hamam_Tipi AD Ölçek VERI_KAYNAĞI OLUŞUM_YÖNTEMİ YAPILIŞ_ZAMANI AÇIKLAMA KOD ADA_NO PARSEL_NO YOLKOD Genel_Bilgi	* OBJECTID SHAPE SHAPE_Length SHAPE_Area VERI_KAYNAĞI OLUŞUM_YÖNTEMİ Ölçek AD Açıklama KOD ADA_NO PARSEL_NO YOLKOD Genel_Bilgi	

Şekil 8.33. Veri tabanı tasarımında oluşturulan sınıflar ve ilgili alanlar

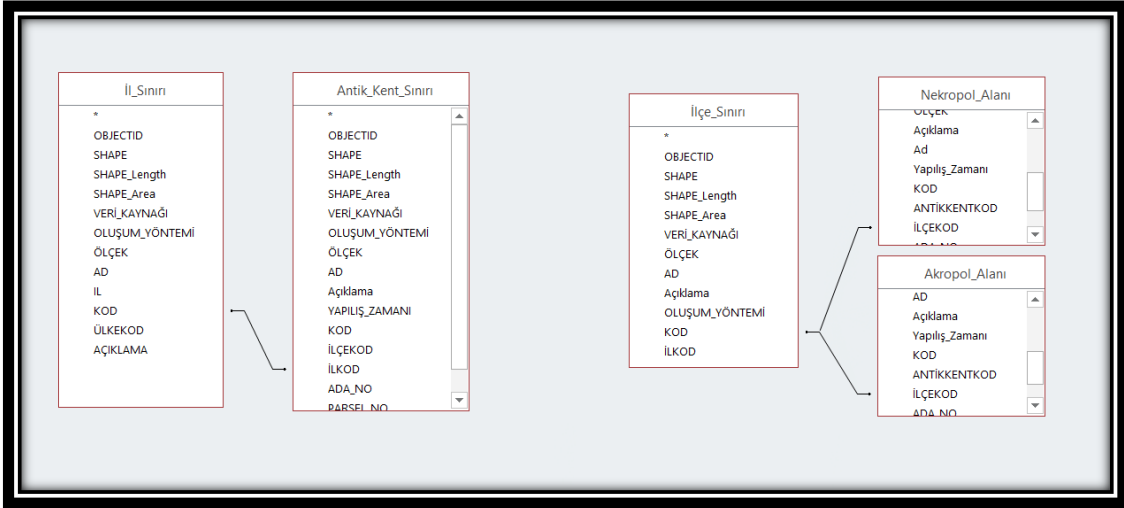


Şekil 8.34. Veri tabanı tasarımında oluşturulan sınıflar ve ilgili alanlar

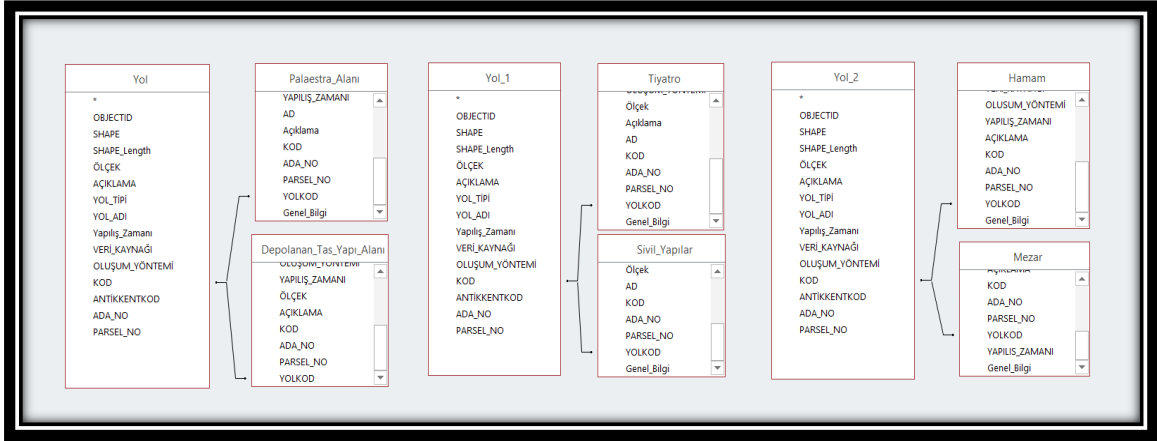
Veri tabanı tasarımı yapılırken ilişkisel veri tabanı mantığında tasarlanmış ve kullanışlı olması öncelikli göz önünde bulundurulmuştur. Ülke ile il, il ile ilçe, ilçe ile antik kent, yapı ile numara vb. gibi Şekil 8.35, Şekil 8.36, Şekil 8.37, Şekil 8.38, Şekil 8.39, Şekil 8.40 ve Şekil 8.41’de gösterilen ilişkiler kurulmuştur. Örneğin; Ülke katmanının ‘Kod’ alanındaki değerden İl katmanının ‘ÜlkeKod’ alanındaki değere giderek ilişkili olduğu görülür. Aynı şekilde Antik Kent Alanı katmanında bulunan ‘Kod’ alanı değeri ile Nekropol alanı katmanının ‘AntikKentKod’ değeri aynı ise ilişkili olduğunu gösterir ve doğrudan bağlantılıdır.



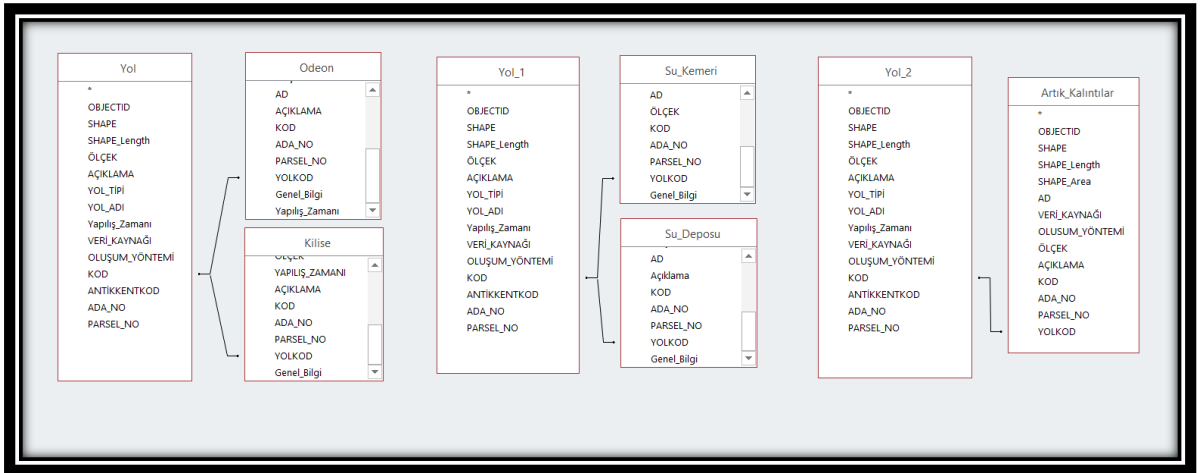
Şekil 8.35. Ülke, İl, İlçe, Antik Kent, Nekropol Alanı ve Akropol Alanı katmanlarının ilişkisel gösterimi



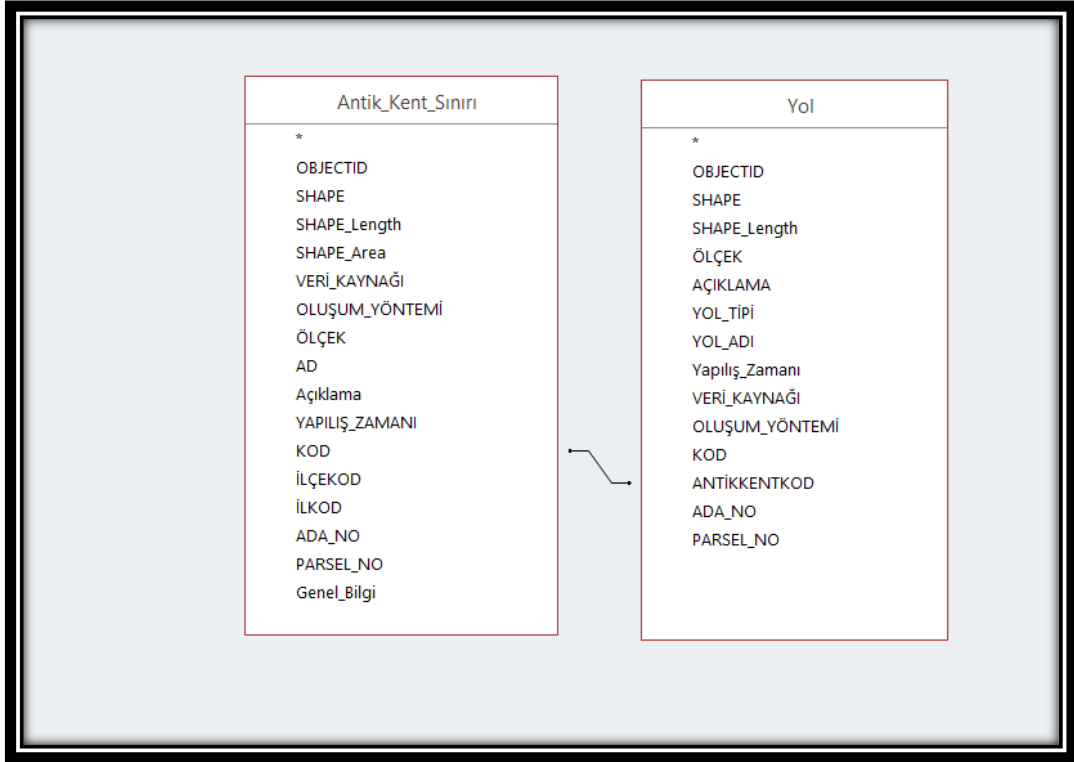
Şekil 8.36. İl ile Antik Kent ve İlçe ile Nekropol/Akropol Alanı katmanlarının ilişkisel gösterimi



Şekil 8.37. Yol bileşeninin ilişkili olduğu taş yapılar (1)

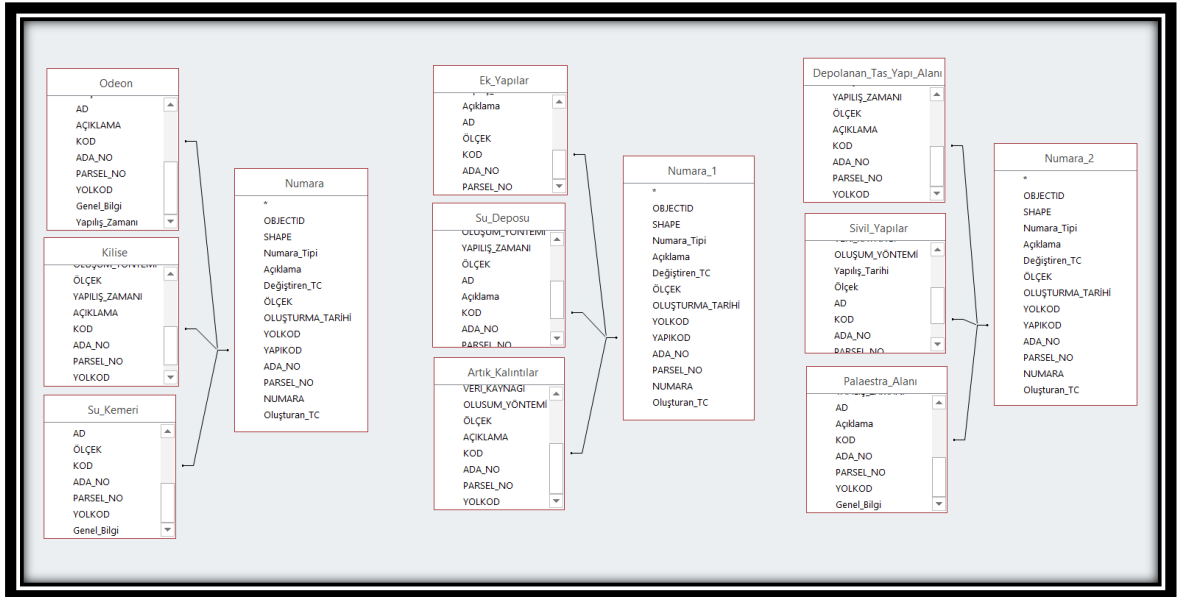


Şekil 8.38. Yol bileşeninin ilişkili olduğu taş yapılar (2)

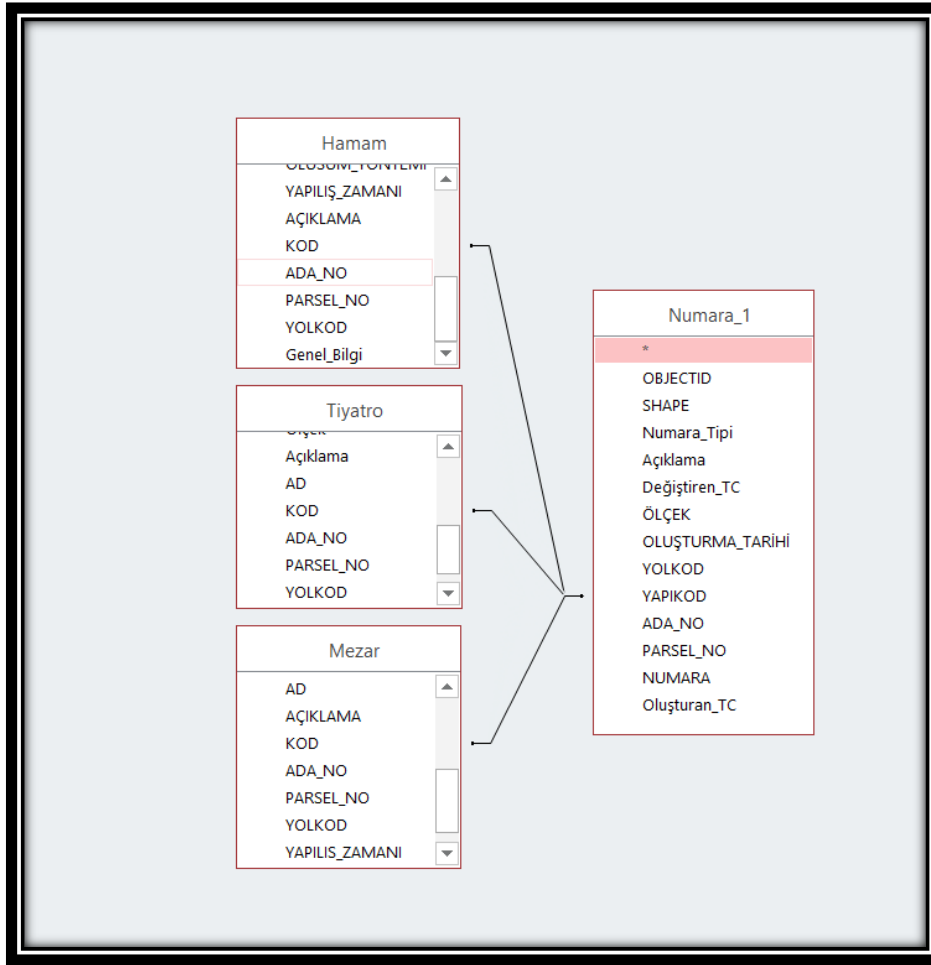


Şekil 8.39. Antik kent ile yol ilişkisi gösterimi

Bunlara ek olarak adres niteliği taşıması ve herhangi bir sebeple aranan taş yapının en seri şekilde tespitinin yapılabilmesi hedefiyle her taş yapıya ait 1 adet eşsiz adres değeri verilmiş ve ilgili yapı ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 8.40 ve Şekil 8.41). Bu değerler veri sınıfları temel alınarak farklı şekillerde tasarlanmıştır (Çizelge 9.2)



Şekil 8.40. Adres niteliği taşıyan Numara bileşenin taş yapılar ile ilişkisinin gösterimi (1)



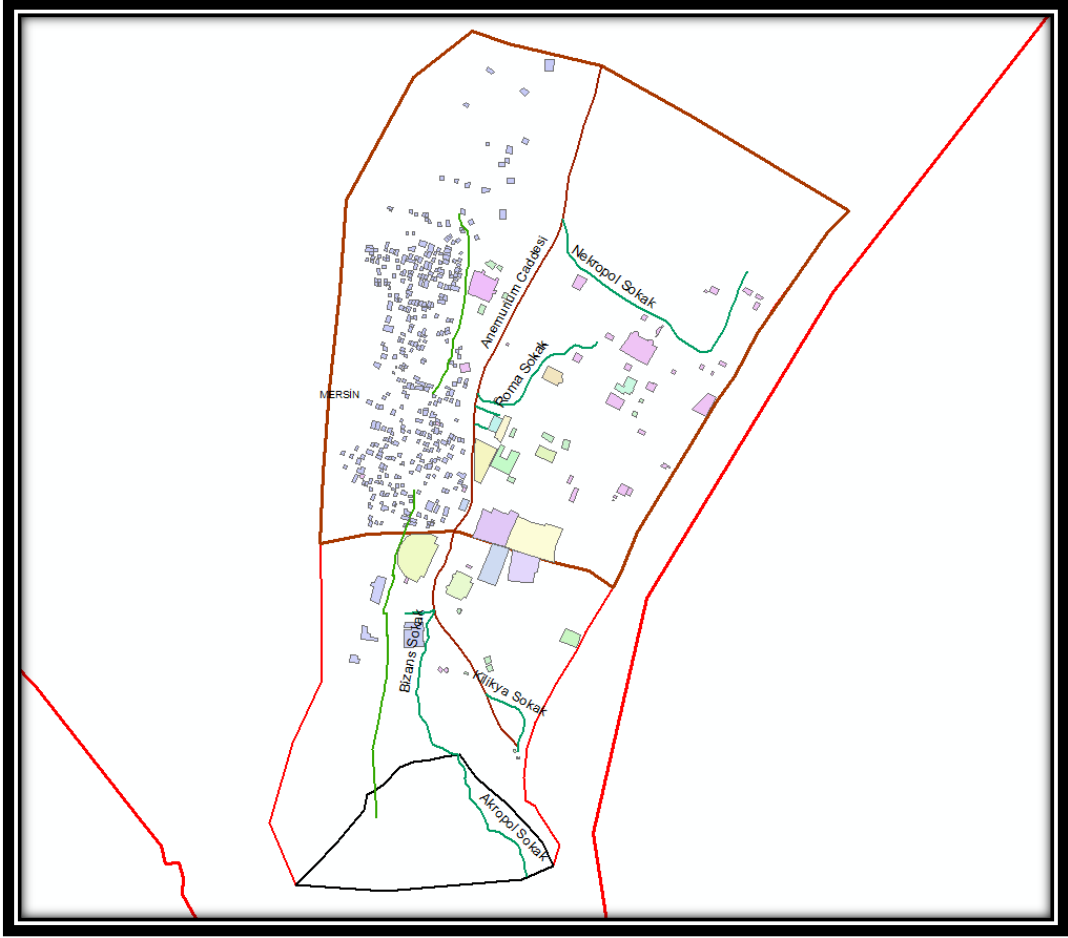
Şekil 8.41. Adres niteliği taşıyan numara bileşenin taş yapılar ile ilişkisinin gösterimi (2)

Çizelge 9.2. Adres niteliği olan Numara bileşenin farklı tiplerinin adlandırılması

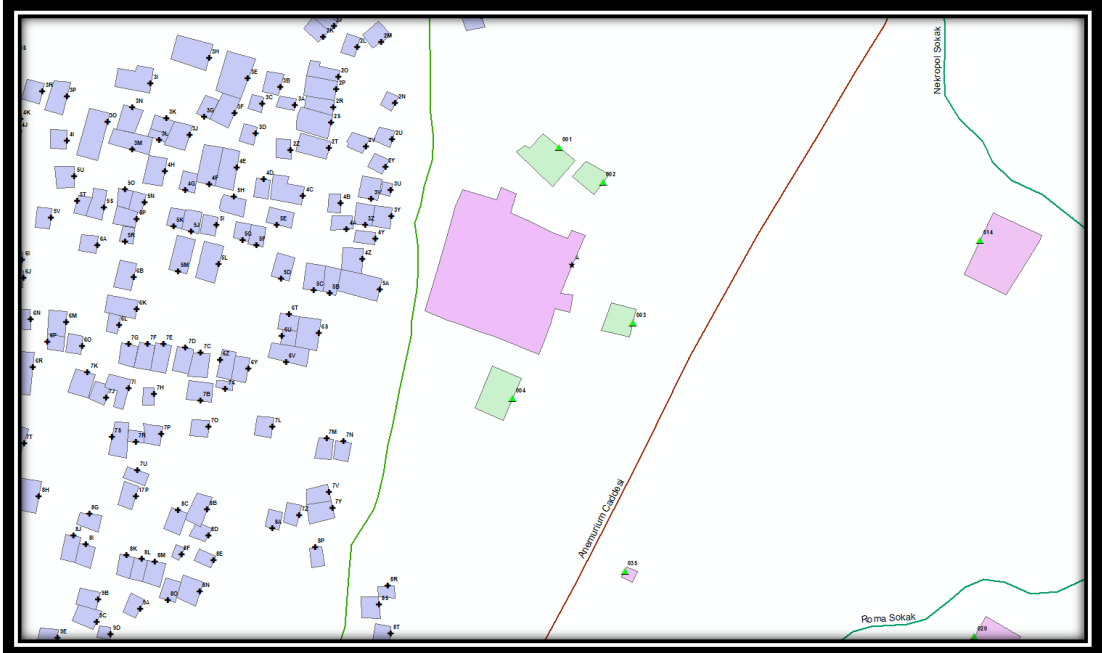
Numara Tipi	Adlandırma Yöntemi	Örnek	Açıklama
BAZİLİKA GİRİŞİ	(Harf) + (/) + (Sayma Sayısı)	A/1,A/2,A/3... B/1,B/2,B/3,B/4...	Alfabetik sırayla bir harf ve yanına taksim / işareti ve sayma sayıları sırayla getirilerek adlandırılır.
KİLİSE GİRİŞİ	(Harf)	A,B,C,D...	Alfabetik sıraya göre yalnızca bir harf olarak adlandırılır.
HAMAM GİRİŞİ	(Sayma Sayısı)	1,2,3,4...	Sayma sayılarından 1'den başlayarak devam eder ve doğrudan tek bir sayma sayısı ile adlandırılır.
MEZAR GİRİŞİ	(Sayma Sayısı)+ (Harf)	1A,1B,1C... 2A,2B,2C,2D...	1'den başlayarak yanına bir harf olarak devam eder. Alfabedeki tüm harfler kullanılır ve tamamlandığında yeni sayma sayısı ile isimlendirme aynen devam eder.

ODEON GİRİŞİ	(Sayma Sayı)+ (-) + (Harf)	1-A, 1-B, 1-C... 2-A, 2-B,2-C...	Sayma sayılarından sırasıyla başlar ve yanına kısa çizgi – alır, ardından alfabetik sıraya göre harf olarak adlandırılır.
PALAESTRA GİRİŞİ	(Sayma Sayısı) + (/) + (Harf)	1/A,1/B,1/C... 2/A,2/B,2/C...	Sayma sayılarından sırasıyla başlar ve yanına kısa taksim / alır, ardından alfabetik sıraya göre harf olarak adlandırılır.
SİVİL YAPI GİRİŞİ	(Sayma sayısı)+ (/) + (Sayma Sayısı)	1/1, 1/2, 1/3... 2/1, 2/2, 2/3...	Sırayla sayma sayılarının yanına bir taksim / işareti ve yeni bir sayma sayısı ekleyerek adlandırılır.
SU DEPOSU GİRİŞİ	(Harf) + (Sayma Sayısı)	A1, A2,A3,A4... B1,B2,B3...	Alfabetik sıraya göre önce harf ve yanına direkt sayma sayılarına alarak adlandırılır.
TİYATRO GİRİŞİ	(Sayma Sayısı) + (-) + (Sayma Sayısı)	1-2,1-3,1-4... 2-3,2-4,2-5...	Sırasıyla sayma sayısının yanına bir kısa çizgi – ve ardından kendisiyle aynı olmayan bir sayma sayısı daha eklenerek adlandırılır.
DİĞER GİRİŞ	(0)+ (Sayma sayısı)	01,02,03... 001,002,003... 0001,0002,0003...	Sıfır (0) değerini öncelikle alır, yanına sırayla sayma sayılarını alır. Artık Kalıntılar için başında 1 adet 0, Depolanmış taş yapılar için başında 2 adet 0 ve Ek yapılar için başında 3 adet 0 bulundurarak adlandırılır.

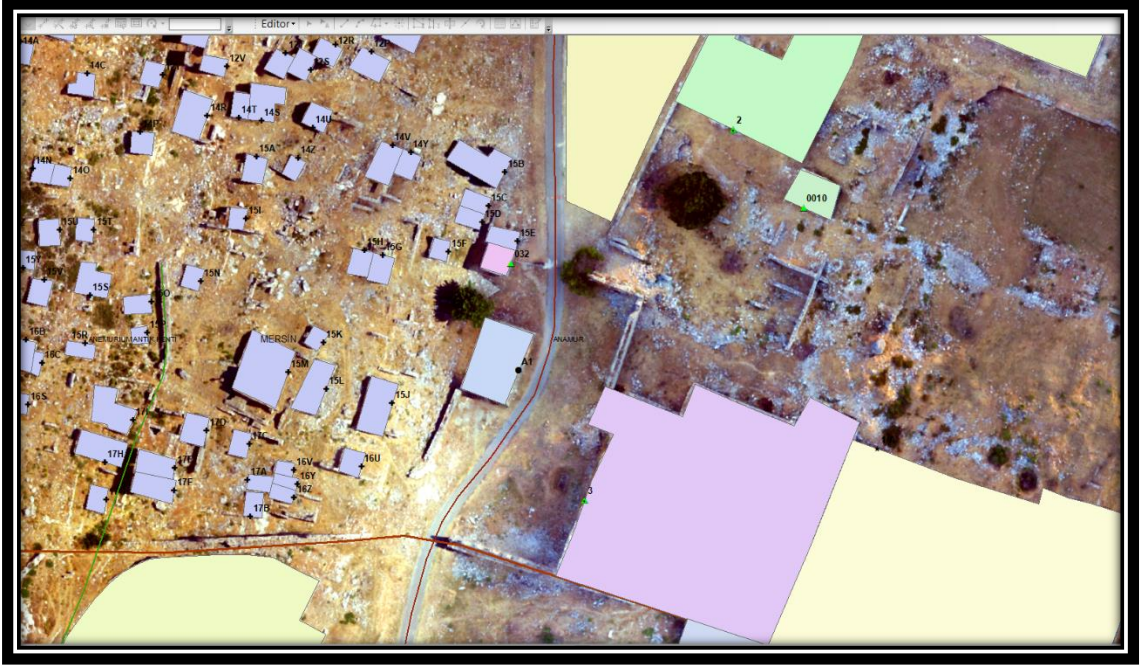
Veri tabanı tasarımının tamamlanmasının ardından Anemurium Antik Kent alanındaki kültürel miras niteliği taşıyan ya da taşımayan tüm taş yapıların, il, ilçe, ülke sınırlarının, Antik kent alanının, Nekropol ve Akropol alanlarının sayısallaştırılması yapılmıştır ve mensubu olduğu sınıfa yerleştirilmiştir. Bu bileşenler oluşturulmuş iken geometrik hassasiyete özen gösterilmiş ve Şekil 8.42, Şekil 8.43 ve Şekil 8.44, Şekil 8.45 ve Şekil 8.46’da görüldüğü gibi üretilmiştir.



Şekil 8.44. Antik Kent alanının, yolların ve taş yapıların sayısallaştırılmış hali



Şekil 8.45. Tüm taş yapılara adres niteliğinde eşsiz değer atanması



Şekil 8.46. Üretilen ortofotodan faydalanarak sayısallaştırma işlemi örneği

Tüm katmanlara ait açıklama alanları, genel bilgi metinleri, hangi ölçekte üretildiği, inşa edilmiş tarihi, verinin nereden üretildiği, oluşum yönteminin ne olduğu, ada ve parsel bilgileri manuel olarak girilmiştir. Antik kent alanında;

1. Veri Kaynağı
2. Oluşum Yöntemi
3. Ölçek
4. Kilise Tipi
5. Numara Tipi
6. Hamam Tipi
7. Alan Tipi (Ek yapılar katmanı için)
8. Yol Tipi

alanlarının her birinin kendine özgü alt kümeleri vardır ve kullanıcı yalnızca bu alt kümelerden birini seçmek durumundadır. Çizelge 9.3 'te alt kümelere sahip alanların isimleri ve alt başlıkları yer almaktadır.

Çizelge 9.3. Alt Kümelere sahip alanlar ve seçenekleri

KOD	VERİ KAYNAĞI	OLUŞUM YÖNTEMİ	ÖLÇEK	KİLİSE TİPİ	NUMARA TİPİ	HAMAM TİPİ	ALAN TİPİ	YOL TİPİ
1	Harita Genel Müdürlüğünden Alınan Veri	Ortofotodan Sayısallaştırma	1/100	Hazine Kilisesi	Hamam Girişi	Büyük Hamam	Konaklanacak Alan	Araç Yolu
2	Uydu Görüntüsünden Alınan Veri	Google Uydu Görüntüsünden Sayısallaştırma	1/200	Aposteles Kilisesi	Kilise Girişi	Küçük Hamam	Cafe/Restoran	Yaya Yolu
3	Üretilen Ortofotodan Alınan Veri	Bing Uydu Görüntüsünden Sayısallaştırma	1/300	Nekropol Kilisesi	Sivil Yapı Girişi	Halk Hamamı	Otopark	
4	Yetkili Kurumdan Alınan Veri	Üretilen Ortofotodan Sayısallaştırma (27.06.2019)	1/500	III 10 C Kilisesi	Tiyatro Girişi	II 11 II Hamamı	Çeşme	
5	Sahadan Direkt Toplanan Veri	GPS Tekniği İle Üretim	1/700		Su Deposu Girişi	III 5 Hamamı	Bahçe	
6	Diğer	Serbest Üretim	1/800		Mezar Girişi		Diğer	
7		Diğer	1/1000		Odeon Girişi			
8			1/1500		Bazilika Girişi			
9			1/2000		Palaestra Girişi			
10					Diğer Giriş			

Yukarıda belirtilen alanlardan veri kaynağı ve oluşum yöntemine örnek olarak; Şekil 8.47’de görülen mezar örneği Phantom-3 İHA ile üretilen ortofoto üzerinden sayısallaştırılırken, Şekil 8.48’te görülen mezar örneği Bing uydu görüntüsünden sayısallaştırılmıştır ve bu doğrultuda Veri Kaynağı/Oluşum Yöntemi alanları girilmiştir.



Şekil 8.47. Üretilen Ortofotodan faydalanarak sayısallaştırılan mezar örnekleri



Şekil 8.48. Bing uydu görüntüsünden faydalanarak sayısallaştırılan mezar örnekleri

Sonuç olarak, arazi ve ofis çalışmalarının ardından; İnsansız Hava Aracı (İHA) yardımıyla Anemurium Antik Kent alanının ortomozaik görüntüsü, sayısal yükseklik modeli, 3B görüntüsü üretilerek bu veriler coğrafi bilgi sistemleri için oluşturulan veri setlerinin belirlenmesinde ve sayısallaştırma işlemlerinde altlık olarak kullanılarak ilişkisel veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanına, ek olarak adres niteliği taşıyan eşsiz değerler atanarak tespit ve takip edilebilirliği mümkün hale getirilmiştir. İHA ile temassız, maliyeti düşük ve hızlı bir şekilde üretilen altlıkların kullanılması ve ilişkisel

bir veri tabanı oluşturularak alandaki tüm kültürel mirasın kayıt altına alınıp sınırların belirlenmesi, Anadolu ve Dünya Arkeolojisi için önemli bir adım olmuştur.

9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan uygulama ve kaynak araştırması neticesinde, İnsansız Hava Aracı (İHA) platformlarının günümüzde inceleme, gözetim, haritalama, kayıt altına alma, 3B modelleme vb. gibi çalışmalara kaynak olmasının yanı sıra arkeolojik alanlarda da kullanılabilirliği anlaşılmıştır. Arkeolojik alanlarda kültür miraslarının kayıt altına alınması ve kayıt altına alınan mirasın sürdürülebilir bir sistem haline getirilmesinin; geleceğe ışık tutan tarihi korumak, geleceğe aktarmak, turizme katkı sağlamak ve arkeolojik diğer çalışmalara altlık oluşturmak gibi birçok duruma fayda sağlayacağı anlaşılmıştır.

Anemurium Antik Kent alanında ülke, il, ilçe, antik kent gibi sınırlar oluşturulmuş, antik kent alanındaki tüm kültür mirası ve kültür mirası olmayan taş yapıların sayısallaştırılması yapılmış ve bunun için veri setleri oluşturulmuş, ihtiyaca göre alt kümeler belirlenmiş ve üretilen her katman için adres niteliğinde ve kendi içinde uyumlu değerler atanmış, sistemin kullanılabilir olması sağlanmıştır. Çalışma kapsamında 1 adet ülke, 81 adet il, Mersin iline ait 13 ilçe, 1 antik kent alanı, 1 Nekropol Alanı, 1 Akropol Alanı, 10 adet yol, 383 adet mezar, 38 artık kalıntı, 14 depolanan taş yapı, 5 hamam ve 5 ek yapı, 4 kilise, 3 sivil yapı, 2 su kemeri, 1'er adet tiyatro, bazilika, odeon, su deposu, palaestra alanı ve 457 adet adres niteliği taşıyan numara oluşturulmuştur (Şekil 9.1). Her bir veri seti için adres niteliği olan değerler kendi içinde belli bir uyumla adlandırılmış ve sistemin düzenli, kolay tespit edilebilir olması sağlanmıştır. Bu çalışma ile hem antik kent alanında İHA yardımıyla hızlı ve düşük maliyetli ortofoto üretimi sağlanmış hem de üretilen görüntüyü kullanıp sayısallaştırma yaparak CBS için ilişkisel bir veri tabanı oluşturulmuştur. Böylelikle antik kent alanının kayıt altına alınması, korunması, planlanması, turizme elverişli hale getirilmesi, adres tanımlamasının yapılması ve birçok çalışmaya altlık oluşturması sağlanmış oldu.

ANEMURIUM ANTİK KENT ALANI İÇİN OLUŞTURULAN VERİ TABANI İÇERİSİNDE BULUNAN KATMANLAR VE SAYILARI		
KATMAN ADI	SAYISI	AÇIKLAMA
ÜLKE	1	HGM'den indirilebilen ülke sınırı ve ArcGIS eğitim seti uygulamalarından faydalanılarak ülke sınırı üretilmiştir.
İL	81	HGM'den indirilebilen il sınırı ve ArcGIS eğitim seti uygulamalarından faydalanılarak 81 il sınırı üretilmiştir.
İLÇE	13	HGM'den indirilebilen ilçe sınırı ve ArcGIS eğitim seti uygulamalarından faydalanılarak Mersin iline ait 13 ilçe sınırı üretilmiştir.
ANTİK KENT ALANI	1	Üretilen ortomozaik verisinden ve Bing görüntüsünden faydalanılarak Anemurium Antik Kent Alanı oluşturulmuştur.
NEKROPOL ALANI	1	Üretilen ortomozaik verisinden ve Bing görüntüsünden faydalanılarak Nekropol Alanı oluşturulmuştur.
AKROPOL ALANI	1	Üretilen ortomozaik verisinden ve Bing görüntüsünden faydalanılarak Akropol Alanı oluşturulmuştur.
YOL	10	Üretilen ortomozaik verisinden faydalanılarak Yol verisi (yaya/araç) üretilmiştir.
MEZAR	383	Üretilen ortomozaik verisinden faydalanılarak Nekropol alanında bulunan Mezar verileri üretilmiştir.
ARTIK KALINTI	38	Üretilen ortomozaik verisinden faydalanılarak alanda bulunan Artık Kalıntı (diğer yapıların artığı olan ve artığı olduğu yapıyla herhangi bir bağlantısı kalmamış taş yapılar) verileri üretilmiştir.
DEPOLANAN TAŞ YAPI	14	Üretilen ortomozaik verisinden faydalanılarak Depolanan Taş Yapı (yenileme ve temizlik sürecinde çıkan taşların biriktirildiği küçük alanlar) verileri üretilmiştir.
HAMAM	5	Üretilen ortomozaik verisinden faydalanılarak alandaki Hamam verileri üretilmiştir.
EK YAPI	5	Üretilen ortomozaik verisinden faydalanılarak alandaki Ek Yapılar (Antik Kent alanına sonradan yapılmış ve tarihi değeri olmayan yapılar) verileri üretilmiştir.
KİLİSE	4	Üretilen ortomozaik verisinden faydalanılarak alanda bulunan 4 tipte Kilise verileri üretilmiştir.
SİVİL YAPI	3	Üretilen ortomozaik verisinden faydalanılarak alandaki Sivil Yapı verileri oluşturulmuştur.
SU KEMERİ	2	Üretilen ortomozaik verisinden faydalanılarak alanda 2 farklı parça şeklinde bulunan Su Kemerleri verileri oluşturulmuştur.
TİYATRO	1	Üretilen ortomozaik verisinden faydalanılarak alandaki Tiyatro verisi oluşturulmuştur.
ODEON	1	Üretilen ortomozaik verisinden faydalanılarak alandaki Odeon verisi oluşturulmuştur.
BAZİLİKA	1	Üretilen ortomozaik verisinden faydalanılarak alandaki Bazilika verisi oluşturulmuştur.
SU DEPOSU	1	Üretilen ortomozaik verisinden faydalanılarak alandaki Su Deposu verisi oluşturulmuştur.
PALAEŞTRA ALANI	1	Üretilen ortomozaik verisinden faydalanılarak alandaki Palaestra Alanı verisi oluşturulmuştur.
NUMARA	457	Oluşturulan tüm taş yapılara adres niteliğinde, her bir katman için farklı tasarıma sahip ve yapı cephesine birer numara oluşturulmuştur.

Şekil 9.1. Ortofoto üzerinden sayısallaştırılan tüm katmanlar

Arkeolojik alanda İnsansız Hava Aracı kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemleri için veri tabanı oluşturulan çalışma sonucunda elde edilen verilere hız, zaman, maliyet, sürdürülebilirlik, hassasiyet gibi parametreler göz önünde bulundurularak bakıldığında

arkeolojik alanlarda belgeleme, kayıt altına alma, koruma, turizm, takip ve tespit çalışmalarına büyük fayda sağlayacağı anlaşılmıştır. Geçmişten bugüne kadar yaşamış kültür miraslarını bundan sonraki nesillere de bozulmadan, teknolojiyle uyumlu çalışmalar yaparak ve coğrafi/sözel bilgilerin doğru şekilde aktarımının sağlanabilmesi için coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması ve sistemin oluşturulmasında temassızlık, düşük maliyet, hassasiyet ve hız kriterleri göz önünde bulundurularak İHA'lerden faydalanılmasının büyük önem taşıdığı anlaşılmıştır. Anemurium Antik Kent'te yapılan çalışmanın yukarıda bahsedildiği gibi birçok fayda sağlaması göz önünde bulundurularak ülkemizde ve dünyada bulunan antik kent alanlarında uygulanmasının, Anadolu ve Dünya arkeolojisi için faydalı bir çalışma olacağı değerlendirilmiştir.

Çalışma sonucunda hassas koordinat bilgisinden dolayı taş yapıların çıkarılmasında İHA'ların kullanılabilir araçlar olduğu ve maddesel kültür varlıklarının belgelenmesi çalışmalarında gerekli altlık verilerin üretilmesi için uygun platform oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Arkeolojik alanda İHA ile yapılan bu envanter ve veri tabanı tasarımı çalışmasında, 60 m yükseklikten uçuş yapılarak X, Y, Z konum hassasiyetlerinin 10 cm değerinin altında ortomozaik görüntü elde edilerek birçok çalışma için dijital altlık oluşturulmuş, gelecekte tüm arkeolojik alanlarda benzer haritalama çalışmaları yapılmasının faydalı olacağı ve her taş yapı için ayrı ayrı detaylı inceleme ihtiyacı durumunda farklı veri üretim yöntemlerin kullanılabilceği değerlendirilmiştir.

10. KAYNAKLAR

- Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M., Akay, A. E., Gülci, S., Öztürk, T., 2016, İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 2016, 66(1): 104-118, İstanbul.
- Allan, J, 1996, The Next Generation of Remote Sensing Satellites1, Bildirisi 3 üncü ARC / INFO ve ERDAS Kullanıcıları Grubu Toplantısı,1996, Ankara.
- Anonim, 1983, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, Kanun numarası: 2863, Cilt: 22 Sayfa: 444.
- Anonim, Tutorial; Orthomosaic and DEM Generation with Agisoft PhotoScan Pro 1.3 (with Ground Control Points).
- Antenucci, J. C., Brown, K., Groswell, P. L., Kevany, J. and Archer, H., 1991, Geographical Information Systems: A Guide to the Technology, *International Journal of Remote Sensing*, Volume 16, 1995 - Issue 3.
- Arias, V., 2013, Application of GIS and Spatial Data Modeling to Archaeology: A Case Study in the American Southwest, *University of New Mexico UNM Digital Repository*, 2013, , New Mexico.
- Avdan, U., Gülşen, F. F., Erginçan, f., Çömert, R., 2014, Arkeolojik alanlarda taş yapılarının çıkarılmasında insansız hava araçlarının kullanılması (Anavarza örneği), HKMO Mühendislik HKMO Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 7. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 15-17 Ekim 2014, Hitit Üniversitesi, Çorum.
- Avdan, U., Şenkal, E., ve Çömert, R., 2014, İnsansız hava aracı ile oluşturulan verilerin doğruluk analizi, *V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*, 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
- Aydınoglu, A. Ç., 2018, Coğrafi Bilgi Sistemleri, *Arkeolojik Çalışmalarda Harita ve Geoinformasyon Teknolojilerinin Kullanımı Semineri*, Ekim-2018, Aydın.
- Batuk, G., 1996, Veriden bilgiye: coğrafi bilgi sistemleri, *Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 1996, İstanbul.
- Bischoff, B.S., et al., 2002, OpenMesh—a generic and efficient polygon mesh data structure, *In OpenSG Symposium*.
- Bitelli, G., Girelli, V. A., Tini, M. A., and Vittuari L., 2005, Integration of Geomatic Techniques for Quick and Rigorous Surveying of Cultural Heritage, *XX CIPA International Symposium*, 26 September-1 October, Torino, Italy.
- Colomina, I., P. Molina (2014), Unmanned Aerial System for Photogrammetry and Remote Sensing, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, June, 2014.

- Conolly, J. ve Lake, M., 2006. Geographic Information Systems in Archaeology, *Putting GIS to Work in Archaeology*, Syf: 33-50, Cambridge University Press, 2006, Cambridge.
- Cryderman, C, A. Shufletoski, 2015, Evaluation of UAV Photogrammetric Accuracy for Mapping and Earthworks Computations, *Geomatica* Vol. 68, No. 4, 2014 pp. 309 to 317.
- Çelik, R. N., Güney, C., 2002, İnternet Ortamında Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamaları, *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu*, 16-18 Ekim, Konya.
- Çömert, R., Avdan, U., Şenkal, E., 2012, İnsansız hava araçlarının kullanım alanları ve gelecekteki beklentiler, *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012)*, 16-19 Ekim 2012, Zonguldak.
- Draeyer, B., Strecha, C., 2014, White paper: How accurate are UAV surveying methods? *Pix4D White paper*, February 2014.
- Duran, Z. ve Toz, G., 2007, Tarihi Eserlerin Fotogrametrik Olarak Belgelenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemine Aktarılması, *İTÜ Dergisi*, Cilt:2, Sayı:6, Syf:19-23.
- Eisenbeiss, H., 2003, Positions und orientierungsbestimmung eines autonomen helikopters-vergleich zwischen direkter georeferenzierung und aerotriangulation mit videobilddaten, Diploma Thesis, *Institute for Photogrammetry and remote sensing*, University of Technology, 2003, Dresden, Germany.
- Eisenbeiss, H., 2009, UAV Photogrammetry, *ETH Zurich for the degree of Doctor of Science*, ISSN 0252-9335, ISBN: 978-3-906467-86-3, Zurich, Switzerland.
- Girişken, M. U., 2007, Location Based Systems: Case Study SISNAv, Lisans Tezi, *İTÜ İnşaat Fakültesi*, Ağustos, İstanbul.
- Girişken, M. U., 2010, Türkiye’de kültürel mirasın korunmasında yaşanan sorunlar ve jeodezik yaklaşımlar, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2010, İstanbul.
- Gruen, A., Remondino, F., and Zhang, L., 2004, The Bamiyan Valley: Landscape Modeling for Cultural Heritage Visualization and Documentation, *International Workshop on Processing and Visualization using High-Resolution Images*, ISPRS Commission V, Work Group VI, Technical Session, Documentation and Visualization of Cultural Heritage, Pitsanulok, 18-20 November, Thailand.
- Guo, Y., et al., 2015, An Integrated Framework for 3-D Modeling, Object Detection, and Pose Estimation From Point-Clouds. *Instrumentation and Measurement*, IEEE Transactions, 64, 683-693.
- Güleç, Ö., Tokat, S., Akyol, E., Söğüt, B., Alkan, M., 2015, Tarihi Yerleşim ve Arkeolojik Yapı Bilgi Sistemi: Denizli İli Örneği, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15 (2015) 035102 (12-20).

- Gümüş, M. G., 2016, Arkeolojik Uygulamalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yoluyla Mekana yönelik analizler: Knidos Arkeolojik Alan Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Gürbüz, G., Özener, H. ve Özyar, A., 2003, Tarsus Gözlükule 2001 Yılı Enterdisipliner Araştırmaları, 20. Araştırma Sonuçları Toplantısı, T.C. Kültür Bakanlığı, *Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü Yayını*, Ankara.
- İncekara, S., Karakuyu, M., Karaburun, A., 2009, Ortaöğretim coğrafya derslerinde yaparak öğrenmeye bir örnek: coğrafi bilgi sistemlerinin proje temelli öğrenimde kullanılması, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi* Cilt 8, Sayı 30, 305-322, 2009.
- Jensen, J. R., 2000, Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. Prentice Hall, Saddle River, *Journal of Geographic Information System*, Vol:6 No:4.
- Jones, C., 1997, Geographical Information Systems (GIS) and Computer Cartography, 1997, London.
- Kahveci, M., Can, N., 2017, İnsansız hava araçları: tarihçesi, tanımı, dünyada ve Türkiye'deki yasal durumu, *S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg.*, c.5, s.4, ss. 511-535, 2017, Konya.
- Keleş, A., 2009, Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanarak Osmaniye ili kültür varlıkları veri tabanının oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2009, Adana.
- Kılıç, F., 2012, Fotogrametri Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Koç, A. ve Yener, H. 2001, Uzaktan Algılama Verileriyle İstanbul Çevresi Ormanlarının Alansal ve Yapısal Değişikliklerinin Saptanması, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri:A, Cilt:51, Sayı:2, İstanbul.
- Kurum, E., 1997, Coğrafi Bilgi Sistemleri (Ders Notları), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 1997, Ankara.
- Lambers, K. ve Remondino, F., 2010, Optical 3D Measurement Techniques in Archaeology: Recent Developments and Applications.
- Levent, M. A., 2009, Arkeolojik araştırmalarda coğrafi bilgi sistemleri ile veritabanı tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2009, İstanbul.
- Moscato, P., 1998, GIS applications in Italian archaeology, *Archeologia e Calcolatori* 9, 1998, 191-236 Roma, Italian,
- Moullou, D., Mavromati, D., Tsingas, V., et al., 2008, Recording, Modeling, Visualisation and GIS Applications Development for the Acropolis of Athens, ISPRS Commission V Special Session, *Recording and documenting the Acropolis*

of Athens -From classical ancient Greece to modern Olympics, Beijing, 3-11 July, China.

- Mutlu, F., 2018, İnsansız hava aracı kullanılarak Anadolu yaban koyunlarının popülasyonunun belirlenmesi ve yoğunluk haritalarının üretilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2018, Konya.
- Müller, H., 2010, Spatial Information Technology for the Archaeological Research Area of the Ancient City Tavium, 2010, Central Anatolia.
- Önder, F. F., 1986, Hava fotoğrafları ve özellikleri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü-TÜBİTAK-TUFUAB Uzaktan Algılama Lisansüstü Yaz Okulu, 130-137, 1986, Adana.
- Özbalımcı, M., 2006, Fotogrametrik yöntemle ortofoto harita üretiminin temel esasları, ortofotonun yararları ve kullanım alanları, *Harita Genel Komutanlığı, Fotogrametri Dairesi Başkanlığı*, Ankara.
- Özyavuz, M., 2002, Coğrafi bilgi sistemleri ve peyzaj mimarlığında kullanımı, *Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, B serisi cilt 3, No:1, 61-68, 2002, Edirne.
- Parlak, İ. H., 2016, Archaeosys: an archaeological data management system, Master of Science in Computer Engineering, *Dokuz Eylül University Graduate School of Natural and Applied Sciences*, 2016, İzmir.
- Pişkin, G., 2011, Aliğa ve çevresindeki arkeolojik yerleşimlerin CBS ile mekânsal analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı*, 2011, İzmir.
- Sabins, F.F., 1978, Remote Sensing Principles and Interpretation, *W.H. Freeman and Company*, 17-50, 1978, USA.
- Sevin, V., 1999, Arkeoloji bilimi, tanım, çalışma alanı ve yöntemleri, temel kavramları, Arkeolojik Kazı Sistemi El Kitabı, *Arkeoloji ve Sanat Yayınları*, 1999, İstanbul.
- Taştan, H. ve E. Bank, 1994, Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Konuma Bağlı Analizler, *Birinci Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Sf : 33-52, 1994, KTÜ, Trabzon.
- Tekocak, M., 2019, Akdeniz’de Bir Liman Kenti: Anemurium, *Selçuk Bakış Dergisi*, Sayı:48, 2019, Konya, 65-76.
- Tekocak, M., Şahin S., Aldemir, C., Anemurium; Anadolu’nun güneyinde bir liman kenti, *Kültür ve Turizm Bakanlığı Dergisi*, Mersin.
- Tercan, E., 2017, İnsansız hava aracı kullanılarak antik kent ve tarihi kervan yolunun fotogrametrik belgelenmesi: Sarıhacılar örneği, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 5(3), 633 – 642, 2017.

- Torun, A., 2017, İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektörü Ve İHA Fotogrametrisinin Ölçme Bağlamında Konumlandırılması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 3-6 Mayıs 2017, Ankara.
- Türk, T., 2018, İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemleri ve Arkeolojik Alanlarda Gerçekleştirilen Çalışmalar, *Arkeolojik Çalışmalarda Harita ve Geoinformasyon Teknolojilerinin Kullanımı Semineri*, Ekim-2018, Aydın.
- Uçar, E. ve Ergün, B., 2004, Fotogrametride Üç Boyutlu Şehir Modelleme Teknikleri ve CBS Kullanımı, *Harita Dergisi*, Sayı: 132, Syf: 48-56.
- URL-1: <https://acikders.ankara.edu.tr/> , [Ziyaret Tarihi: 16 Aralık 2019].
- URL-2:<http://www.geotecnic.it/geographic-information-system-g-i-s/> [Ziyaret Tarihi:17 Aralık 2019]
- URL-3:www2.unitar.org/hiroshima/programmes/whs05/thys-senocak.pdf, [ZiyaretTarihi: 26.05.2010]
- URL-4: <http://www.kerkenes.metu.edu.tr/kerk1/index.html-2010>.
- Voltolini, F., Rizzi, A., Remondino, F., Girardi, S. and Gonzo, L., 2007, Proceedings of the 2nd ISPRS International Workshop 3D-ARCH 2007: 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, Technical Session 3, *Integration of non-invasive techniques for documentation and preservation of complex architectures and artworks*, 12-13 July, Zurich, Switzerland.
- Wiley, J., 1986, Remote Sensing Methods and Applications Kitabı, Seri II, Sayfa 1-11, 1986, USA.
- Yıldız, F. ve Altunbaş C., 2009, Yersel Lazer Tarayıcı Nokta Bulutlarının Jeodezik Koordinat Sistemine Dönüştürülmesi, *Harita Dergisi*, Sayı: 142, Syf: 52.
- Yılmaz, A., 1998, SPOT Stereo Uydu Görüntülerinden Ortofoto ve Foto-Mozaik Üretimi Doğruluğunun Araştırılması, Lisans Tezi, Harita Yüksek Teknik Okulu (HYTO), *Harita Genel Komutanlığı*, Dikimevi, Ankara.
- Yomralıoğlu, T., 2010, Coğrafi Bilgi Teknolojileri, *Bilim ve Teknik: Aylık Popüler Bilim Dergisi*, 48-51, 2010.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : FANİSE USLU KOÇYİĞİT
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Cihanbeyli/01.01.1993
Telefon : 0 (545) 3609309
Faks : -
e-mail : uslu.fanise@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Cihanbeyli Anadolu Lisesi, Cihanbeyli/Konya	2011
Üniversite	: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon	2016
Yüksek Lisans	:	
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2017-devam	ASELSAN A.Ş	Harita Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Kamu Ölçmeleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Mekansal Adres Kayıt Sistemi

YABANCI DİLLER

İngilizce (2017 Mart/ YÖKDİL Fen- 60)

YAYINLAR

Uslu, F., Durduran, S. S., Bozdağ, A., 2018, Investigation of the Spatial Address Recording System (SARS) Project Process to Be Base the Urban Information System (uis), *FIG Congress 2018*, 6-11 Mayıs 2018, İstanbul.

Uslu, F., Kayıkçı, E., 2016, TUSAGA-Aktif İstasyonlarından Oluşan Yerel Ağların Farklı Yazılımlarla Dengelenmesi ve Sonuçların Karşılaştırılması, *8. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 2016*, Yıldız Teknik Üniversitesi, 19-21 Ekim, İstanbul.