

**UZAKTAN ALGILAMA ve COĞRAFİ BİLGİ  
SİSTEMLERİ YÖNTEMLERİNİN ARKEOLOJİYE  
UYGULANMASI**

**İbrahim Murat OZULU**  
**Yüksek Lisans Tezi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri**  
**Anabilim Dalı**  
**Ağustos – 2005**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### UZAKTAN ALGILAMA ve COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ YÖNTEMLERİNİN ARKEOLOJİYE UYGULANMASI

İBRAHİM MURAT OZULU

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Yard. Doç. Dr. Metin ALTAN  
2005, 113 sayfa

Çorum İl sınırları içerisindeki arkeolojik alanlar üzerinde, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri tekniklerinin örneklerle uygulanması çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin, sayısal arazi modeli, sınıflandırma, sorgulama, yeniden değer atama, aritmetik işlemler, yorumlama, görüntü düzeltme ve görüntü işleme gibi en sık kullanılan temel fonksiyonları arkeolojik çalışmalarda kullanılması örneklerle gösterilmiştir.

Arkeolojik alanlara ait konumsal ve öznitelik bilgileri sayısal ortama aktarılmış, oluşturulan veri tabanı yardımıyla öznitelikler 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 özellikler göz önüne bulundurulmuş ve harita üzerinde, ortak özelliklere sahip alanlar belirlenmiştir. Bilinen arkeolojik noktaların %77'si ile rastgele atılan noktaların %72'si belirlenen alanlar üzerinde buldukları tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Arkeoloji,  
İstatistik

## **ABSTRACT**

**Master of Science Thesis**

### **THE USE OF REMOTE SENSING AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM METHODS ON ARCHAEOLOGY**

**İBRAHİM MURAT OZULU**

**Anadolu University  
Graduate School of Sciences  
Remote Sensing and Geographical Information Systems Program**

**Supervisor: Assist. Prof. Metin ALTAN  
2005, 113 pages**

The purpose of this study is to carry out remote sensing and geographical information systems techniques on archeological areas which are located in Çorum as an example. The use of basic functions of remote sensing and geographical information systems such as digital elevation model, classification, querying, reassigning value, arithmetical operation, interpretation, image correction and image processing on archeological studies, are shown by examples.

Spatial and attribute information of archeological areas are transferred to digital environment and some queries and analyses are made by the help of composed databases about attributes. Some spatial information, such as slope, aspect and distance from streams, are determined on digital elevation model and mapped by graphical drawings.

To determine the areas with common attributes which are found on areas at the same time are classified and rated by numbers according to their consequence. After rating the areas according to statistical results and common characteristics of settling, areas that have common characteristics are determined. As a result 77% of known archeological points and 72% of randomly assigned points are found on determined areas.

**Keywords: Remote Sensing, Geographical Information Systems, Archaeology,  
Statistics**

## TEŞEKKÜR

Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Çorum Bölgesi Arkeolojik Alanlarının İncelenmesi başlıklı bu çalışma Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde özgün fikirleri ve bilgisi ile beni yönlendiren, destekleyen, çalışmanın her aşamasında zaman kavramı olmaksızın yardımcı olan, danışman hocam Sayın Yard. Doç. Dr. Metin ALTAN' a,

Bilgi birikimine ve enerjisine hayran kaldığım, çalışma disiplini ve kişiliğini örnek olarak aldığım, öğrencisi olma şansına sahip olduğum için gurur duyduğum, Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü Müdürü ve hocam Sayın Prof. Dr. Can AYDAY' a,

Yüksek lisans derslerimize gelen bilgilerini bizimle paylaşan değerli öğretim üyelerine,

Her türlü konuda yardımlarını esirgemeyen Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü çalışanlarına ve beraber ders gördüğümüz fikirlerimizi paylaştığımız değerli arkadaşlarıma,

Yaşamımda ve çalışmalarımda aldığım kararlara saygı duyan, her zaman beni destekleyen ve yönlendiren babam Abdulkadir OZULU' ya ve annem Ruziye OZULU' ya,

Hayatı paylaştığım eşim Funda OZULU ve yaşamımızın renkleri oğlum Ufuk, kızım İpek OZULU' ya, çalışmam süresince göstermiş oldukları sabır, hoşgörü ve manevi desteklerinden dolayı,

Sonsuz minnettarlıklarımı ve en içten TEŞEKKÜRLERİMİ sunarım.

İbrahim Murat OZULU

Ağustos, 2005

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	iii
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	iv
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	vii
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	x
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	xi
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. ÇALIŞMA HAKKINDA ÖN BİLGİLER</b> .....	2
2.1. Çalışma Alanı .....	2
2.2. Çalışmanın Amacı .....	3
2.3. Çalışmada Kullanılan Veriler .....	4
<b>3. KULLANILAN YÖNTEMLER HAKKINDA ÖN BİLGİLER</b> .....	6
3.1. Uzaktan Algılama .....	6
3.2. Coğrafi Bilgi Sistemi .....	12
<b>4. UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ YÖNTEMLERİNİN ARKEOLOJİ BİLİMİNDEKİ UYGULAMALARI</b> .....	15
4.1. Arkeoloji .....	15
4.1.1. Arkeolojik alanların oluşumu .....	17
4.2. Arkeolojide Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları .....	19
4.3. Arkeolojide Uzaktan Algılamanın Tekniklerinin Kullanılması .....	23
4.3.1. Hava fotoğraflarının kullanılması .....	24
4.3.2. Arkeolojik alanların belirlenmesinde kullanılacak hava fotoğraflarında bulunması gereken özellikler .....	27

	<b><u>Sayfa</u></b>
4.3.3. Hava fotoğraflarının yorumlanması .....	29
4.3.4. Uydu görüntüleri ve görüntü üzerinde yapılan işlemler .....	33
4.4. Arkeolojide coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması .....	36
4.4.1. Coğrafi bilgi sistemlerini oluşturan elemanlar .....	38
4.4.2. Katman yapısı .....	38
4.4.3. Sayısal grafik elemanlar .....	39
4.4.4. Coğrafi bilgi sistemlerinde grafik olmayan veriler .....	41
4.4.5. Coğrafi bilgi sistemlerinde kullanılan temel analizler .....	41
<b>5. UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİNİN ÖRNEKLERLE</b>	
<b>ÇORUM İLİNDEKİ ARKEOLOJİK ALANLARA UYGULANMASI ...</b>	<b>43</b>
5.1. Hava Fotoğrafi İşleme ve Yorumlama : Boğazköy Hattuşa .....	43
5.1.1. Ön işlemler .....	43
5.1.2. Örnek çalışmanın incelenen bölgelere göre yorumlanması .....	45
5.1.3. Örnek çalışmanın sonuçları .....	53
5.2. Uydu Görüntülerinin Yorumlanması .....	54
5.2.1. Örnek uygulamada kullanılan uydu görüntülerinin özellikleri.....	55
5.2.2. Uydu görüntüleri üzerinden yorumlama .....	56
5.2.3. Uydu görüntülerinin arkeolojik amaçlı kullanılması ile ilgili sonuçlar .....	64
<b>6. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ TEKNİKLERİNİN</b>	
<b>ARKEOLOJİK ALANLARDA UYGULANMASI .....</b>	<b>65</b>
6.1. Sayısal Arazi Modelinin Oluşturulması .....	65
6.2. Sayısal Arazi Modeli Üzerinden Eğim Haritasının Elde Edilmesi .....	70
6.3. Sayısal Arazi Modeli Üzerinden Bakı Haritasının Elde Edilmesi .....	71
6.4. Akarsu Kaynaklarına Uzaklık Haritasının Elde Edilmesi.....	74
<b>7. İSTATİSTİK ANALİZLER .....</b>	<b>76</b>
7.1. Değişkenlerin Birbirleri ile Olan İlişkilerinin Değerlendirilmesi .....	76
7.1.1. Varsayım testinin yapılabilmesi için gerekli şartlar .....	76
7.1.2. Ortalamaların arasındaki farkların önemlilik testi .....	77

	<b><u>Sayfa</u></b>
7.2. Ayırma Analizi .....	80
7.2.1. Sonuçların değerlendirilmesi .....	82
7.3. İkili Logistik Regresyon Analizi .....	84
7.4. Arkeolojik Noktaların Değişkenlere Göre Frekansların Bulunması ve Puanlama .....	86
7.5. Rastgele Atılan Noktaların Değişkenlere Göre Frekansların Bulunması .....	88
7.6. Aritmetik işlem haritasının elde edilmesi .....	90
7.7. İki Nokta Arasındaki Çizgi Boyunca Görünür Bölgelerin Çıkarılması .....	95
<b>8. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>103</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>106</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>109</b>
Ek-1 Arkeolojik Sit Alanları ve Ören Yerleri .....	110
Ek-2 Tespit Edilen Arkeolojik Alanlar .....	111

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

2.1. Çalışma alanı.....	2
3.1. Çatal Höyük'te bulunan duvar resmi[2].....	7
3.2. Elektromanyetik dalganın yayılması[3].....	8
3.3. Bitkinin imzası ve atmosferik pencereler.....	10
4.1. Bitki izi.....	25
4.2. Toprak izi.....	26
4.3. Toprak izi oluşumu.....	26
4.4. Gölge izi.....	27
4.5. Alaca Höyük kazı alanının görünüşü.....	30
4.6. Şapinuva kazı alanı ve Yuğtepe sit alanının genel görünüşü.....	31
4.7. Arkeolojik kalıntıların bitki üzerindeki etkileri [31].....	32
4.8. Çalışan bir konu üzerinde veri değerlendirme ve karar akış diyagramı.....	37
4.9. Raster Veri Yapısı.....	40
4.10. Vektör veri yapısı.....	40
5.1. Hava fotoğrafı üzerinde çalışma bölgeleri.....	45
5.2. Plan üzerindeki 1 numaralı bölge ( Büyük Tapınak Alanı).....	46
5.3. Büyük tapınağın güncel görüntüsü [35].....	46
5.4. Plan üzerindeki 2 numaralı bölge (Büyükkale ).....	47
5.5. Plan üzerindeki 3 ve 4 numaralı bölge.....	48
5.6. Plan üzerindeki 5 numaralı bölge.....	49
5.7. 5 Numaralı bölge ve Kral Kapısı'nın son durumu [35].....	49
5.8. Plan üzerindeki 6 numaralı bölge.....	50
5.9. Plan üzerindeki 7 numaralı bölge.....	51
5.10. Güney Kale'nin güncel görüntüsü [35].....	51
5.11. Plan üzerindeki 8 numaralı bölge.....	52
5.12. Plan üzerindeki 9 numaralı bölge.....	52
5.13. Plan üzerindeki 10 numaralı bölge (Yerkapı).....	53
5.14. Landsat RGB/453 Bant kombinasyonu ile oluşan görüntü.....	58
5.15. Landsat RGB/453 Bant kombinasyonunda Çorum il merkezi.....	59



## **Sayfa**

5.16. Alaca höyük kazı alanı IRS 1-C uydu görüntüsü .....	60
5.17. Alaca höyük kazı alanı Landsat 7 ETM uydu görüntüsü .....	60
5.18. Alaca höyük kazı alanı hava fotoğrafı .....	61
5.19. Tespit edilen alana ait uydu görüntüsü .....	62
5.20. Kale tepe bölgesine ait hava fotoğrafı .....	63
5.21. Kiremit tepe höyüğe ait Ikonos uydu görüntüsü.....	63
5.22. Kiremit tepe höyüğü ve etrafındaki yapılaşmalar .....	64
6.1. Araziye dağılmış noktalar .....	65
6.2. Sayısal arazi modelinin en küçük birimi olan üçgen yüzey [38] .....	66
6.3. Düzensiz üçgen ağ yapısı.....	66
6.4. Eş yükseklik eğrilerinin belirlenmesi.....	67
6.5. Yüzeyin eş yükseklik eğri değerlerine göre renklendirilmesi [38] .....	67
6.6. Düzensiz üçgen ağ yapısının renklendirilmesi .....	67
6.7. Çalışma alanının sayısal arazi modeli .....	68
6.8. Çalışma alanının üç boyutlu sayısal arazi modeli .....	68
6.9. Aritmetik işlem akış şeması .....	69
6.10. Eğim açısı [38] .....	70
6.11. Eğim değerinin hesaplanması [38].....	70
6.12. Çalışma alanına ait eğim haritası .....	72
6.13. Birim yüzey üzerinde bakının ve yönlerin gösterilmesi [38].....	71
6.14. Çalışma alanına ait bakı haritası .....	73
6.15. Uzaklıkların hesaplanması [38].....	74
6.16. Akarsulara uzaklık haritası.....	75
7.1. Yeniden sınıflandırma işlemi .....	90
7.2. Aritmetik işlemin uygulanması örneği.....	90
7.3. Aritmetik işlem haritası .....	91
7.4. Analiz sonuçlarının harita üzerinde gösterilmesi.....	93
7.5. Noktaların aritmetik işlem harita üzerinde gösterimi.....	94
7.6. Yuğ Tepe'den Osman Kale yönündeki çizgi üzerinde görünür yerler .....	95
7.7. İki nokta arasındaki arazinin profili .....	96

## **Sayfa**

7.8. Osman Kale'den Yuğ Tepe yönündeki çizgi üzerinde görünür yerler .....	96
7.9. Osman Kale Höyük'ünden arazinin profili .....	97
7.10. İki nokta arasında eğime göre arazinin profili .....	97
7.11. Kule noktasından belirlenen alana ait görünürlük hesaplanması .....	98
7.12. Görünür alanların gösterimi .....	99
7.13. Kulelerin üç boyutlu model üzerinde görünümü .....	99
7.14. Uydu görüntüsü üzerinde görünür alanlar.....	100
7.15. Çalışma alanı içerisinde görünür alanların belirlenmesi .....	101

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

4.1. Hava fotoğraflarında kullanılan filmlerin ve filtreler özellikleri .....	28
4.2. Ölçeklere göre kullanım alanları .....	29
4.3. Toprak altındaki arkeolojik alanların bitkinin rengi üzerindeki etkisi.....	32
4.4. Kullanılan filmlere göre cisimlerin görüntü renk ve tonları .....	33
5.1. Landsat uydu görüntüsünün özellikleri.....	55
5.2. Kullanılan bant kombinasyonları .....	57
5.3. Landsat RGB/453 Bant kombinasyonu yorumlama çizelgesi .....	57
7.1. Değişkenlerin aritmetik ortalama ve standart sapmaları .....	77
7.2. Levene's test sonuçları .....	78
7.3. Hipotez testi sonuçları .....	79
7.4. Korelasyon matrisi .....	82
7.5. Önemlilik sonuçları .....	82
7.6. Box's M test sonuçları .....	83
7.7. Ayırma analiz sonuçları .....	83
7.8. İkili lojistik regresyon modeli analiz sonuçları .....	85
7.9. Eğim değişkenine göre frekanslar .....	86
7.10. Bakı değişkenine göre frekanslar .....	87
7.11. Akarsu kaynaklarına uzaklık değişkenine göre frekanslar.....	87
7.12. Rastgele atılan noktaların eğim değişkenine göre frekansları.....	89
7.13. İşlemlerin karşılaştırılması .....	92
7.14. Görünür alanların ve arkeolojik noktaların ilişkisi .....	102

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AKKS	: Arazi Kullanım
AS	: Arazi Kullanım Kabiliyeti Alt Sınıfı
B	: Bakı
BTG	: Büyük Toprak Grupları
E	: Eğim
ED	: Erozyon Değeri
ETM	: Enhanced Thematic Mapper
GPS	: Global Positioning System
JEOSNF	: Jeolojik Özelliklerin Sınıflandırılması
LIDAR	: Laser Detection And Ranging
METEOSAT	: Meteorology Satellite
NOAA	: National Oceanographic and Atmospheric Administration
OTA	: Önemli Tarım Arazileri
PCA	: Principal Components Analysis
SAKS	: Şimdiki Arazi Kullanım Sınıfı
SAR	: Sentetik Aralıklı Radar
SPOT	: Systeme Pour l'Observation de la Terra
SRTM	: Shuttle Radar Topography Mission
SUKAYUZ	: Akarsu Kaynaklarına Uzaklık
TIMS	: Thermal Infrared Multi Spectral
TM	: Tematic Mapper
TOK	: Toprak Özellikleri Kombinasyonu
UTM	: Universal Transverse Mercator
WGS	: World Geodetic System

## 1.GİRİŞ

Medeniyetlerin doğup büyüdüğü ülkemizde, genellikle arkeolojik alanların belirlenmesinde klasik arazi yöntemleri kullanılmaktadır. Hiçbir ülke topraklarında ülkemizdeki kadar kurulmamış ve yaşanmamış medeniyetlerin gün ışığına çıkarılması ve insanlık tarihindeki sayfaların yazımının hızlandırılması gerekmektedir. Böylelikle hem ülkemizin hem de insanlık tarihinin gerçeklerinin ortaya çıkarılması sağlanmış olacaktır.

Kullanılan klasik yöntemlerle beraber, bilgi çağının gerektirdiği yeni teknolojilerinde kullanılması, bunların öğrenilmesi ve uygulanması konusunda çalışmaların hızlandırılması gerekmektedir. Bu yöntemler, beraberinde teknolojinin yaygınlaşmasını sağlarken, gündelik yaşamsal faaliyetlerin hızlanmasına ve ekonomik kaynak sarfının engellenmesine yardımcı olmaktadır.

Son zamanlarda gittikçe büyük uygulama alanı bulan, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri arkeolojik çalışmalarda da etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Arkeolojik alanlara ait özelliklerin nasıl ve nedenleri araştırılmakta, değişik özelliklere göre sonuçlar üretilmektedir. Arkeolojik alanlara ait hava fotoğrafları ve uydu görüntülerindeki özellikler incelenilerek kısa zamanda büyük alanların araştırılması gerçekleştirilmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve klasik harita teknikleri kullanılarak, arkeolojik alanlara ait değişik amaçlara yönelik haritaların üretimi ve benzer alanların belirlenmesi, çalışmaların önemli bir ögesi haline gelmiştir.

Sınırlanan belli bir alan içerisinde bulunan arkeolojik alanların özelliklerinden yola çıkılarak, alan içerisinde aynı özellikleri gösteren yerlerin işaretlenmesi, karşılaşılabilecek olası bir arkeolojik yerleşim alanını ortaya çıkarabilecek harita görevi görebilmektedir. Bu haritalar arkeolojik alanların belirlenmesi aşamasında bir yerin diğerine göre duyarlılığını ifade etmektedir.

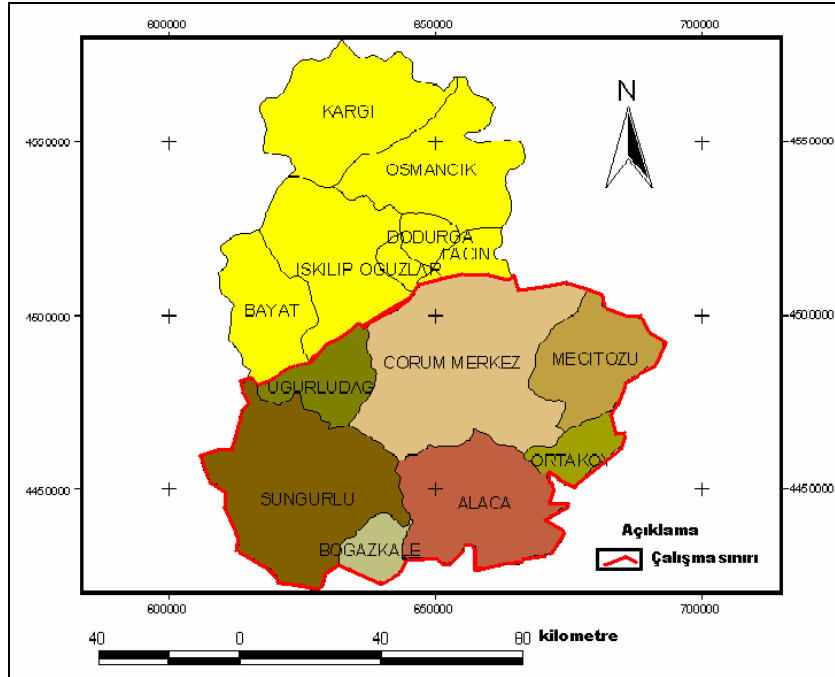
## 2. ÇALIŞMA HAKKINDA ÖN BİLGİLER

### 2.1. Çalışma Alanı

Çorum İli İç Anadolu Bölgesi ile Karadeniz Bölgesi'nin birleştiği alanda yer almaktadır. Doğuda Amasya, güneyde Yozgat, batıda Çankırı, kuzeyde Sinop, kuzeydoğuda Samsun, güneybatıda Kırıkkale illeri ile sınırı bulunmaktadır. Karadeniz Bölgesinde kalan kesimleri dağlıktır. En önemli akarsuyu Kızılırmak'tır. Yüzölçümü 12.820 km<sup>2</sup>'dir. Deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 801 metredir.

Çorum İli, tarihin derinliklerinden günümüze kadar dikkate değer izler taşıyan bir bölgedir. En eski yerleşim tarihi Kalkolitik (Taş) Çağ'dan başlamak üzere günümüze kadar bölgede kurulan bütün uygarlıklara ev sahipliğinde bulunmuştur. Arkeolojik anlamda iç içe girmiş evrelere sahiptir.

Yapılacak çalışmada ilin tamamı çalışma alanı olarak alınmamış, alan sınırları çizilirken, verilerin niteliğine bağlı olarak Kızılırmak'ın oluşturduğu doğal sınır altında kalan Çorum Merkez, Mecitözü, Ortaköy, Alaca, Boğazkale, Sungurlu, Uğurludağ ilçeleri, çalışma kapsamında değerlendirilmiştir (Şekil.2.1).



Şekil 2.1. Çalışma alanı

## 2.2. Çalışmanın Amacı

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri tekniklerinin arkeolojik alanlara uygulama yöntemlerinin, Çorum İl sınırları içerisindeki arkeolojik alanlar üzerine yoğunlaşması, çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Ülkemiz, doğal ve kültürel değerler bakımından büyük bir zenginlik ve çeşitlilik göstermektedir. Binlerce yıllık tarihsel geçmişin, günümüze kalan izleri bizim olduğu kadar, tüm dünyanın uygarlık tarihinin açıklanmasında büyük önem taşımaktadırlar. Bunlardan bazıları yapılan çalışmalar sonucu gün ışığına çıkarılmış olmasına rağmen, birçoğu keşfedilmeyi beklemektedir.

İnsan topluluklarının, zaman içerisinde geçirdikleri evreleri inceleyerek tahmin edip, yerleşim yerlerini ve uğraşlarını, hatta beslenme şekillerini belirlemek uygarlık tarihi açısından önem taşımaktadır. Eski yerleşim yerlerinin belirlenmesi arazi çalışmaları ile yapılabilirse de, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri teknikleri yardımıyla daha hızlı ve ekonomik olarak elde edilebilmektedir.

Çorum İli sınırları içerisinde, 2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'nda belirtilen korunması gerekli arkeolojik sit alanı sayısı 35 adet, yüzey araştırmaları sonucu tespit edilen ve değerlendirilen alan sayısı 118 adet olmak üzere toplam 153 adet arkeoloji açısından değer taşıyan nokta bulunmaktadır.

Çalışma kapsamında izlenen yol;

- Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri tekniklerinin Arkeoloji alanında kullanılabilirliğinin ve yöntemlerinin incelenmesi,
- Alan içerisindeki önceden tespit edilen arkeolojik noktaların, elde edilebilen coğrafi ve coğrafi olmayan özelliklerinin sayısal ortama aktarılması ile veri tabanı oluşturulması,
- Belirlenecek seçici özelliklerin istatistik verilerinin saptanması,
- Çalışma alanı içerisinde bu özellikleri sağlayan alanları gösteren bir tahmin modeli geliştirilmesi ve sonuç haritasının üretilmesi,

- Çalışma alanı içerisinde rastgele atılan noktaların belirlenen seçici özelliklere göre değerlendirilmesi, tahmin modelinden elde edilen sonuç haritası ile karşılaştırılması,
- Arkeolojik yüzey araştırmalarında kolaylık sağlamak amacıyla altlık haritaların üretilmesi planlanılmıştır.

### **2.3. Çalışmada Kullanılan Veriler**

Çorum İl sınırları içerisinde bulunan arkeolojik noktaların isimlerini, ilçelerini ve hangi köye ait arazi içerisinde bulduklarını gösteren çizelge Çorum İl Kültür Müdürlüğü'nden alınmıştır (EK-1). Bu bilgiler sadece isim ve yer bilgilerini içermektedir. Noktaların tam yerleri yayınlanan kazı raporları ve yüzey araştırma sonuçları Çorum Müze Müdürlüğü'nde bulunan dosyalar ve düzenli olarak yapılan "Kazı ve Yüzey Araştırma Sonuçları" isimli sempozyum kitaplarından fotokopileri alınarak değerlendirilmiştir. Ayrıntılı olarak incelenmesi düşünülen alanlara ait hava fotoğrafları, Harita Genel Komutanlığı ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu fotoğraflar 1/16.000 - 1/40.000 ölçekleri arasında değişen değişik tarihli, siyah-beyaz ve 24x24 cm. lik kart baskı olarak alınmıştır.

Çorum Valiliği Bilgi İşlem Merkezi'nden Yeşilirmak Havzası Gelişim Projesi kapsamında hazırlanan kağıt çıktı, sayısal ortamda taranmış harita, uydu görüntüsü, hava fotoğraflarından oluşan raster ve sayısal çizimlerden oluşan vektör özellikteki veriler alınmıştır. Vektör özellikteki veriler içerisinde il sınırları, ilçe sınırları, köyler, yollar, akarsular, kot yükseklikleri, toprak özellikleri ile ilgili veriler bulunmaktadır. Raster özellikteki veriler içerisinde 06.07.2000 tarihli Landsat TM7 ve IRS-1C uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Ayrıca Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) görüntüleri de üç boyutlu arazi görüntüsünün oluşturulmasında kullanılmıştır.

Kullanılan raster ve vektör özellikteki veriler, Image Analyst, GlobalMapper, ArcView GIS 3.2a ve ArcGIS 9.0 yazılımları ile standart donanımlı bilgisayarlar yardımıyla değerlendirilmiştir. İstatistik analizlerinin yapılmasında SPSS 13.0 yazılımı kullanılmıştır.



Bütün veriler uygun projeksiyon sisteminde (UTM koordinat sisteminde, WGS 84 datumunda, 36.dilimde) oluşturulan çalışma dosyalarında saklanmış ve değerlendirilmiştir. Elde edilen, yeniden çizilen veya oluşturulan bütün veriler bu projeksiyon sistemine dönüştürülmüştür.

### 3. KULLANILAN YÖNTEMLER HAKKINDA ÖN BİLGİLER

#### 3.1. Uzaktan Algılama

Uzaktan Algılama ile ilgili günümüze kadar çok değişik tanımlarda bulunulmuştur.

Herhangi bir tarama, algılama veya kayıt cihazı ile, görüntüsü alınacak cisim veya oluşum ile ilgili olarak arada hiçbir temas olmadan, cisimler, ayrıntılar ve arazi topografyası, kısaca yeryüzüne ilişkin olarak her türlü grafik ve öznelik bilgileri ile diğer verilerin toplanması veya ölçülmesi işlemi Uzaktan Algılama çalışması olarak tanımlanır. Elektromanyetik spektrumun görünür bölge dahil olmak üzere, morötesi (ultraviyole) dalga boyu bölgesinden radyo dalga boyu bölümüne kadar olan dalga boylarını kapsayan ve genellikle atmosferin üst katmanlarında faaliyet gösteren uydulara yerleştirilen çeşitli tarayıcı ve algılayıcı sistemlerin kullanılmasıyla veri toplama işlemi gerçekleştirilir. Uzaktan Algılama, yeryüzü, atmosfer yada atmosfer üstü platformlara monte edilmiş çeşitli ölçüm aletleriyle, yeryüzünün doğal ve yapay cisimleri hakkında bilgi alma ve değerlendirme tekniğidir. Uzaktan algılamanın tanımlanmasında iki konu önemle vurgulanmaktadır. Birincisi algılamanın yeryüzüne dönük olarak yeryüzünden, havadan veya atmosfer üstü katmanlardan yapılmasıdır. İkincisi ise, algılamanın cisimlerle temasa geçilmeden gerçekleştirilmesidir [1].

Uzaktan Algılama cisimden yayılan elektromanyetik enerjinin, belirli bir uzaklıktan ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Enerji ile cisim arasında etkileşim söz konusudur. Algılayıcının bulunduğu platforma göre, cisimden gelen elektromanyetik dalganın algılanması yeryüzünden, atmosferden veya atmosfer üstü katmanlardan gerçekleştirilmektedir.

Uzaktan Algılamayı tarihsel açıdan değerlendirdiğimizde; insanların ilk çağlardan beri yeryüzündeki cisimleri merak ederek güvenlik açısından ve onlara daha etkin olarak hakim olma ve denetleme amacıyla uzaktan inceledikleri görülmektedir. En basit algılayıcı olarak gözlerini kullanan insanlar daha geniş alanları algılayabilmek için yukardan bakma ihtiyacını duymuşlar ve başlangıçta en yakın yüksek yerlere çıkarak etraflarını incelemişlerdir. Daha yüksekte

baktıkça daha geniş alanların incelendiği görüldükçe çok daha yükseğe çıkma gereksinimi ortaya çıkmıştır.

İlk başlangıçta sadece yerleşim yerlerine yakın tepelerden gözlemde bulunmuşlar, etraflarında gördüklerini duvarlara tabletlere işlemişlerdir. Konya Çatal Höyük'te M.Ö. 6200 yılında yapılmış bir duvar resmi belki de Anadolu'da yerleşim yeri amaçlı ilk harita olarak nitelendirilmektedir. Çatalhöyük, Orta Anadolu'da Konya il merkezinin güney doğusunda yer alan Çumra ilçesinin 12km kuzeyindeki Küçükköy'ün hemen yakınında, iki höyük üzerine kurulmuş olan Cilalı Taş Çağı yerleşim yerinin adıdır.

Buluntuların radyo karbon 14 yöntemiyle yapılan tarihlendirilmesi sonucunda Çatalhöyük'ün, M.Ö. 6800-5700 yıllarında 8000-10000 insanın yaşamış olduğu büyük bir kentsel yerleşim yeri olduğu anlaşılmıştır. Çatalhöyük'ün mimari yapısı dışı kapalı bir yerleşim düzenini yansıtır. Avluların çevresine yapılan binalar mahalleleri oluşturmuş ve mahallelerin birbirine eklenmesiyle Çatalhöyük kenti kurulmuştur.

Ön planda evlerin arka planda ise dağların görüldüğü Çatalhöyük haritası, yapılmış olduğu Cilalı Taş Çağı'nın uygarlık düzeyi göz önünde tutulursa, günümüz teknolojisi ile de yorumlanabilecek çok başarılı bir sanat eseri olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çatal Höyük'te bulunan duvar resmi [2]

Gerçek anlamda Uzaktan Algılama çalışmalarının başlaması fotoğrafın bulunması ve 1909 yılında uçağın icat edilmesi ile başlamıştır. Özellikle hava fotoğraflarının belli bir sistematik içerisinde çekilmesi, bunun için özel kamera ve uçakların geliştirilmesi ile giderek yaygın olarak kullanılmaya başlanılmıştır. İlk çalışmalarda hava fotoğrafları askeri amaçlar için kullanılmıştır. Zaman içerisinde

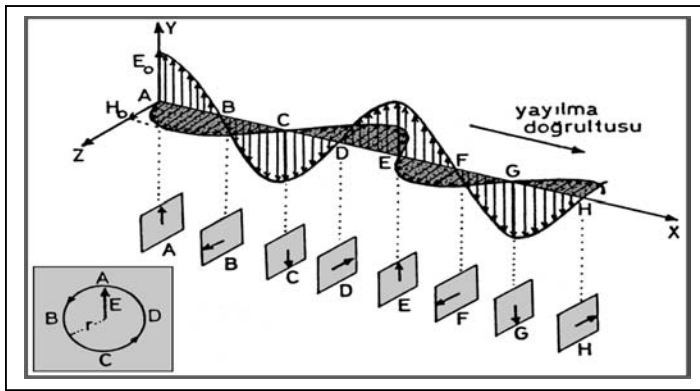
sivil amaçlı ticari ve bilimsel uygulamalarda da geçerlilik görmüş ve kullanılmaya başlamıştır.

1972 yılında uzaya gönderilen ilk Landsat uydusu ile beraber Uzaktan Algılamada yeni bir dönem açılmış, o zamana kadar atmosferden yapılan algılamalar yerini atmosfer üstü katmanlara taşımıştır. Başlangıçta kullanılan algılayıcıların çözünürlükleri ve bant sayıları sınırlı iken, teknolojinin hızlı gelişmesine paralel olarak mikroçiplerin ve işlemcilerin gelişimi ile birlikte çözünürlükleri ve bant sayıları artmıştır.

Uzaktan algılama elektromanyetik enerjinin cisimlerle etkileşmesi esasına dayanmaktadır. Yeryüzünden, atmosferden veya atmosfer üstü ortamdan gerçekleşen algılama olayında dört temel eleman bulunmaktadır.

- Enerji kaynağı
- Enerjinin kat ettiği yol
- Gözlenen cisim
- Algılayıcı

Uzaktan Algılama çalışmalarında kullanılan elektromanyetik enerji kaynakları doğal ve yapay kaynaklar olarak ikiye ayrılır. Mutlak  $0^{\circ}$  K ( $-273^{\circ}\text{C}$ )' den daha büyük ısıya sahip tüm nesnelere sürekli olarak elektromanyetik enerji yayarlar. Elektromanyetik enerji yayılma doğrultusuna ve birbirlerine dik hareket eden elektrik ve manyetik bileşenlerden oluşur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Elektromanyetik dalganın yayılması [3]

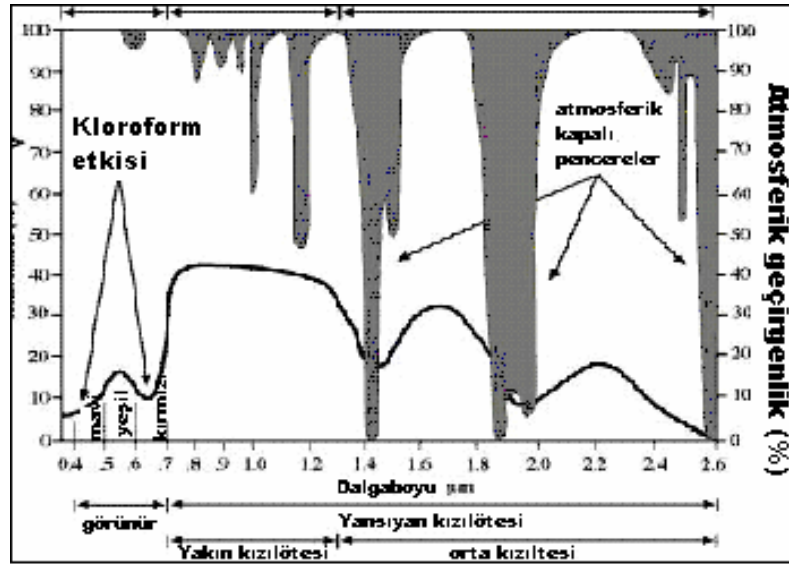
Elektromanyetik enerjinin en belirgin doğal kaynağı güneş olup, yeryüzündeki yaşamın gereksinim duyduğu ısı ve ışık enerjisini sağlar. Bundan başka, uzaydaki çeşitli yıldız ve gezegenlerin yanı sıra yeryüzünün kendisi ve üzerindeki canlı ve cansız tüm nesnelere de, aynı şekilde birer doğal enerji kaynağıdır. Doğal kaynaklara verilen diğer bir isimde pasif enerji kaynağıdır. Yapay kaynaklar ise doğal enerji kaynaklarının görüntü elde etmede yetersiz kaldığı yerlerde algılayıcının bizzat kendisi yapay enerji dalgaları gönderir ve bu dalgalar cisimler tarafından yansıtılıp tekrar algılayıcı tarafından algılanır. Bu şekildeki enerji kaynaklarına aktif enerji kaynakları denilmektedir [4].

Enerji yayılımının yapay kaynakları arasında lazer ve radar sistemleri başta gelmektedir. Bu sistemler elektromanyetik spektrumda, morötesi ve mikrodalgalar gibi doğal enerji kaynaklarının etkin olmadığı bölgelerde, oldukça önemli bir boşluğu doldururlar [5].

Pasif sistemlerde enerji genellikle güneş kaynaklı olduğundan, güneşten çıkan enerji cisim üzerine gelene kadar değişik katmanlardan geçerek yol alır. Cisimden yansıyan enerji de, algılayıcıya gelene kadar yine değişik katmanlardan geçer. Bu mesafeler, algılayıcının bulunduğu ortama bağlı olarak bazen atmosferden iki defa geçmek zorunda kalmaktadır. Bu uzun yol sırasında elektromanyetik enerji, soğurular, yansıtılır, saçılır ve bir miktar kayıplara uğrayarak zayıflar. Bu azalışa neden olan etmenler, atmosferde bulunan ozon, su buharı, karbondioksit, karbonmonoksit gazları, aerosol, buz kristalleri ve su damlacıklarıdır. Elektromanyetik enerji içerisinde bulunan tüm dalga boyları atmosferden geçemez. Belli geçiş aralıkları bulunmaktadır. Bu aralıklarda enerji kaybı yok veya çok az olmaktadır. Bu bölgeler “atmosferik geçiş koridoru” veya “atmosferik pencere” olarak tanımlanmaktadır. Görünebilir dalga boyu, yakın kızılötesi, uzak kızılötesi, termal, mikrodalga ve radar, belli başlı atmosferik pencereler içerisinde bulunmaktadır [6].

Atmosferik pencerelerden geçerek yeryüzüne ulaşan enerji, gözlenen cisimlerin özelliklerine göre soğurulmakta, yayılmakta ve dağıtılmaktadır. Bütün cisimler kendi üzerlerine gelen enerji ile etkileşime girmekte ve daha sonra gelen enerjinin bir kısmını geri yansıtılmaktadırlar. Bu yansıma miktarı, gelen enerji miktarına ve cismin özelliklerine göre değişmektedir. Uzaktan Algılama,

çalışmalarında yeryüzündeki cisimler ile elektromanyetik dalganın belirli dalga boylarının etkileşimi, esas alınır. Etkileşim sonucu farklı yansıma özellikleri göstermesi ve bu farklılıkların belirlenmesinden faydalanılarak cismin fiziksel özellikleri konusunda bilgi toplanması mümkün olmaktadır. Farklı cisimlerin farklı yansıma değerleri spektrum üzerinde oluşturdukları eğrilerle tanımlanmaktadır. Elektromanyetik dalganın şiddeti ile dalga boyu arasındaki ilişki “spektral ilişki eğrisini” verir. Herhangi bir cismin bu eğrisi ise, o cismin “spektral imzasını” verir. Bu eğrilere cisim “imza”sı denilmektedir (Şekil 3.3). Yeryüzünde bulunan cisimlerin imzalarının ve konumlarının bilinmesi, verilerin doğru olarak sınıflandırılmasında analizinde ve yorumlanmasında önemli bir yer tutmaktadır. Çalışma alanının çevre koşulları, iklim, mevsim, konum ve zamana bağlı olarak cisimlerin imzaları, dünyanın her yerinde aynı değildir. Ancak çok özel araştırma ve çalışma alanı üzerinde konumsal doğruluklu örnekler toplanması bu farklılıkların belirlenmesine yardımcı olacaktır [7].



Şekil 3.3. Bitkinin imzası ve atmosferik pencereleler [7]

Uzaktan Algılama çalışmalarında kullanılan algılayıcılar değişik platformlarda kullanılabilir. Buldukları ortama göre adlandırılan platformlar, yer, hava ve atmosfer üstü olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Yer gözlem platformlarında amaç, çalışma alanı içerisinde gözlenecek cisimlerin elektromanyetik enerji ile olan ilişkilerinin yani imzalarının belirlenmesidir. Algılayıcı sistem olarak laboratuvar ortamlarında bir cismin yansıtması veya geçirgenliğini standart bir yüzeyin yansıtması veya geçirgenliğine bağlı olarak ölçen spektrometre kullanılmaktadır. Arazide yapılan büyük alanların ölçüm çalışmalarında ise cisimlerin konumlarına ve yansıtma özelliklerine bağlı olarak değişik algılayıcı sistemler kullanılmaktadır. Cismin yüzeyinden gelen elektromanyetik dalgayı algılayarak spektral özelliklerini belirleyen spektrometre, en çok kullanılan algılayıcılardan biridir.

Atmosfer dışarısına çıkmadan alım yapabilen algılayıcılarla donatılmış sistemler alçak ve yüksek irtifa uçakları ve balonlar hava gözlem platformları olarak adlandırılırlar. Bu platformlarda önceleri fotoğrafik kameralar kullanılmıştır. Daha sonra algılayıcı tekniklerinin gelişmesi ile çok bantlı tarayıcılar, radar ve mikrodalga algılayıcılarda kullanılmaya başlanmıştır.

Uzaya gönderilen uydularda bulunan bir çok algılama sistemi, yeryüzünün tamamının düzenli bir şekilde görüntülenmesini sağlamaktadır. Uydulardaki ilk kullanılan algılayıcı sistemlerde fotoğrafik sistemlerden oluşmaktaydı. Başlangıçta ortalama ölçekleri 1/2.400.000 olan bu sistemlerden elde edilen görüntüler genellikle, jeolojik, coğrafik ve oşinografik çalışmalarda kullanılmıştır. Zaman içerisinde görüntü ölçeği 1/220.000'lere düşmüş ve ayırma güçleri 2-3m'ye yükselmiştir. Uydularda kullanılan ilk elektromekanik tarayıcılar ise meteoroloji uydularında (METEOSAT, GOES, GMS, NOAA) kullanılmıştır ve ayırım güçleri oldukça düşüktür. Yüksek ayırım gücüne sahip ilk tarayıcılar ise LANDSAT programında kullanılmıştır (MSS 1972, TM 1982). Gerçek anlamda ilk sayısal algılayıcı kapsamında elektro-optik tarayıcı sistem 1986'da Fransa tarafından uzaya gönderilen SPOT uydusunda yer almıştır. Ayrıca radar görüntüleri alan sistemlerde uydulara yerleştirilmiştir. Ayırım gücü az olmakla birlikte sis, bulut, pus gibi meteorolojik koşullardan ve gece-gündüz ışık koşullarından etkilenmeyen radar (SAR) algılayıcıları günümüzde birçok Uzaktan Algılama çalışmalarında etkin bir şekilde kullanılmaktadır [5].

### 3.2. Coğrafi Bilgi Sistemi

Coğrafi verinin toplanması, saklanması, güncelleştirilmesi, değiştirilmesi, analiz edilmesi, ve görsel ortamda yorumlanabilmesini sağlayan; yazılım donanım ve kullanıcıdan oluşan bir sistemdir [7].

Coğrafi Bilgi Sistemi araştırma, planlama ve yönetimdeki karar verme yeteneklerini artırmak; zaman, para ve personel tasarrufu sağlamak amacıyla; grafik (konum ve şekil) ve grafik olmayan (öznitelik) verilerin, çeşitli kaynaklardan toplanması, bilgisayar ortamında depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi, son kullanıcıya sunulması fonksiyonlarını bütünleşik olarak yerine getiren personel, coğrafi veri, bilgisayar yazılım ve donanım sistemlerinin tümü olarak tanımlanmaktadır [1].

Konumsal nitelik taşımayan verinin faydalı bir şekilde kullanılması zordur. Harita, verinin konumsal açıdan değer kazanmasını sağlar. Coğrafi Bilgi Sisteminin tarihi, haritanın tarihi kadar eskidir. İnsanların üzerinde yaşadıkları dünyanın kara ve deniz bölgelerini tanımlamaları ve bunları yazılı belgelere aktarmaları uzun tarihi devreler içinde yer alır. Coğrafi bilginin en göze görünen aracı ise planlar ve haritalardır [9].

Bu haritalar, devirlerine göre değişik malzemeler üzerine, değişik amaçlarla hazırlanmışlardır. Yazılı belgeler bakımından (M.Ö. IV.bin) Anadolu, Mezopotamya ve Mısır, en eski medeniyet merkezleridir. Bugün ki anlamda haritalar olmasada, ilk örneklerine arkeolojik kazılar sonucunda yine bu bölgede rastlanmıştır. Bu anlamda ilk örnek Mezopotamya Nuzi'de (Kerkük-Yorgan Tepe) kazılarında bulunan M.Ö. III bine tarihlenen bir tablet üzerindeki Akad Dönemine ait bir haritadır. Basit olarak etrafında gördüklerini tablet üzerine işlemişlerdir. Üzerinde yazan yönler yanlış olmakla beraber, keşif açısından önemlidir. Arkeolojik kazılarda ortaya çıkan, güney Mısır'ın Hamamat vadisinin doğu bölgesinde bulunan, maden ocaklarının yerini gösteren papirus üzerine çizilmiş olan harita, hem madencilik hem de haritacılık açısından oldukça önemlidir. Tarihin akışında diğer bilimlerin gelişmesi, haritanın gelişimini de etkilemiş, zamanla kartoğrafik anlamda haritalar üreilmeye başlanmıştır [10].



Farklı konulara ait haritalar üst üste getirilerek yapılan analizleri ile ilk Coğrafi Bilgi Sistemleri uygulamaları başlamıştır. 1962 yılında MIT’de üst üste karşılaştırma mantığına ek olarak, farklı konulardaki haritalar (26 farklı harita) farklı ağırlıklara göre analiz edilmiştir. 1964’de Harvard’da Coğrafi Bilgi Sistemleri ile ilgili analiz laboratuvarı kurulmuş ve bu konuda ilk yazılımların geliştirilmesine başlanmıştır [7].

Sayısal verilere ve sonuçlara ulaşmayı kolaylaştırması sayesinde kısa sürede kullanımı özellikle 1970-1980 yılları arasındaki bilgisayar teknolojisinin gelişimine ve kapasite artmasına bağlı olarak kişisel kullanımı yaygınlaşmıştır. Uzaktan Algılama yöntemleri de Coğrafi Bilgi Sistemleri çalışmalarının içerisinde kullanılmaya başlamıştır. Fakat asıl gelişimi ve yayılışı yazılım ve donanımın geliştiği 1990’lı yıllardan sonra görülmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri ile yapılan çalışmaların başarılı olması için başlıca etken olan dört faktör vardır. Bunlar; kullanıcı, yazılım, donanım ve verilerdir. Bu faktörler bir zincirin halkaları gibidir. Herhangi birisinin olmaması, eksik veya yetersiz olması, amaçlanan hedefe ulaşmayı engellemektedir. Halkaların en önemlisi eğitilmiş insan, yani kullanıcı unsurudur. Yeterli bir veri tabanı, en gelişmiş yazılımlar ve donanımlar, kullanıcının bilgi sahibi olmaması yada yetersiz olması durumunda istenilen sonuçların elde edilmesini engellemektedir.

Yazılımlar, coğrafi verinin depolanması, analizi ve görüntülenmesi için gerekli olan fonksiyonları ve araçları içerisinde bulundurulur. Yazılımlar çalışma konularına ve hazırlandıkları şirketlere bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Modüllerden oluşan ve komple bir bütün olan yazılımlar bulunmaktadır. Bir Coğrafi Bilgi Sistemi projesine başlamadan önce çalışmanın amacına en uygun, kapsamlı ve kullanıcılar tarafından bilinen bir yazılımın tercih edilmesi gerekmektedir.

Donanım, (yazılımların çalıştırıldığı bütün verilerin görüntülerin arşivlendiği, bilgisayarlar, veri girişlerinin gerçekleştirildiği), tarayıcılar, optik okuyucular, sayısallaştırıcılar, (sonuçların ve üretilen haritaların çıkarıldığı), yazıcı, çizici ve iletişimleri merkezi ağ sistemleri veya kişisel sistemlerden meydana gelen bütün cihazların oluşturduğu bir bütündür. Günümüzde bilgisayar

teknolojisindeki ilerlemelere bağlı olarak, çok değişik donanım sistemlerinin kurulması mümkün olmaktadır. Ancak yapılacak çalışmada kullanılacak olan donanım sisteminin maliyetleri ve teknolojik ömrünün dikkate alınması gerekmektedir. Pahalı bir sistem her zaman en iyi sistem demek değildir.

Veri, belki de eğitimli insan unsurundan sonra Coğrafi Bilgi Sistemlerinde en önemli faktördür. Doğru, güncel ve çalışma amacına uygun olması gerekmektedir. Verinin elde edilmesi, toplanması, ticari veri sağlayıcılarından veya bizzat verinin oluşturulması ile gerçekleşmektedir. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri çalışmalarında verinin formatlarının planlanması farklı formatların dönüştürülmesi, farklı konulara ait verilerin istenildiği zaman kullanımına yönelik sistemli bir şekilde depolanması için, veri tabanı yönetim sistemleri kullanılmaktadır.

Verilerin toplanmasında kullanılan yöntemler;

Arazi alışmaları; GPS lmleri, takeometrik ölümler, jeofizik ölümler vb.

Uzaktan Algılama yöntemleri; Uydu görüntüleri , hava fotoğrafları ve radar verileri.

Kopyalama ve evirim; Mevcut haritalar ve planların sayısallaştırılması, yapılan nceki Coğrafi Bilgi Sistemleri verileri.

İstatistiksel ve Metinsel Bilgiler; Listeler, araştırma raporları, bilgisayar verileri.

## 4. UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ YÖNTEMLERİNİN ARKEOLOJİ BİLİMİNDEKİ UYGULAMALARI

### 4.1. Arkeoloji

Arkeoloji sözcüğü Yunanca arkhaios (eski) ve logos (bilim) sözcüklerinden türetilmiş bir sözcüktür. Arkeoloji 18. yüzyılda Fransız bilim adamı Caylus (1692-1765) ve Alman bilim adamı Winckelman'ın çalışmaları ile bir bilim haline gelmiştir. O zamana kadar kazılar sadece gömülü sanat eserlerini bulmak amacıyla yapılmaktaydı. Arkeoloji gerçek bir bilime dönüşünce geçmişin kalıntılarını, en önemsiz gibi görünen ayrıntıları bile arama görevini üstlendi. Bu kalıntılar yok olmuş toplumların yaşamını öğrenmeye, onların, barınma şekilleri, teknik becerileri, beslenmeleri gibi günlük yaşamda ve diğer alanlarda yaptıkları çalışmaları anlamamıza yardımcı olmaktadır [11].

Arkeoloji, bir tarih bilimi olamayıp, kazılar yolu ile tarih bilimine katkı veren bir bilim dalıdır. Arkeoloji biliminin incelediği kalıntılar çoğunlukla toprak altında olması nedeniyle, kalıntıların bulunup çıkartılması ve değerlendirilebilmesi, bilimsel kazı yöntemleriyle yapılabilmektedir. Arkeoloji bilimi, bu verileri değerlendirerek, bugün yok olmuş topluluk ya da toplumların yaşam biçimlerini, kültür ve uygarlık tarihleri ile bunların içinde geliştiği ortamı, iklim ve çevre koşullarını, doğal kaynaklarını, sosyo-ekonomik yapılarını, etnik yapılarını, yaşam tarzlarını, beslenme alışkanlıklarını, teknolojik düzeylerini, ölü gömme adetleri, v.b inceler. Arkeoloji biliminde, sanat niteliği taşıyan eser ile basit bir alete verilen bilimsel değer aynıdır.

Arkeolojik Kazı; önceden topoğrafik haritası çıkarılmış ve sınırları belirlenmiş arkeolojik alanlarda, yetkili makamlardan alınacak izinle bilimsel sorumluluğa sahip kişilerin yapacağı “kazma” işlemidir [12].

Kazının tanımında, arkeolojik alanın topoğrafik haritasının çıkarılmadan ve sınırları belirlenmeden, bilimsel ve sistemli bir çalışmanın yapılamayacağı belirtilmek istemiştir. Arkeolojik kazıda bulunan tüm buluntular sınıflandırılarak kronolojik katmanlar halinde topoğrafik haritalara işaretlenmelidir. Kazı sırasında yapılabilecek herhangi bir yanlışlık; kültür katmanlarındaki buluntuların birbirine karışması, kaldırılan taşlar, içerisinde kerpiç duvar olabilecek topraklar gibi büyük

değerlerin ve bilgilerin kaybolmasına neden olabilir. Topoğrafik haritalar kullanılarak bilimsel ve sistemli bir çalışma yapılabilir.

Kazıya başlanırken kazı alanı içerisinde kalacak şekilde koordinatları ve yüksekliği belli bir nokta tespit edilir. Bu noktadan başlayarak tüm seviyedeki ölçümler haritalara işlenir. Klasik arkeolojik kazı çalışmalarında, kazı alanı genellikle dikdörtgen veya karelere ayrılarak işaretlenir. İşaretleme tüm alanın bir kenarında harflerden diğer kenarında sayılardan oluşturulur. Bu yapı bir anlamda kazının anahtarıdır. Bu yöntem gridlere ayırma yöntemi olarak adlandırılır.

Bazen tek bir kare veya grid bazen birbirine bitişik yada alana dağınık gridler aynı anda kazılır. Kazılan bu çukurlara “açma” adı verilir. Açmalardan çıkan buluntular, haritalara aynı grid denk gelecek şekilde işaretlenir. Burada amaç, kalıntıların çıktıkları yerlerle birbirleri arasında bir bağ kurulmasını ve aynı döneme ait olan parçaların birleştirilmesini sağlamaktır. Bu işlemin profesyonel kazı ekiplerince takip edilerek haritalama işlemlerinin doğru yapılması gerekmektedir. Çıkarılan kalıntıların açma ile ilişkilendirilerek arşivlenmesi gerekmektedir. Ancak kalıntılar her zaman tek parça olarak çıkmamakta, bazen bir vazunun altı başka bir grid içerisinde, üstü başka bir grid içerisinde bulunabilmektedir. Bunların yerlerinin işaretlenmesi olayların gelişimi hakkında da bilgiler vermektedir.

Kazı alanlarında, geçmişe ait kalıntılar üç seviyede bulunur; yukarı yükselen yapılar, toprak seviyesindekiler ve toprak seviyesinden aşağı doğru inen çukurlar. Arkeologlar aynı döneme ait yapıların tamamının açığa çıkartılmasından sonra haritalara ayrı bir katman olarak işlerler. Daha sonra aynı yerde kazılara devam edilir. Bir alt evredeki katman haritalara işlenerek kazı alanının değişik tarihlerdeki planları ortaya çıkarılır. Bulunan tabaka sayısı kadar harita oluşturulur.

Günümüzde dünyanın birçok yerinde yapılan pek çok kazı özellikle kentleşmenin hızla ilerlediği ve yoğun yerleşim bölgeleri olan alanlarda yapılan kurtarma kazılarıdır. Bu tür kazılar zorunluluk nedeniyle yapılırlar. Çeşitli özel ya da kamu yapılarının inşaatı sırasında, sık sık arkeolojik kalıntılara rastlanır.

Günümüzde arkeologlar yalnızca eski yapıları değil, ilk insanların yerleşim ve yaşam etkinliklerine ilişkin bilgiler veren tarla, otlak, orman gibi

doğal ortamları da incelerler. Yüzeyde dağılmış çömlek kırıkları yada tuğla parçaları gibi malzemeler, toprağın altında , özellikle sabanla sürölme nedeniyle altüst olmuş kalıntıların var olabileceğinin göstergesidir. Bunlar genellikle yüzeye yakın konumda bulunan en yakın tarihli kalıntıların parçalarıdır. Derinlerde daha eski dönemlere ait kalıntıların bozulmadan bulunması olasılığı vardır. Kazılardan farklı olarak, bu geniş alanları incelemek için kullanılan yüzey araştırma yöntemleri, zaman içerisinde teknolojinin gelişmesi sayesinde değişimlere uğramıştır. Başlangıçta kullanılan alanların sadece gezilerek taranması yerine havadan yapılan keşifler, Uzaktan Algılama ve jeofizik araştırmalar, bazı izlerin daha belirginleşmesini sağlamıştır. Bu sistemli çalışmalar kısa zamanda kendisinden beklenenden fazlasını vermiş ve kabul görmüştür.

Bu yöntemler zamanla kendi içerisinde de ayrılmış ve günümüzde hava fotoğraflarının yorumlanması ile hava arkeolojisinin, yerde yapılan jeofizik araştırmalarla jeoarkeolojinin uydularında çözünürlüklerinin artıp hava fotoğrafi kalitesinde görüntü vermesi ve farklı elektromanyetik dalga değerlerinden alınmış görüntülerle uydu arkeolojisinin ortaya çıkmasına yol açmışlardır. Aslında hepsinin amacı kısa sürelerde arazinin incelenmesi ve arkeolojik alanların tespitinin sağlanmasıdır. Bu yöntemler, eskiye nazaran hızlı ve ucuz olması, nedeni ile kısa zamanda geniş alanların incelenmesi ve değişik görüntülerin yorumlanması ile arkeolojik alanlara ulaşılmasını sağlamaktadırlar.

Asıl amaç, kalıntıların, belirlenmesi, geçmişe ait izlerinin ortaya çıkarılması ve insanlık tarihi gerçeklerinin ortaya konulmasıdır.

#### **4.1.1. Arkeolojik alanların oluşumu**

Anadolu'daki köy yerleşmeleri; kıyılarında tarlalar bulunan alanlarda, ulaşım yolları üzerinde veya yakınında, akarsu düzlüklerinde kurulmuşlardır. Savunma ve korunma olanakları açısından avantajlı olan yerler daha öncelikli olarak tercih edilmiştir. Zaman içerisinde aynı yerde sürekli olarak yeni yerleşimler kurulmuştur. Bu tür yerlerinin özelliklerine göre, günümüzde de tercih edilen yerleşim alanları bulunmaktadır. Yüz hatta bin yıllar boyunca, aynı yerde yerleşim yükseklikleri çevre kotundan 35 m. daha yüksek, çapları ise birkaç yüz metreye ulaşan moloz tepeleri oluşmuştur [13].

Bu höyük, yada tepe yerleşmeleri, oluşumları bakımından yalnız Ön Asya'nın özel iklim ve ortam koşullarında gerçekleşebilmiştir. İç Anadolu'dan kıyılara doğru gidildikçe höyüklerin sayısında azalma gözlenmiştir. Bu bilgi höyüklerin oluşumlarının coğrafi niteliklere bağlı ve yöresel malzeme kullanımına bağlı olduklarını göstermektedir. İç Anadolu'da genellikle yapılar kerpiç yapılmıştır ve yenilenmeleri esnasında eski molozların ve temellerin üzerine kurulmuştur. Bu birikimler zamanla topoğrafyanın yükselmesine sebep olmuştur. Ayrıca İç Anadolu'da aynı yerlere yerleşim, kıyı bölgelere göre daha çok gerçekleşmiştir. Alaca Höyük'de (Çorum) Hitit tabakası 3 yapı döneminde 4.50 m. kalınlık göstermektedir ki bu yaklaşık olarak 700 yıllık bir zaman süresine karşılık gelmektedir.

Yerleşme höyüklerinin büyüklük ve biçimleri zamanlarına, medeniyetlerine, ekonomik durumlarına göre bir önceki yerleşimin büyüklüğü ve gelişimi, yerleşme süresi ve yaşayanların toplumsal yapıları gibi değişik etmenlere bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir [13]. Yerleşme yerlerinin seçiminde, zamanla değişimler görülmektedir. Eski yerleşimlerin büyük bir kısmı ovalarda, düzlüklerde görülmekle beraber zaman içerisinde yüksek yerlere doğru çıktıkları belirlenmiştir.

Daha önce yapılan arkeolojik çalışmalarda yerleşimlerin yoğunlukları ve araziye dağılımları bakımından, bazı bölgelerde bulunan höyüklerin sayıları ile bugünkü yerleşmelerin sayısı karşılaştırılmıştır. Delice ve Karasu bölgesinde yapılan karşılaştırmada 14 höyük ve 14 köy sayılmıştır.

Bu çalışmada ise, Boğazköy ilçe merkezi ve çevresinde 3 köy varken aynı bölgede 7 höyük belirlenmiştir. Bu iki örnek de zaman içerisinde bölgedeki yerleşme yoğunluğunun çok değişmediğini göstermektedir. Fakat Konya'nın Çarşamba Ovasında 7 tanesi büyük olmak üzere sayısız höyük bulunmasına karşılık günümüzde yerleşme görülmemektedir [13].

Bazı bölgelerde ise, höyüklerin kuruldukları yerlerle güncel yerleşimlerin yerleri farklılıklar göstermektedir. Höyükler klasik olarak iki dağ arasındaki vadi düzlüklerine ve dere yakınlarına kurulmuşken, köyler daha yukarılara düzlüklerin kenarlarına yerleşmişlerdir.

Höyükler, verimli ve özenle seçilen düzlüklerde bulunmuştur. Düzlüğe giren ve stratejik önemi bulunan geçitler, ırmakların sığ yerlerini kıyı ve koyak yollarını koruyan alanlar yerleşim olarak seçilmiştir. Önemli geçit yollarının yakınlığının tarihöncesi zamanlarda bile bir yerleşimin seçiminde etkili olduğu, Eskişehir dolaylarında Sarı-Su bölgesinde yapılan gözlemlerden anlaşılmaktadır. İstanbul boğazından gelip, Anadolu yaylasına ulaşan eski bir askeri yol üzerinde 25 km'lik bir şerit üzerinde 8 höyük bulunmaktadır. Eskişehir'de Porsuk Koyağında 55 km'lik bir şerit üzerinde 18 höyük tesbit edilmiş 11 adedinde Orta ve Genç Tunç çağlarında da yerleşim belirlenmiştir [13].

#### **4.2. Arkeolojide Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları**

Arkeolojide hava fotoğrafları kullanılarak yapılan ilk çalışmalar, I. Dünya Savaşı sırasındaki uçuşlarda çekilen fotoğraflarla başlamıştır. Savaş sırasında istihbarat amaçlı çekilen bu fotoğrafların yorumlanması sırasında eldeki mevcut haritalarda olmayan ve bilinmeyen eski yerleşim yerleri belirlenmiştir. Belirlenen yerler incelendiğinde daha önceki uygarlıklara ait oldukları gözlenmiştir. Mezopotamya'nın Dicle ovasındaki eski kanallar bu yöntemle ortaya çıkarılmışlardır. Savaş devam ederken pilotlarla beraber arkeologlarda uçuş yapmışlardır. Savaş esnasında çekilen bu fotoğraflar savaştan sonra daha ayrıntılı incelenmiş savaşın geçtiği yerlerde ayrıntılı alınan fotoğraflar sayesinde yüzlerce yeni arkeolojik alan keşfedilmiş ve yeni kazılara başlanmıştır [14,15].

İlk sistematik çalışmalar 1930 yıllarında yapılan Megiddo (Filistin) kenti kazılarıdır. Missouri nehri civarında tarihi kayıtlarda adı geçen fakat yeri tam olarak bilinmeyen bir kıvılcıklı köyü arkeologlar tarafından 15 yıldan fazla aranmıştır. Uzaktan Algılama çalışmaları kapsamında yapılan hava fotoğrafı yorumu yoluyla yerleşim keşfedilmiştir. Aynı şekilde İtalya'da Po nehri deltasında yer alan antik Spina Kenti uzun süre aranmış, hatta varlığından şüphe edilmiştir. Kentin yeri konusundaki tartışmalar, kullanılan hava fotoğrafları yardımıyla son bulmuştur. Antik kaynaklarda, kanalları ve su yollarının yoğun olduğu bir şehir olarak tarif edilen Spina kenti, su kanalları ile yerleşim alanları üzerinde büyüyen bitki örtüsünün farklılıklarının belirlenmesi ile bulunmuştur [16].

Ürdün'de Avustralya Araştırma Kurulu tarafından 1991 yılında başlatılan bir proje kapsamında 1953 yılında çekilen 4000 kare hava fotoğrafından oluşan bir arşiv çalışması bulunmaktadır. Yapılan incelemelerde, şimdiye kadar 20.000 alan belirlenmiş ve 1/25.000 ölçekli haritalar üzerinde işaretlenmiştir. Yorumlama ve arşivleme çalışmaları devam etmektedir [17].

İngiltere'de Essex belediyesi tarafından 1993'te başlatılan bir çalışmada ise hava fotoğraflarında görülen arkeolojik alanların ve tarihi bilgilerin 1/10.000 ölçekli haritaları üretilmiştir [18].

Yunanistan'da bulunan Korinth antik yerleşmesinde fotoğrafik ve çok bantlı video kameralar kullanılarak, 500.000 adet görüntü elde edilmiş ve bu görüntüler üzerinde gerekli analizler yapılmıştır [19].

Gelişen teknolojiye paralel olarak gelişen algılayıcı sistemler, yapılan çalışmalarda çok farklı Uzaktan Algılama veri tabanlarının oluşturulmasına imkan vermiştir.

Kostarika'da bulunan prehistorik köylerin belirlenmesi amacıyla başlatılan Arenal Region çalışmasında, tropik alanlarda Uzaktan Algılama teknolojisinin kullanılması konusunda NASA tarafından yürütülen bu projenin veri tabanında;

- Renkli ve Yapay Renkli, Kızılötesi fotoğraflar
- Termal Infrared Multi Spektral (TIMS) verileri
- Sentetik Aralıklı Radar (SAR) verisi 2 bantlı
- Işık Algılaması ve LIDAR verisi
- Landsat TM7 verileri bulunmaktadır.

Hazırlanan veri tabanının uzun süreli çalışmalar kapsamında kullanılması sonucunda 10 volkanik patlama geçirmiş 4 bin yıllık bir alan üzerinde kazı yoluyla ortaya çıkarılmış metrelerce uzunlukta patikalar belirlenmiştir [20].

Yirmi yıldır Fransa'nın Burgundy bölgesinde devam eden başka bir çalışmada oluşturulan Coğrafi Bilgi Sistemleri veri tabanlarından arkeologlar, tarihçiler, jeologlar, ekologlar, antropologlar, dil bilimciler, ve diğer meslek disiplinlerinden bilim adamlarından oluşan kapsamlı bir çalışma grubu farklı nitelikte çalışmalar yapmak amacıyla yararlanmaktadır. Ortak amaçları farklı



kültürler ve fiziksel çevre arasındaki uzun süreli etkileşimi ortaya çıkarmaktır [21].

İskoçya’da yürütülen Caithness Arkeolojik Projesi 1901 de yayınlanan 9 yerleşimin yeniden incelenmesi amaçlanarak 2000 yılında başlatılmıştır. Hedef bulguların yeniden analizi, mevcut kalıntıların incelenmesi ve yeni yapılacak kazıların belirlenmesidir. Alan incelenmesi ve incelenen alanların görselleştirilmesi için Uzaktan Algılama yöntemleri kullanılmıştır [22].

New Mexico’deki Chaco Vadisi Araştırma Merkezi, hava fotoğrafları yardımıyla yüzey araştırması yapmıştır. Thermal Infrared Multi Spektral (TIMS) adındaki algılayıcı Chaco vadisinde ilk defa NASA tarafından 1982 yazında kullanılmıştır. TIMS ile arazinin 5 metre çözünürlükte yüzey yakınındaki ısı farklılıkları ölçülmüştür. M.S. 900 veya 1000 yıllarından kalma antik yollar böyle belirlenmiştir. Bu yollar gözle zemin seviyesinden fark edilememiş, hava fotoğrafları veya renkli infrared fotoğraflarda da görülememiştir. Vadi üzerinde yapılan 3 uçuşla antik duvarlar, binalar, tarım alanları ve yaklaşık 200 millik bir antik yol sistemi belirlenmiştir [20].

Mısır’daki Danshur Yüzey Araştırma Projesi olarak bilinen Tokai ve Waseda Üniversiteleri ile Mısır Arkeoloji Enstitüsü’nün ortaklaşa gerçekleştirdiği projede, 1996 yılının bahar aylarında, öncelikle mevcut alanların SAR verileri kullanılarak analizler yapılmış ve çalışmaların sonucunda toplanan verilerle diğer benzer alanların araması yapılmıştır. Ayrıca SPOT-HRV, LANDSAT-TM ve KVR-1000’ün yüksek çözünürlüklü optik görüntüleri kullanılarak mevcut kalıntıların ve özellikle piramit tabanlarının çizimleri gerçekleştirilmiştir [23].

Hindistan’daki Hyderabad yakınlarında olduğu bilinen bir arkeolojik sit alanı uydu görüntüsü analizi ile belirlenmiş ve bu alana ait IRS-1C yüksek çözünürlüklü PAN verileri kullanılarak, alanın spektral ve jeomorfolojik karakteristikleri çıkarılmıştır. Böylelikle geniş bir alanı kapsayan bir veri tabanı oluşturulmuştur [24].

Endonezya’nın Borubodur ovasında yapılan çalışmalarda kızılötesi çekimlerde 1/10.000 ve 1/30.000 ölçekli görüntüler ve 1/50.000 ölçekli pankromatik fotoğraflar kullanılarak bölgenin jeomorfolojisi çalışılmıştır. Bu

çalışmalarda volkanik olayların bölgede bulunan antik yerleşimlere etkilerinin bulunması hedeflenmiştir [19].

Tayland'da yapılan çalışmalarda ise, hava fotoğrafları yardımıyla oluşturulan stereoskopik görüntüler üzerinde, yol, su kanalı, hendek, sur gibi yapılar belirlenmeye çalışılmıştır. Belirlenen 1300 arkeolojik alanın 900'e yakınının etrafında hendek bulunduğu saptanmıştır. Çalışma esnasında oluşturulan veri tabanı diğer, araştırmalara kaynak olacak şekilde düzenlenmiştir. Ayrıca uydu görüntüsü olarak LANDSAT görüntülerinden yararlanılmış ve arkeolojik alanların kıyı boyunca konumlandığı göz önüne alınarak, kıyı çizgisinin değişimleri görüntüler üzerinden saptanmaya çalışılmış ve oluşturulan haritalarda ayrıntılı olarak gösterilmiştir [25].

Guatemala'daki Peten bölgesindeki yağmur ormanlarının korunması amacıyla başlayan bir projede, bölgedeki arkeolojik alanların incelenmesi yapılmış ve Maya yerleşmelerine giden yolların, farklı bitki örtülerine sahip oldukları tesbit edilmiş ve bu yollar sayesinde yoğun orman örtüsü altında bulunan arkeolojik alanlar ortaya çıkarılmıştır [26].

Yurtdışından örnekleri çoğaltmak mümkündür. Yapılan tüm arkeolojik çalışmalar Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yöntemleri ile desteklenmiş, hatta başlangıç noktası olarak alınmıştır. Çalışmalar elde edilen verilere göre şekillenmiştir ve kısa sürelerde sonuçlara ulaşılmıştır.

Türkiye'de yapılan arkeoloji alanındaki Uzaktan Algılama çalışmaları sınırlı düzeylerde kalmaktadır ve yeterli değildir. Bunun başlıca sebepleri arasında yeterli sayıda deneyimli kişinin ve laboratuvar olanaklarının bulunmamasıdır [27].

Daha önce yapılan arkeoloji çalışmalarında Nevşehir, Aksaray ve Niğde illerini içerisine alan prehistorik yapıların Uzaktan Algılama teknikleri ile incelenmesi hedeflenmiş, höyük olduğu düşünülen 20 adet tahmin noktası alınmıştır. Yapılan çalışmada bunlardan 9 tanesinin daha önce belirlenmiş tümülüs, 6 tanesinin yeni keşfedilen tümülüs, 3 tanesinin doğal tepe, 1 tanesinin buğday tarlası, 1 tanesinin de taş ocağı olduğu tespit edilmiştir. Yapılan sınıflandırmalarda 7 adet tümülüs, 6 adet düz yerleşme, 4 adet höyük ve 2 adette ören yerleşmesinin olduğu bölgeyle birlikte, yeşil alanlar ve su sınıfları da test alanı içerisine alınmıştır. Sınıflandırma sonucunda, düz yerleşme ve ören

yerleşmesinin dışındaki arkeolojik elemanların istatistiksel olarak birbirinden ayrılabilirdiği gözlemlenmiştir [19].

Aynı bölgede yapılan diğer bir çalışmada, uydu görüntüleri üzerinde bilinen arkeolojik alanlar işaretlenmiş ve bunların görüntüler üzerindeki özelliklerinden yararlanılarak, olası yeni arkeolojik alanların bulunması amaçlanmıştır. Sayısal görüntü işleme ve zenginleştirme teknikleri kullanılmış ve daha önce bu bölgede gerçekleştirilen çalışmalarda karşılaşılan zorluklara karşı yöntemin geliştirilmesi üzerine öneriler sunulmuştur [19].

Yapılan başka bir çalışma ise, Ceyhan Ovasında bulunan bir grup höyük üzerinedir. Çalışmanın amacı; gelişen endüstri ve tarım aktivelerinden olumsuz olarak etkilenmiş olan höyükleri Coğrafi Bilgi Sistemleri teknikleri yardımıyla tespit etmektir. Çalışmada 1956, 1957 ve 1973 tarihli pankromatik hava fotoğrafları ve Landsat 7-ETM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmanın sonucunda seçilen 3 kontrol alanında 5 tanesi yeni olmak üzere, toplam 22 höyük tespit edilmiştir [28].

Antik Elaiussa Sebaste ve çevresinde gerçekleştirilen bir başka çalışmada, yine 1993 ve 1976 yıllarına ait haritalardan alınan bilgiler, uydu görüntüleri (Landsat 7 ETM 2000) ve hava fotoğrafları (1975) yardımıyla değerlendirilerek, tarihsel ve güncel arazi kullanımı incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda gelişimin arkeolojik alanlara olumsuz etkileri belirlenmiş, ayrıca tarımsal faaliyetlerin Roma döneminde olduğu gibi teraslama yöntemi ile devam ettiği gözlenmiştir. Roma döneminde yoğun olarak bulunan zeytin ağaçlarının azaldığı, yerini diğer tarım alanlarına bıraktığı, ayrıca tarımsal faaliyet alanlarının antik dönemden daha az kullanıldığı belirlenmiştir [27].

#### **4.3. Arkeolojide Uzaktan Algılama Tekniklerinin Kullanılması**

Son yıllarda, bilimsel araştırmalardaki değişen yaklaşımlar ve hızla gelişen teknoloji, tüm bilim dallarında olduğu gibi arkeolojiyi de etkilemiştir. Yapılan arkeolojik çalışmaların sadece arkeologlar tarafından yürütülen projeler olmaktan çıkıp değişik disiplinlerden bilim adamlarının da katılımıyla kompleks bir yapıya sahip olmaya başladığı görülmektedir.

Özellikle geniş alanların taranması arkeolojik yüzey araştırmalarının yapılması ve modellenmesi gibi çalışmalarda Uzaktan Algılama yöntemlerinin kullanıldığı görölmektedir.

Uzaktan Algılama yöntemleri yükseklik, suya olan mesafe, alanlar ya da kentler arası mesafe, ulaşım hatları, potansiyel olası bir arkeolojik alanın konumunu tahmin etme gibi uygulamalarda yardımcı olmaktadır. İnsan için yerden görülemeyen etki, oluşum ve yapıların fark edilmesini sağlamaktadır. Uzaktan Algılama diğer alanlardaki uygulamalarında olduğu gibi arkeolojik çalışmalarda da hızlı, doğru ve sayısal ortamda arkeolojik bilgiyi fark etmek, keşfetmek ve öne çıkarmak için kullanılabilir metodolojik bir yöntemdir.

Arkeolojik açıdan en büyük avantajlarından biriside, sayısal ortamda araziye çıkılmadan, tekrarlanabilir çalışmalara, modellemelere imkan vermesidir. Araziye çıkılmadan arkeolojik kalıntılar ve bu kalıntıların bulunduğu topografya, çevre ve çevresel etkiler hakkında bilgiler elde edilebilir, bu bilgiler bilgisayar ortamında çeşitli analizler yardımıyla yorumlanabilir. Kazı yada yüzey araştırması için uygun olmayan mevsimlerde işlemlerin laboratuvar ortamlarında sayısal olarak modellenmesi; zaman, işgücü ve ekonomik açıdan kazançlar sağlamaktadır.

#### **4.3.1. Hava fotoğraflarının kullanılması**

Fotogrametrinin ana amacı uzaktaki cisimlerin geometrik parametrelerini fotoğraflar yardımıyla elde etmektir. Fotogrametriyi, resmi çekilecek cisme, kullanılan malzemeye veya değerlendirme yöntemine göre sınıflandırmak mümkündür. Yaygın olarak “Hava Fotogrametrisi” ve “Yersel veya Yakın Resim Fotogrametrisi” şeklinde sınıflandırılır.

Genel tanımıyla hava fotoğrafları; yeryüzünün sınırlı bir arazi parçasındaki doğal veya yapay her türlü şekillerinin, harita yapmak yada bilimsel çalışmalarda kullanmak amacıyla uçaktan çekilmiş resimleridir.

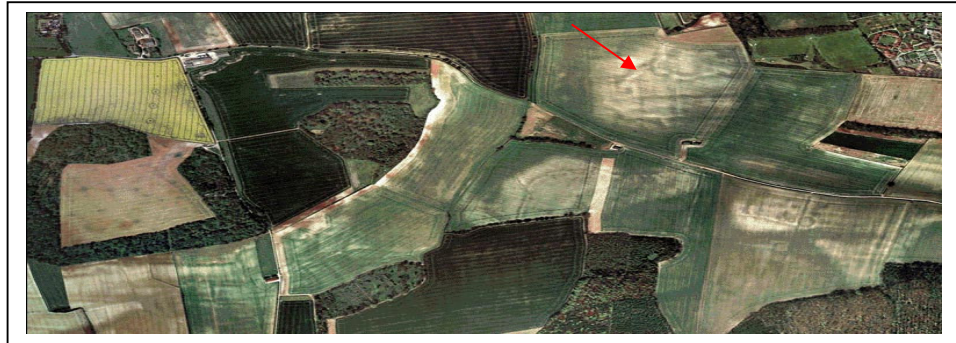
Hava fotoğrafları uçaklara yerleştirilmiş, hava resim çekme makineleri ile boyuna, şeritlerin yan yana eklenmesi ile de bloklar halinde çekilir. Birbirini izleyen resimler, resmi alınan bölgenin belirli bir kısmını içerecek şekilde çekilirler. Bu şekilde aynı bölgenin iki farklı noktadan alınmış resimleri ile üç boyutlu görüş olanağı sağlanır.

Hava fotoğraflarında, çalışmanın niteliğine göre farklı özelliklerde görüntü çeşitleri kullanılmaktadır. Bu görüntü tipleri genellikle pankromatik ve normal renkli fotoğraflardır. Pankromatik fotoğraflar görünen dalga boylarında cisimler üzerinden yansıyan enerjinin siyah-beyaz olarak tek bir görüntü şeklinde kaydedilmesi ile elde edilir. Algılanan cisimler grinin değişik tonlarında görüntülenmektedir. Bazı durumlarda renkli fotoğraf alımlarıyla elde edilemeyen verilere ulaşılmaktadır. Özel çekim teknikleri ile, klasik topoğrafik harita üretimi amacıyla çekilen fotoğraflar gibi, araziye düşey olarak değil değişik açılı çekim yapılmaktadır [29,30].

Arkeolojik çalışmalarda hava fotoğraflarının önemi büyüktür. Arazinin sık bir bitki örtüsü ile kaplı olduğu ilkbahar ve yaz mevsimlerinde çekilmiş hava fotoğrafları incelendiğinde eski yerleşim bölgelerinin kalıntılarının yer aldığı kısımlarda bitki yoğunluğunun ve boylarının çevrelere göre daha kısa olduğu saptanmıştır. Bitki yetişmesindeki bu fark, alt tabakalarda gömülü yerleşim bölgelerinin planını ortaya çıkaracak şekilde bir diziliş gösterir.

Gömülmüş engeller, örneğin duvarlar, bitkilerin büyümesi için yaşamsal olan suyun miktarını azaltırken, hendek benzeri gömülmüş oyuntular suyun miktarını artırır. Bu oyuntuların üzerindeki bitkiler kısa zamanda filizlenir ve boy atar. Büyümedeki farklılıkların neden olduğu şekiller havadan net olarak görünür.

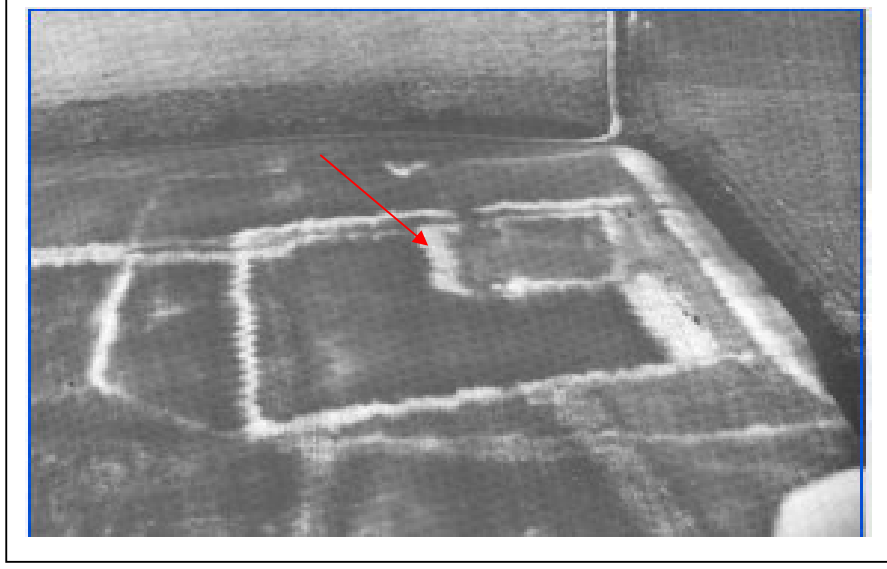
Bu belirgin özellik bitki izi olarak adlandırılmaktadır. Bitki örtüsünün oluşturduğu bu izlerden çalışma alanının geçmişe ait insan faaliyetlerini, kültürlerini ve uğraşı alanlarını belirlemek mümkün olmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Bitki izi

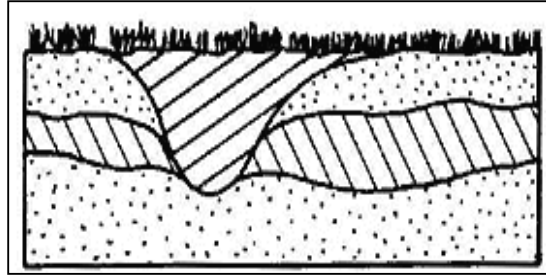
Çoğu zaman, bu izler kazı yapılmadan hangi döneme ait oldukları hakkında da bilgi vermektedir.

Toprağın alt tabakalarına bağlı olarak ortaya çıkan renk ve renk zıtlığı toprak izi olarak isimlendirilir ve arkeolojik çalışmalarda yapı planlarının çıkarılmasında etkin olarak kullanılır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Toprak izi

Toprak izleri bir hendeği ya da yolu doldurmada farklı bir kum kullanıldığı zamanlarda oluşabilir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Toprak izi oluşumu

Fotoğraf çekimi anındaki güneş ışığının durumu ve buna bağlı olarak ortaya çıkan gölgeler, gömülü özellikleri belirlemede önemli bir role sahiptir.

Gölge izleri topografyadan kaynaklanan ve günün erken veya geç saatlerinde gölge oluşturan küçük değişimlerle meydana gelir.

Hava fotoğrafları üzerinden okunan gölge işaretleri arkeolojik çalışmalarda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Güneş ufka yakınken toprak yüzeyindeki en küçük değişimler bile gölge oluşturur ve bu gölgeler en iyi şekilde havadan görülür. Şekilleri tespit etmek sadece bir başlangıçtır, bunların yorumlanmak beceri ve deneyim gerektirmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Gölge izi

Sonradan üzerine herhangi bir yapı yapılmamış, terk edilmiş yerleşimleri haritaya geçirmek çoğu kez mümkündür. Bitki örtüsü ile kaplanmış olsalar bile toprak yüzeyindeki çıkıntılar ve oyuklar görünürler. Bunlar, bir zamanlar burada yükselen ve başka yerlerde yapılan kazılar sayesinde tipik formları öğrenilen yapıların planına açık bir şekilde benzerlik göstererek kendilerini ele verirler.

#### **4.3.2. Arkeolojik alanların belirlenmesinde kullanılacak hava fotoğraflarında bulunması gereken özellikler**

Hava fotoğrafı ile alım yapılmadan önce, alana ait tüm verilerin toplanması, alım esnasında ve değerlendirme aşamasında kolaylık sağlamaktadır. Yapılacak arkeolojik çalışmanın amacına, niteliğine ve bütçesine göre alımı düşünülen alanın koordinatlarının, uygun zamanın, kullanılacak filmin, istenilen

ölçeğin ve değerlendirme yönteminin önceden belirlenmesi gerekmektedir [29,30].

Arkeolojik alanların belirlenmesinde, çalışma amacına göre değişik özelliklere sahip filmler ve filtreler kullanılmaktadır (Çizelge 4.1).

**Çizelge 4.1.** Hava fotoğraflarında kullanılan filmlerin ve filtrelerin özellikleri

Kullanılan Film	Kullanılması Gereklili olan Filtre	Kullanım Amacı
Siyah-Beyaz Pankromatik	Açık Sarı	Grinin ton farklılıklarından yararlanılarak yorumlama
Renkli	Pembeye Duyarlı	İncelenen bölgenin havadan gerçek renkleri gözlemlenmesi ile geniş alanların yorumlanması daha çok ayrıntı ve bilgi içermesi
Kızıl Ötesi Yapay Renkli (False Colour)	Koyu Sarı	Bitki toplulukları üzerindeki renk farklılıklarına karşı duyarlılığı sebebi ile tercih edilir.
Kızıl Ötesi Siyah-Beyaz	Kırmızı yada geçirimsiz	Amaç yine bitkilerin renk değişimlerini tespit etmektir. Grinin ton farklılıklarına göre yorumlama yapılmaktadır.

Çizelgede belirtilen filmler genel amaçlı kullanılan filmler olup, sadece arkeolojik alanların tespit edilmesinde değil standart topoğrafik harita üretimi, jeoloji, bitki, doğal ve yapay değişimlerin incelenmesi gibi uygulamalarda da kullanılmaktadır.

Günümüzde sayısal kameraların kullanımı da yaygınlaşmaktadır. Bu kameralarda bilgiler sayısal ortamlarda saklanmaktadır. Filmin boyutuna bağlı kalmadan uzun süreli uçuşlar yapılmakta, herhangi bir ara işleme gerek kalmadan, doğrudan toplanan bilgiler bilgisayar ortamında incelenmektedir.

Fotoğraflardan istenilen sonuçların alınmasında, film seçimi dışında ölçek belirlenmesi önemlidir. Fotoğraflarda kullanılan ölçekler ve çalışılan alanın boyutuna, kullanılan film ayırım gücüne ve uçuş yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Arkeolojide yoğun olarak 1/1.000 ile 1/10.000 arasında ölçek kullanılmaktadır. Amaç geniş alanların incelenmesi esnasında ufak ayrıntıların göz ardı edilmeden değerlendirilmesidir (Çizelge 4.2).



**Çizelge 4.2.** Ölçeklere göre kullanım alanları

ÖLÇEK	KULLANIM ALANI
< 1 / 250	Kazı alanlarının yersel fotoğraflanması sırasındaki detay alımlarında
1 / 1000 – 1 / 2500	Çok küçük veya ayrıntılı çalışmanın fazla olduğu alanların incelenmesinde (bitki izi, toprakta oluşan ton farklılıkları, gölge izlerinin incelenmesi) (çalışmaya en uygun ölçek)
1 / 5000	Büyük arkeolojik yerleşim alanları, Tepe yerleşmeleri gibi uygun yerleşim yerlerinin belirlenmesinde,
1 / 10.000	Şekil ve boyut yorumlarından yararlanarak yer tespit edilmesinde. (Ayrımın gücünün azlığı sebebi ile küçük yerleşimlerin belirlenmesi zordur.)
1 / 20.000 – 1 / 50.000	Doğal özelliklerin çıkarılmasında, genel bir manzaranın alınmasında, jeoloji, bitki örtüsü ve doğal olmayan büyük alanların belirlenmesi ve uzun çizgiselliklerin çıkarılmasında

#### **4.3.3. Hava fotoğraflarının yorumlanması**

Çekilen bir karelik hava fotoğrafı, birbirinden farklı yüzlerce bilgi içermektedir. Bu bilgilerin bir birinden ayrılması ancak yorumlanması ile mümkün olmaktadır. Yorumlamada temel esas, cisimlerin birbirlerinden olan farklılıklarının bilinmesidir. Bu farklılıklar boyut, şekil, konum, ton ve renk, tekstür ve gölge gibi cisme özel karakteristik özelliklerdir [29,30].

Boyut kıyaslaması, fotoğraf yorumlamanın ilk aşamasıdır. Büyük-küçük, uzun-kısa gibi çalışma alanındaki cisimlerin ve oluşumların fiziksel özelliklerine ait ilk ayrımlar yapılabilmekte ve arkeolojik yerleşimlerin gruplara ayrılmasında, benzer yerlerin aranmasında kullanılabilir.

Hava fotoğraflarındaki şekillerin incelenmesi ile birçok yorumlar yapılarak sonuca gidilmektedir. Genel olarak fotoğraf üzerinde doğal olmayan yapılar keskin çizgisellikler veya geometrik şekiller göstermektedir. Kanallar, yollar, surlar veya savunma hendekleri gibi insan yapımı yapılar doğal ortamdan ayırt edilebilmektedir (Şekil 4.5).



**Şekil 4.5.** Alaca Höyük kazı alanının görünüşü

Konuma dayalı yorumlar arkeolojik çalışmalarda önemli bir yer tutmakta, yakınlık-uzaklık, yükselti farklılıkları gibi özelliklerin bulunmasında kullanılmaktadır. Arkeolojik alanların genel olarak suya yakın olmaları yada dışarıdan gelecek saldırılara karşı korunmaya uygun olan su kenarı yükseltilerin üzerine kurulması konumsal yorumlamanın su kenarlarından başlamasını gerektirmektedir (Şekil 4.6).

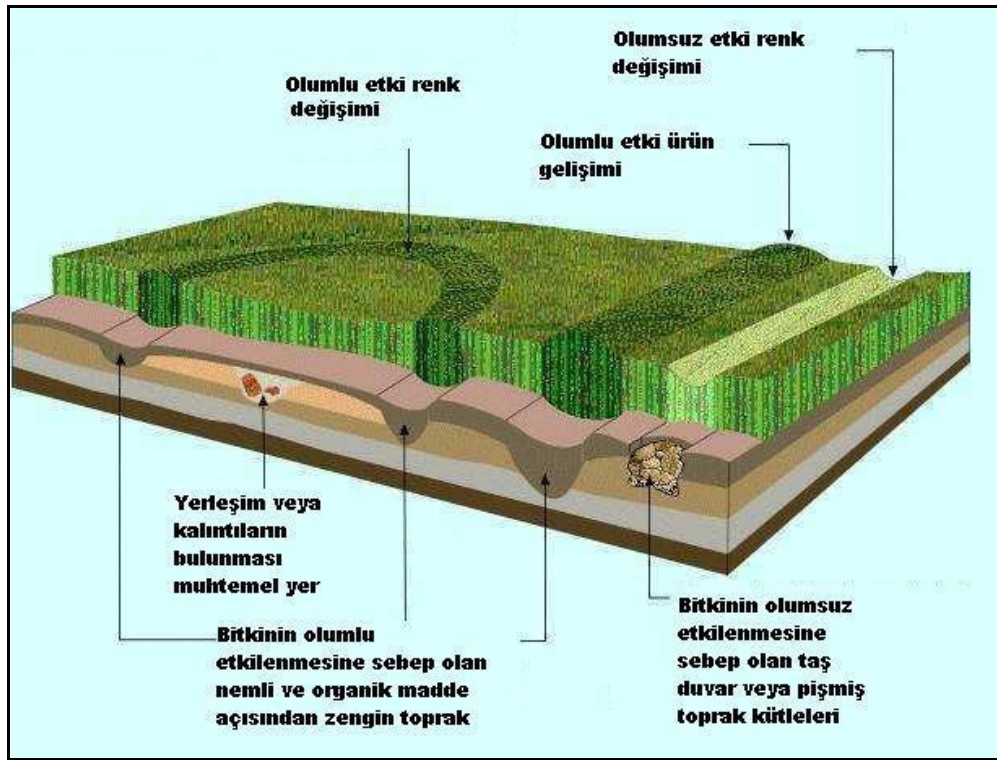


Şekil 4.6. Şapınuva kazı alanı ve Yuğtepe sit alanının genel görünüşü

Cisimlerin yansımaya değerlerinin birbirlerinden farklı olması beraberinde ton ve renk farklılığını getirmekte ve ayırt edilmelerini sağlamaktadır. Yansımaya değerlerine göre hangi tonda veya renkte göründüklerinin önceden bilinmesi yorumlanın doğruluğunu artırmaktadır. Ton farklılıkları, sadece cisimlerin birbirinden ayırt edilmesinde değil aynı özelliklere sahip alan içerisindeki ton ve renk farklılıklarına sebep olan etkenlerin belirlenmesinde de kullanılır. Arkeolojik çalışmalar için çekilen fotoğraflarda ton ve renk farklılıkları etkin bir şekilde incelenmektedir. Toprak altındaki arkeolojik alanların bitki üzerindeki etkileri incelenerek gelişme ve renk değişimleri tespit edilebilmektedir (Çizelge 4.3), (Şekil 4.7) [29,30].

Çizelge 4.3. Toprak altındaki arkeolojik alanların bitkinin rengi üzerindeki etkisi

	Gelişme Aşaması	Olgunlaşma Aşaması	Ürün Aşaması
<b>Normal</b>	Yeşil	Renk değiştirmeye başlar	Sarı
<b>Olumlu Etki</b>	Koyu Yeşil / normale göre uzun	Yeşil kalır	Kahverengiye yakın sarı normalden verimli
<b>Olumsuz Etki</b>	Açık yeşil / normale göre kısa	Normalden önce renk değişimi başlar	Açık sarı ve zayıf ürün



Şekil 4.7. Arkeolojik kalıntıların bitki üzerindeki etkileri [31]

Hava fotoğraflarında tekstür, görüntüdeki ton değiştirme sıklığı olarak tanımlanabilir. Aynı özelliklere sahip alanlarda meydana gelen ton değişimleridir. Büyük ölçekli fotoğraflarda, toprak üzerindeki ton farklılıkları bitki izleri gibi yorumlanabilir. Bu olay alt tabakadaki kalıntıların etkisinin üst yüzeyde belirgin hale gelmesidir.

Gölge, oblik olarak yapılan çekimlerde, sabah erken veya akşam saatlerinde güneş ışınlarının eğimli geldiği saatlerde yapılan alımlarda, yükselti farkları sebebi ile fotoğraf üzerinde gölgelenmeler oluşmaktadır. Cismin yüksekliği ile ilgili olarak gölge alanları büyük yada küçük olabilir. Yapılan çalışmalarda bazı cisimlerin siyah beyaz ve renkli film kullanılarak renkleri ve tonları tespit edilmiştir (Çizelge 4.4) [29,30].

**Çizelge 4.4.** Kullanılan filmlere göre cisimlerin görüntü renk ve tonları

<b>Cisim</b>	<b>Siyah-Beyaz Pankromatik</b>	<b>Siyah-Beyaz Kızılötesi</b>
Kar	Beyaz	Beyaz
Bulut	Beyaz	Beyaz
Gökyüzü	Gri	Siyah
Temiz su	Koyu gri	Siyah
Balçıklı su	Açık gri	Gri
Yapraklarını döken ağaçlar	Koyu gri	Beyaz
Kozalaklı Ağaçlar	Koyu gri	Gri
Sarı Yapraklı Ağaçlar	Açık gri	Açık gri
Toprak (kuru)	Açık gri	Açık gri
Toprak (nemli)	Gri	Koyu gri
Kırmızı toprak (kuru)	Gri	Açık gri
kırmızı toprak (nemli)	Gri	Koyu gri
Bataklık	Koyu gri	Siyah
Bitümlü Yol	Koyu gri	Siyah
Beton Alanlar	Açık gri	Gri
<b>Cisim</b>	<b>Renkli</b>	<b>Renkli Kızılötesi</b>
Kar	Beyaz	Beyaz
Bulut	Beyaz	Beyaz
Gökyüzü	Mavi	Mavi
Temiz su	Mavi / Yeşil	Siyah / Koyu Mavi
Balçıklı su	Kırmızı / Kahverengi	Açık Mavi / Yeşil
Yapraklarını döken ağaçlar	Yeşil	Parlak kırmızı
Kozalaklı Ağaçlar	Yeşil	Kahverengi
Suya doymuş yaprak	Yeşil	Pembe
Yapay Çim (kuru)	Yeşil	Mavi
Yapay Çim (sulanmış)	Yeşil	Siyah
Kırmızı toprak	Kırmızı	Sarı / Yeşil
Bitümlü yol	Siyah	Siyah
Gölgeler	Tam görüşe kapalı değil	Siyah

#### 4.3.4. Uydu görüntüleri ve görüntü üzerinde yapılan işlemler

Görüntü; gözlenen cisimlerden yansıyan enerjinin, sayısal olarak bir manyetik ortam üzerine kaydedilip bir görüntü işleme sistemi yardımıyla, basılı veya sayısal ortamlarda görünür duruma dönüştürülmesi işlemidir.

Yaygın olarak kullanılan uydu görüntüsü çeşitlerinden bazıları;

- Siyah-Beyaz görüntüler, elektromanyetik spektrumun görünen dalga boyları aralığında, cisimlerden yansıyan enerjinin, 0-255 aralığında değer alabilen gri tonlu olarak tek bir görüntü şeklinde kaydedilmesi ile elde edilirler.
- Çok bantlı görüntüler, elektromanyetik spektrumun değişik bölgelerinde, aynı cisimden yansıyan ya da yayılan enerjinin, aynı anda ayrı ayrı bantlar halinde kaydedilmesidir.
- Radar görüntüleri, yapay bir mikrodalga ışınına maruz kalan cisimlerin bu ışını geri yansıtması ile elde edilir.

Bir görüntünün çözünürlük gücü o görüntünün içerdiği bilgi miktarını belirleyici bir özelliktir. Görüntü üzerinde temel olarak 4 farklı çözünürlük özelliği bulunmaktadır.

- Mekansal çözünürlük, görüntü üzerindeki bir pikselin, gerçek dünyada temsil ettiği büyüklüktür. Piksele karşılık gelen gerçek dünyadaki değer ne kadar büyürse mekansal çözünürlük o kadar düşük olur.
- Spektral çözünürlük, görüntünün elektromanyetik spektrumda kapladığı aralığın büyüklüğüdür. Bu aralık dar ise spektral çözünürlük düşük, genişse yüksektir.
- Radyometrik çözünürlük, görüntüye ait her bir pikselin alabileceği rakamsal değerleri kapsayan aralıktır.
- Zamansal çözünürlük, görüntünün çekildiği tarihten sonra tekrar görüntülediği zamana kadar geçen süredir. İki farklı zaman aralığında cisimde meydana gelen değişikliklerin izlenmesi Uzaktan Algılama çalışmalarındaki değişim analizi uygulamalarında kullanılır.

Uydu görüntülerinin amaca uygun kullanıma hazır hale getirilmesi için görüntü düzeltme, görüntü zenginleştirme ve görüntü sınıflandırma gibi bazı işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir.

Görüntü düzeltme işlemleri iki ana başlık altında yapılmaktadır;

#### 1-Radyometrik Düzeltmeler

Algılayıcılardan kaynaklanan hataların düzeltilmesi, atmosferik koşullardan kaynaklanan hataların düzeltilmesi, yeryüzünün topografik durumundan kaynaklanan hataların düzeltilmesi, şeklindedir. Algılayıcılardan

kaynaklanan hatalar uydu görüntüsünün kayıt edildiği yer istasyonlarında düzeltilmekte, diğer düzeltmeler ise kullanıcı tarafından gerçekleştirilmektedir.

## 2- Geometrik Düzeltmeler

Uydu görüntüleri hem sistematik hem de sistematik olmayan geometrik hatalar içermektedir. Bu hataların bir kısmı algılayıcı ile ilgili parametreler yardımıyla giderilir. Bir kısmı da belli yer kontrol noktaları yardımıyla düzeltilir. Yer kontrol noktaları, görüntünün tanımlanan koordinat sisteminde doğru biçimde konumlandırmaya yarayan noktalardır. Yer kontrol noktalarının koordinatları yersel ölçümlerle elde edilir. Yer kontrol noktaları sayesinde görüntünün satır ve sütun değerleri, koordinat değerlerine eşlenerek görüntü ile yer kontrol noktalarının aynı koordinat sistemi içerisinde bulunması sağlanır.

Görüntünün her hangi bir koordinat sisteminde tanımlanmasında sadece yer kontrol noktaları değil, önceden koordinatlandırılmış görüntüler veya sayısallaştırılmış haritalardan da yararlanabilir. Ayrıca koordinat sistemlerinin dönüştürülmesinde de kullanılmaktadır.

Görüntünün daha iyi yorumlanabilmesi için yapılan işlemlere görüntü zenginleştirme işlemleri denilmektedir. Bu işlem sırasında görüntü üzerindeki bazı özellikler ön plana çıkarken bazı özellikler kaybolmaktadır. Zenginleştirme işleminin sonucunda istenilen bilginin niteliği tam olarak önceden belirlenmeli, işlemler amaca uygun olarak yapılmalıdır. Kullanılan bazı görüntü zenginleştirme işlemleri;

- Histogram İyileştirme
- Mekansal İyileştirme
- Aritmetik İşlemler
- Temel Bileşenler Analizi (PCA Principal Components Analysis)
- Görüntü Birleştirmeleri

Uzaktan algılama ile elde edilen görüntüler, yeryüzüne ait çeşitli türde bilgiler içermektedir. Bu bilgiler yeryüzünden yansıyan enerjinin kaydedilmesi ile elde edilir. Cisimlerin özelliklerine göre, yansıma değerlerinin farklılıklarından yararlanılarak, sınıflandırılması gerçekleştirilir.

Sınıflandırma işlemleri ya görsel yorumlama teknikleri ile yada görüntü işleme yazılımları ile otomatik olarak gerçekleştirilir.

Görsel yorumlama, bantların tek tek veya bir arada incelenmesi ile elde edilir. Bu işlemin uzman kişilerce gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Görüntü işleme yazılımları ile gerçekleştirilen sınıflandırma, eğitilmiş ve eğitimsiz olarak ikiye ayrılmaktadır.

Eğitilmiş sınıflandırmada işlemi için örnek sınıfların özelliklerinin belirlenmesi, alan üzerinde bulunan sınıf sayısı ve hangi özelliklerin sınıflandırılmasının istenildiği belirlenmelidir. Belirlenen örnek sınıflar, görüntü üzerinde en belirgin oldukları noktadaki yansıma değerleri gruplandırılmalıdır. Görüntü üzerinde bulunan pikseller, taşıdıkları yansıma değerine göre belirlenen örnek sınıflardan birine dahil olmak zorundadırlar. Bu nedenle örnek sınıflar için bu işlem çok ayrıntılı ve doğru olarak gerçekleştirilmeli, yardımcı haritalar ve bilgiler kullanılmalıdır. Sınıfların belirlenmesinden sonra en yakın komşuluk, en çok benzerlik, en az mesafe gibi yöntemler kullanılarak sınıflandırılır.

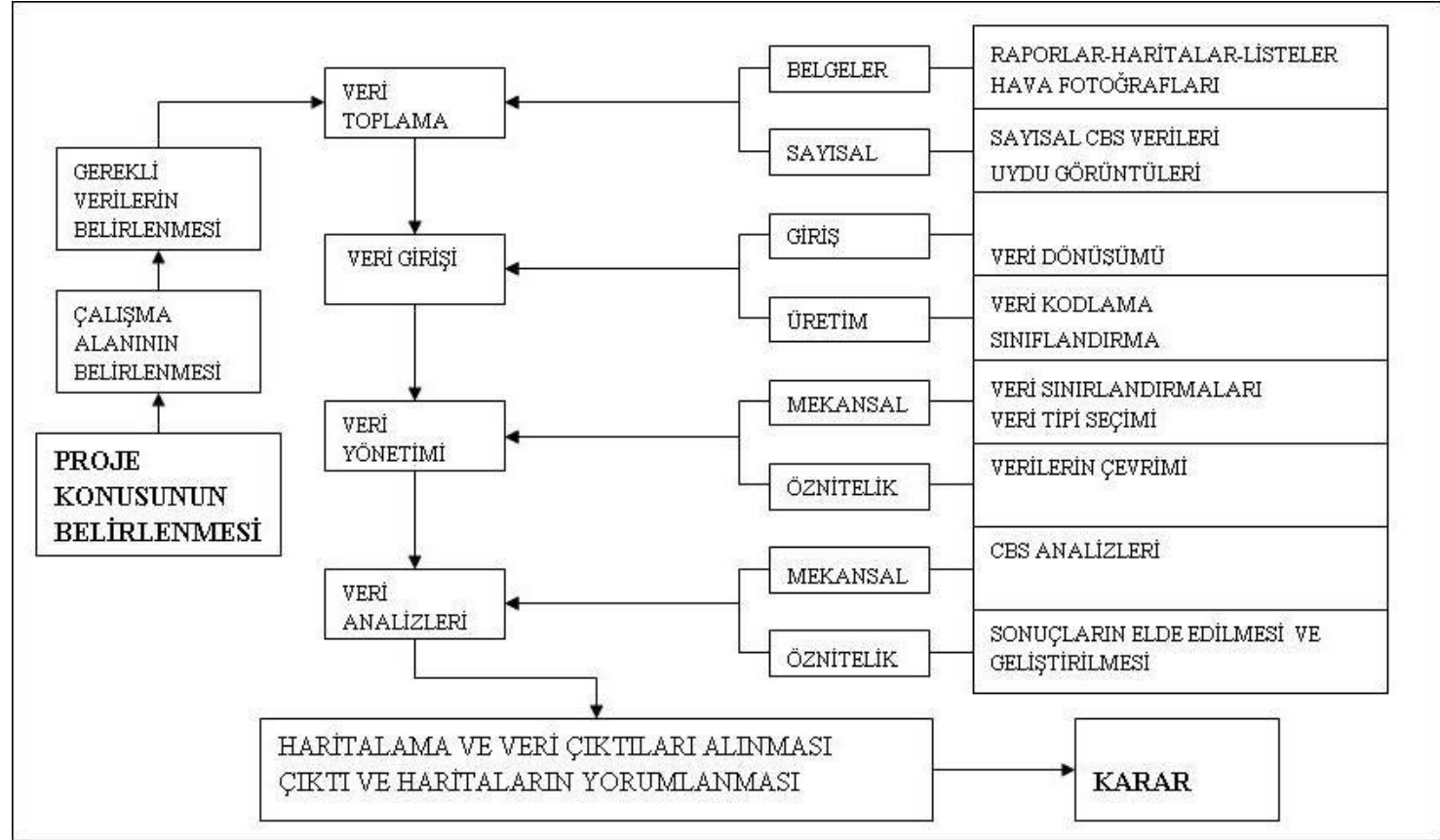
Eğitimsiz sınıflandırma, çalışma alanında bulunan sınıflar hakkında bir ön bilgi olmadığında veya ön arazi çalışması yapılmadığı durumlarda kullanılır. Görüntünün kaç sınıfa ayrılması, yarıçap mesafesi gibi değerler belirtilerek sınıflandırılır. Eğitimsiz sınıflandırma sonucunda görüntü belli sayıda sınıfa ayrılır. Oluşan sınıfların gerçek dünyada hangi cismi veya arazi türünü içerdiği bilinmemektedir. Sınıfların isimlendirilmesinde alınan koordinatlar yardımıyla arazide belirlenmesi yada çeşitli altlıklardan yararlanılarak tespit edilmesi gerekmektedir.

#### **4.4. Arkeolojide Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması**

Coğrafi Bilgi Sistemleri, birbirinden çok farklı bilim dallarına hizmet edebilmektedir. Sayısal olarak elde edilen coğrafi verileri güncelleştirmek daha kolay ve ucuzdur. Grafik ve grafik olmayan veriler kullanılarak amaca uygun görsel sonuçlar elde edilir. Karar verme mekanizmalarına uygun karar, almada alternatifli sonuçlar üretilebilir. Çalışılan bir konu üzerinde veri değerlendirme ve karar akış şeması hazırlanmalıdır (Şekil 4.8).

Analizler sonucunda uygulamaya geçme işlemini kolaylaştırmak için değişik uygulama modelleri üretilerek bu modellerin sonuçları çeşitli ölçek, renk ve projeksiyonlarda haritalar şeklinde üretilebilir.





Şekil 4.8. Çalışan bir konu üzerinde veri değerlendirme ve karar akış diyagramı

#### **4.4.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerini oluşturan elemanlar**

Grafik veri, bilgisayar ortamında harita elemanlarını tanımlayan sayısal verilerdir. Grafik elemanların konumsal ilişkileri, topoloji yardımıyla kurulmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde elemanların sayısal olarak tanımlanmasında üç tip grafik eleman kullanılmaktadır. Nokta, çizgi, ve poligon olarak adlandırılırlar. Topoloji nokta çizgi ve alanların birbirleri ile olan ilişkilerinin matematiksel olarak tanımlanmasıdır. Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımları, elemanların konumsal ilişkilerini saklama, işleme ve belirlemede topolojik yapıyı kullanmaktadır.

Nokta geometrik gösterimin en basit şeklidir. Noktanın boyutu yoktur. Bazı durumlarda semboller şeklinde tanımlanabilir. Arkeolojik alanlar içerisinde bulunan kalıntıların, anıtların veya gezi noktalarının yerlerinin işaretlenmesinde kullanılabilir.

Çizgi en az iki nokta arasının birleştirilmesi ile çizgi gurupları da birden çok çizgilerin birleşmesi ile oluşturulur. Çizgi ve çizgi gurupları nehir, turistik gezi parkuru, arkeolojik alanlar içerisindeki yollar gibi varlıkların tanımlanmasında kullanılabilir.

Poligon, çizgisel elemanlar tarafından sınırlanmış iki boyutlu alanların göl, kazı alanı içerisinde tapınak alanı arkeolojik sit alanı gibi yerlerin tanımlanmasında kullanılabilir.

#### **4.4.2. Katman yapısı**

Grafik veriler, ortak projeksiyon sistemi içerisinde aynı bölgenin farklı gruptaki elemanlarını içeren, belirli bir katman yapıda bulunmaktadır. Katman yapının kullanılmasındaki amaç, aynı alan içerisindeki farklı özelliklere sahip elemanların görsel olarak ayrılabilmesini ve gösterimdeki karmaşıklığın giderilmesini sağlamaktır.

Katman yapısı kullanılarak, aynı alan içerisindeki farklı katmanlarda bulunan harita elemanları arasında, konumsal analizler yapılabilmekte ve elemanların kesişim, birleşim gibi analiz sonuçlarına göre yeni katmanlar

üretilebilmektedir. Üretilen yeni katmanlarla diğer katmanlar arasında ilişkiler kurulabilmektedir.

Katman yapısı, çalışma bölgesindeki elemanların birbirleri ile ilişkileri, verilerin özelliklerine göre oluşturulur. Nokta elemanları gösteren bir katmanda çizgi özellik gösteren bir elemanın nokta ile gösterilmesi istenilen sonuçları ve yapılan analizleri etkilemektedir.

Arkeolojik alanlarda kazı noktaları nokta veya ölçeğe göre alan olarak gösterilirken, yollar çizgi olarak gösterilebilir. Katmanların birbirine karışmaması için çalışmanın başında elemanlar tanımlanmalı, hangi elemanın hangi katmana ait olacağı planlanmalıdır.

#### **4.4.3. Sayısal grafik elemanlar**

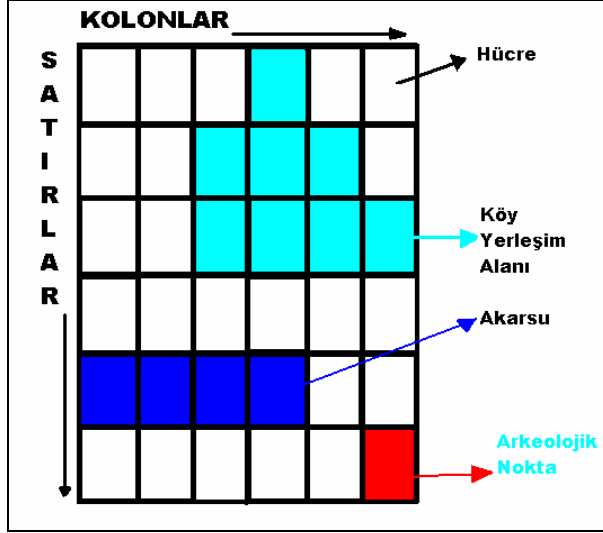
Sayısal grafik elemanlar raster ve vektör olmak üzere iki şekilde gösterilmektedir. Farklı topolojik yapıyı kullandıkları gibi, sayısal ifadeleri ve kullandıkları veri saklama yöntemleri farklıdır. Vektör gösterimde veriler, veriyi oluşturan noktaların koordinat bilgilerinin saklanması ile oluşurken, raster gösterimde veriyi oluşturan grid ve piksel tabanlı yapının sütun ve kolon değerleri ile saklanmaktadır.

Raster veri yapısı, çalışma alanına ait bir özelliğin, belli ölçülerdeki bir alan veya alanlar ile tanımlanmasıdır. Genellikle hücre olarak ifade edilir. Birbirinin aynı dikdörtgenlerin oluşturduğu yapıya sahiptir. Her hücre gerçek dünyada bir alanı ifade etmektedir. Hücrelerin boyutları değişken olup, kullanıcının tercihine bağlıdır. Fakat büyük alanlarda küçük boyutlu hücreler ile çalışmak işlemlerin hızını ve bilgisayarların depolama kapasitelerini etkilemektedir. Ne kadar küçük hücre yapısı kullanılırsa çıktı verinin sayısal ortamda kapladığı alan boyutu o kadar büyük olmaktadır. Çok ayrıntı gerektiren küçük alanları kapsayan işlemlerde ise büyük hücre yapısı veri kayıplarına veya verilerin gerçek yerlerinin değişmesine neden olabilmektedir [38].

Hücreler, kolonlar ve satırlarla ifade edilmektedir. Tek bir hücre içerisindeki eleman genelde bir noktayı ifade etmektedir. Birden fazla hücrelerin birleşmesi ile gerçek dünyada çizgisel veya alansal bir özellik ifade edilebilmektedir. Ardışık dizilen hücreler yol, akarsu, enerji nakil hatları gibi

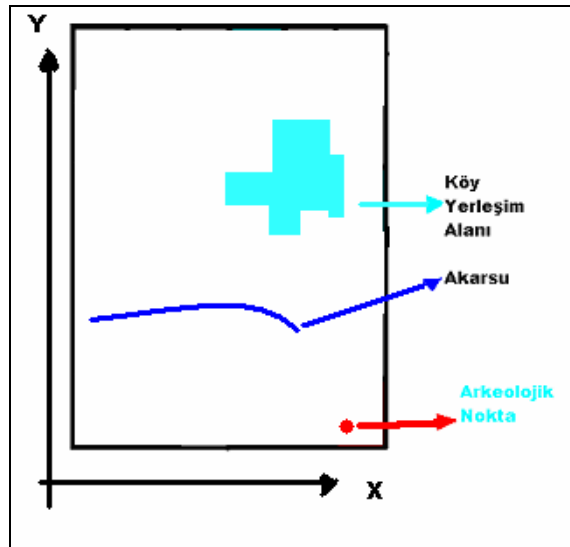
özellikleri, birleşerek bir alan kapatan hücreler ise, toprak yapısı alanı, yerleşim alanları, gibi özellikleri ifade edebilmektedir.

Vektör yapıda nokta, çizgi, poligon olarak ifade edilen elemanların grid yapıda gösterimi (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Raster veri yapısı

Vektör yapıda aynı alana ait elemanlar nokta, çizgi ve poligon olarak ifade edilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Vektör veri yapısı

#### **4.4.4. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde grafik olmayan veriler**

Grafik olmayan veri, belirli bir projeksiyon sisteminde, coğrafi konumu bilinen harita elemanlarının karakteristik özelliklerini tanımlamaktadır. Bunlar grafik olmayıp açıklayıcı bilgiler içeren nicelik ve nitelik belirten özelliklerdir. Öznitelik bilgileri, coğrafi indeksler, konumsal ilişkiler olarak saklanmaktadır. Grafik elemanlarında öznitelikleri bulunmaktadır. Bunlar renk, kalınlık, gibi bilgiler içermektedir. Öznitelik bilgilerin grafik elemanla bağlantısı tanımlayıcı kodlamalarla yapılmaktadır. Bu tanıttıcı kod, aynı değer olarak otomatik veya elle atanmaktadır. Öznitelik bilgileri üzerinden de sorgulama ve analizler yapılabilmektedir [39].

Arkeolojik bir alanın öznitelik bilgileri çalışmanın amacına göre yer adı, bulunma tarihi, tarihsel dönemleri, büyüklüğü, kazı tarihi, önemi gibi bilgiler içerebilmektedir. Coğrafi indeks bilgileri de hangi haritada, hangi paftada sorusuna cevap veren bilgiler içerir. Konumsal ilişkiler de ise, harita elemanlarının birbirleriyle konuma dayalı durumlarının belirlenmesi sözkonusudur. Konumsal ilişki topolojik yapıyla belirlenir. Komşuluk, belirli bir noktadan uzaklık gibi sorgulamalar yapılabilir.

Aynı özellikleri gösteren noktalar, önem sıralaması, yer adına göre bulunması gibi sorgulamalar grafik olmayan öznitelikler üzerinden gerçekleştirilebilir.

#### **4.4.5. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde kullanılan temel analizler**

Coğrafi Bilgi Sistemleri tekniklerinin hazırlanan model üzerine uygulanması sonucu yeni verilere, katmanlara, elemanlara veya haritalara ulaşılabilir. Uygulanan analiz teknikleri çalışmanın amacına göre değişebilmektedir.

Coğrafi konuma ilişkin grafik ve öznitelik bilgisi arasında ilişkiler kullanılarak, grafik bilgilerden öznitelik bilgileri, öznitelik bilgilerden de grafik bilgilere ve ayrıca öznitelik bilgilerden yine öznitelik bilgilere erişme işlemlerine konumsal sorgulama denilmektedir. Harita elemanlarının birbirlerine göre içinde,

dışında, eşit olan, birbirine dokunan, ayrı olan, belli bir alan içerisinde kalan gibi analizler konumsal sorgulama işlemlerinden bazılarıdır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri çalışmalarında vektör ve raster veri durumuna göre yapılan analizler değişmektedir. Vektör veri yapısında genellikle birleştirme, çakıştırma, yakınlık, sınırlandırma, harita işlemleri, uzunluk ölçme gibi konumsal analizler kullanılır. Raster veri yapısında ise genellikle yerel işlemler, komşu hücreler işlemi, bölgesel işlemler ve uzunluk ölçümleri gibi analizler kullanılır. Yerel işlem analizinde, hücreler ya tek başlarına ya da birden çok hücrenin değerlerinin analizi yapılır. Komşu hücre analizinde, analizi yapılan hücre etrafındaki hücre değerlerine göre analiz edilir. Bölgesel işlemler aynı değere sahip hücreler ele alınarak yapılan işlemlerdir. Uzunluk ölçümlerinde, belirlenen hücreden diğer hücre veya hücelere olan uzaklıkların belirlenmesinde veya belli bir uzunluk içerisinde kalan hücrelerin belirlenmesi yapılır [9].

Sayısal arazi modeli kullanılarak yapılan analizlerde, eğim bakı haritaları, kesit çıkartma, görünürlük analizi, hacim hesabı, gölgeli kabartma haritaları üretilebilmektedir.

## 5. UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİNİN ÖRNEKLERLE ÇORUM İLİNDEKİ ARKEOLOJİK ALANLARA UYGULANMASI

### 5.1. Hava Fotoğrafi İşleme ve Yorumlama: Boğazköy Hattuşa

Yapılan bu çalışmada kullanılan fotoğraflar, arkeolojik hava fotoğrafı olmayıp, standart harita yapımında kullanılmak üzere çekilmiş fotoğraflardır. Özel resim çekme koşullarının kullanıldığı hava arkeolojisi çalışmaları sırasında yapılan fotoğraf çekimlerinde, arkeolojik bulgular çok daha ayrıntılı ve hassas belirlenebilmektedir. Arazi çalışmalarında yararlanılan zemin işaretleri fotoğraf üzerinde daha belirgin hale gelmektedir. Çekim anındaki ışık durumu, mevsim, bitki örtüsü, çekim saati gibi kriterlere bağlı olarak çekilen, resim üzerinde yorumlama izleri (toprak izi, bitki izi ve gölge) belirlenebilmektedir [29,30].

Değişik amaçlarda (kadastral, istihbarat, vb) normal koşullar altında çekilmiş fotoğraflarla yapılan çalışmalarda da, arkeolojik anlamda çok fazla bulgular elde edildiği bilinmektedir. İngiltere, İtalya, Ürdün ve Irak'da önceden alınmış fotoğraf kareleri ile kısa bir çalışma yapılarak daha önce kayıtlara geçirilmemiş arkeolojik alanlarla karşılaşılmıştır [32].

#### 5.1.1. Ön İşlemler

Çalışma Alanı: Hititler'in başkenti Hattuşa, Anadolu'nun ortasında, Çorum İline yaklaşık 87 km. uzaklıkta Boğazkale İlçesi sınırları içerisinde, Ankara'nın yaklaşık 150 km doğusunda bulunmaktadır.

Surlarla çevrili şehrin boyutları 0,9 x 1,2 km<sup>2</sup>. kadardır. En geç Hitit İmparatorluk döneminde güneydeki yükseltiler üzerinden 3,3 km. uzunluğunda yeni bir surun inşasıyla şehrin büyüklüğü iki katına çıkarılmıştır. Bin tanrılı şehir adıyla da anılan Hattuşa hem siyasi başkent, hem de ülkenin kült merkezi olmuştur [33]. Bütün bu sebeplerden dolayı örnek çalışma alanı olarak seçilmiştir.

Çalışma alanına ait 1977 ve 1990 yıllarının değişik ölçekli hava fotoğrafları, öncelikle aynı projeksiyon sistemi içerisinde koordinatlandırılarak edilerek fotoğrafların çakışması sağlanmıştır. İncelenen bölge içerisinden ayrıntılar kesilerek çıkarılmıştır. Kesilen bu parçalara görüntü iyileştirme işlemleri

uygulanmıştır. Görüntü iyileştirme, uzaktan algılamada kullanılan sayısal verilerin, bazı işlemler sonucunda daha iyi görünmesini sağlayan ve gözle yorum yapılabilmesi için kullanılan bir yöntemdir. Görüntü üzerinde bazı özellikler görsel olarak daha etkin hale gelirken, belirsizleşerek geri plana atılır. İyileştirme yapılmış görüntü, orijinalinden daha yorumlanabilir kaliteye ulaşmış olur.

Fotoğraflar üzerinde yapılan görüntü iyileştirme işlemlerinde, tek bantta histogram değişimleri kullanılmıştır. Histogram, resmin kontrastı ve kalitesi hakkında bilgi verir. Genel olarak dar bir histogram kontrast azlığını gösterir. Görüntüdeki her piksel değeri, yeni bir piksel değerine karşılık gelecek şekilde görüntünün histogramı istenilen biçime dönüştürülebilir ve kontrast iyileştirme işlemleri ile kalite değiştirilebilir [34].

Geometrik düzeltmeler; Geometrik düzeltme işlemi ile görüntü, bulunduğu koordinat sisteminden (resim koordinatları) olması gereken harita koordinatlarına taşınır. Görüntünün geometrik düzeltme işlemleri için, homojen dağılmış yer kontrol noktaları belirlenmelidir. Bu noktalar, koordinatları yardımıyla bir altlık üzerine işlenir. Görüntü üzerinde kontrol noktalarına karşılık gelen noktalar işaretlenerek, görüntünün koordinat düzlemi ile çakışması sağlanır. Bu işleme haritadan yararlanarak görüntüyü koordinatlandırma (image-to-map registration) adı verilir. Ayrıca geometrik düzeltme, koordinat düzlemi yerine, aynı alana ait farklı bir görüntüden yararlanılarak da yapılabilir. Bu işleme; görüntüden görüntüye koordinatlandırma veya görüntü çakıştırılması (image-to-image registration) adı verilir.

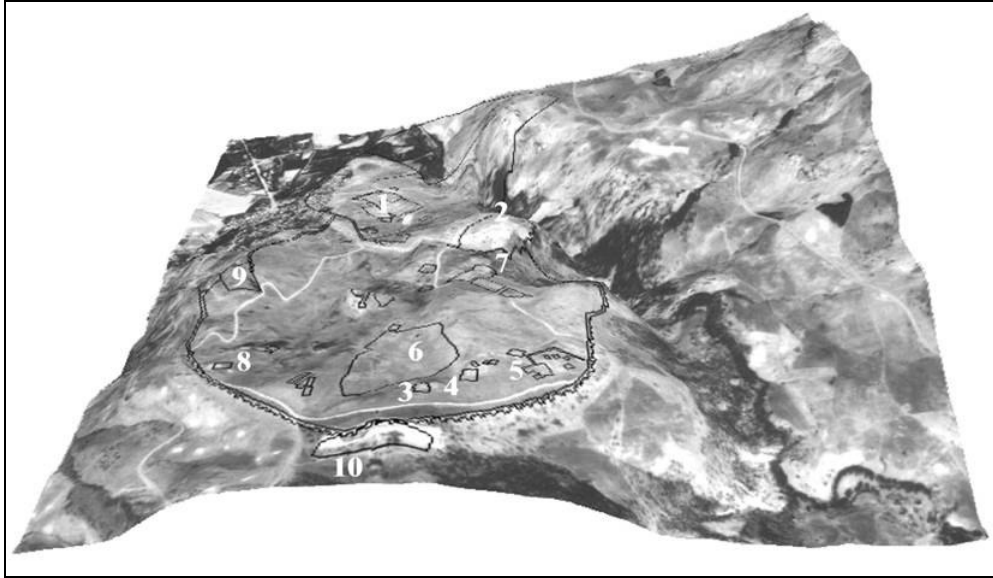
Çalışmada aynı alana ait iki ayrı fotoğraf kullanıldığından, öncelikle bu fotoğraflar coğrafi koordinatlar yerine kendi koordinat sisteminde (resim koordinatları) kalacak şekilde bir resim diğerine göre koordinatlandırılmıştır. Böylelikle değişik zamanlarda değişik ölçek ve yüksekliklerden çekilmiş fotoğrafların aynı koordinat sistemine girmesi sağlanmıştır. Fotoğraflar üzerinde alınan parçaların mümkün olduğu kadar aynı noktalardan kesilmesi işlemi için bu çalışma özellikle gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanında, incelenmesi yapılacak bölgeler, farklı tarihlerdeki hava fotoğraflarından kesilerek bir araya getirilmiş ve aynı alanın farklı tarihlerdeki ayrıntılarının incelenmesi sağlanmıştır. Çalışma alanına ait ayrıntılarının



incelenmesi sırasında, ardışık resimler değerlendirilirken çalışma alanı içerisinde aynı bölgeye ait yan yana görülen fotoğraflardan soldaki 1977 tarihli hava fotoğrafından, sağ tarafta görülen ise 1990 tarihli fotoğraftan alınan parçayı temsil edecektir.

Bu örnek bölgelerin seçiminde, alana ait fiziksel özellikler ve arkeolojik açıdan önemi dikkate alınmıştır. Bu nedenle alanın tümü yerine, küçük parçalarla ayrıntılı çalışılması daha uygun olmuştur. Çalışma alanının tümünü içeren hava fotoğrafı üzerinde, incelenen alanların numaralarını belirten bir anahtar plan hazırlanmıştır. İncelenen bölgelerin birbirleri ile üç boyutlu konumsal ilişkilerinin değerlendirilebilmesi için, bölgenin hava fotoğrafı ve anahtar plan sayısal arazi modelinin üzerine giydirilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Hava fotoğrafı üzerinde çalışma bölgeleri

### 5.1.2. Örnek Çalışmanın İncelenen Bölgelere Göre Yorumlanması

**1 Numaralı Bölge;** M.Ö. 14. ve 13. yy'da kullanılmış ve yapay bir teras üzerine oturtulmuş, şehrin en büyük dini yapısı olan Büyük Tapınak, konum itibarıyla şehrin büyük bir kısmına hakimdir [33]. Bu şekildeki alan, Aşağı Şehir'in tamamına yakınına içerisinde almaktadır. Hava fotoğrafları incelendiğinde, Büyük Tapınak ve etrafındaki yapı kompleksi, net bir şekilde belli olmaktadır.

Soldaki fotoğraf ile sağdaki fotoğraf arasında kazı alanı üzerinde herhangi bir değişiklik görülmemektedir. Bununla beraber, kazı alanının girişinde bir düzenleme çalışması, yol çalışması, ayrıca sağdaki resim üzerinde yol kenarında beyaz leke olarak görülen çakıl dökülmüş park alanı farklılık olarak öne çıkmaktadır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Plan üzerindeki 1 numaralı bölge (Büyük Tapınak Alanı)

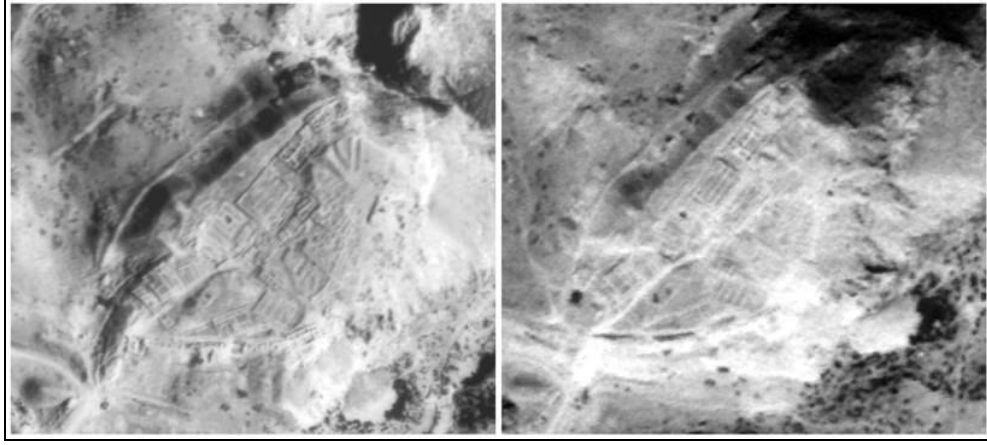
Özellikle kompleks içerisindeki beyaz izler, en çok üzerinde gezilen ve taş döşenmiş alanları belirtmektedir. Bunun nedeni taş döşenmiş olan iç sokakların, fotoğrafta parlak ve beyaz olarak görülmesidir (Şekil 5.3). Dikkat edilmesi gereken başka bir nokta ise, özellikle yükselti farklarının çok olduğu alanlardaki izlerin belirginliğinin 1990 yılına ait fotoğrafta kaybolmasıdır. 1990 yılına ait fotoğrafın tamamı incelendiğinde, geçen süre zarfında şehrin erozyon tehdidi altında olduğu görülmektedir. Bölgenin jeomorfolojik durumu göz önünde bulundurulduğunda, genel olarak alanın yükseklik farkının çok olması ve yüzey toprağını tutacak bitki örtüsünün bulunmaması, ayrıca sert rüzgarlara maruz kalması, erozyonu hızlandıran sebeplerdir.



Şekil 5.3. Büyük Tapınağın Güncel Görüntüsü [8]

**2 Numaralı Bölge;** Büyükkale, yaklaşık 250 x 140 m<sup>2</sup> boyutlarındaki bu az engebeli düzlük, dört tarafı sarp kayalık yamaçlar ile doğal olarak korunmaktadır (Şekil 5.1). MÖ. 3. binin sonlarında, İlk Tunç Çağı'nda burada ilk yerleşim alanı kurulmuştur. Hititler de burayı zamanla büyük bir surlu kompleks haline dönüştürmüşlerdir.

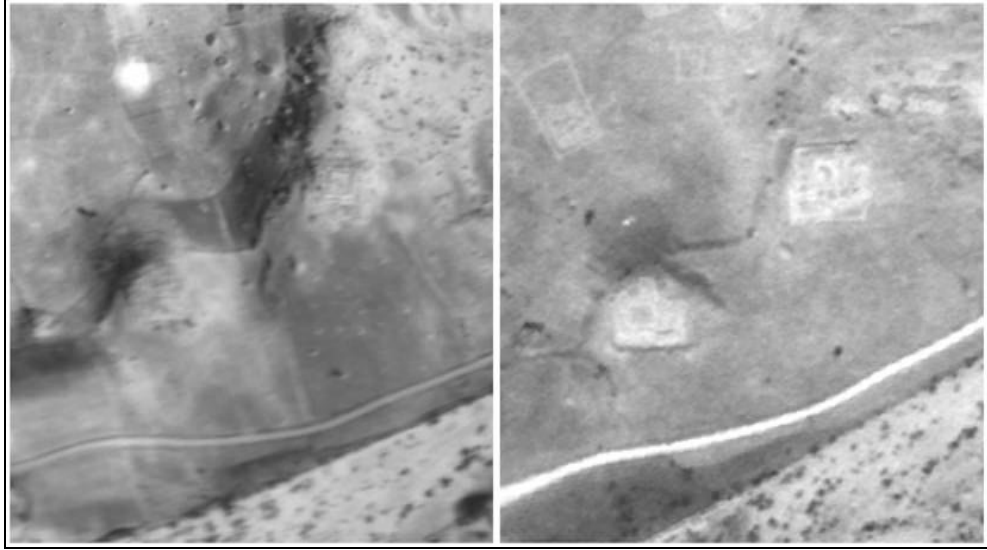
Büyükkale bölgesinde taşların fazla olması nedeni ile, yol ve temel taşları fotoğrafta beyaz izler olarak belirginleşmiştir. Bu izlerin bir kısmı yeni yapılan güncel yolları ifade ederken, kompleks içerisinde kalanlar en çok kullanılan gezinti parkurları olarak karşımıza çıkmaktadır. Soldaki fotoğraf üzerinde bulunan küçük siyah noktaların, diğer fotoğrafta daha da büyüdükleri görülmektedir. Yapılan incelemelerde bunların, ağaç oldukları belirlenmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Plan üzerindeki 2 numaralı bölge (Büyükkale)

**3 ve 4 Numaralı Bölge;** Özellikle bu fotoğraf zamansal değişimin nasıl gerçekleştiğini göz önüne koyması açısından önemlidir. Soldaki fotoğraf üzerinde sadece iz olarak belli olan 3 ve 4 numaralı tapınaklar, geçen süre içerisinde üzerlerindeki topraklar alınarak gün yüzüne çıkarılmış ve temizlenerek kazı sonlandırılmıştır (Şekil 5.1). Sağdaki fotoğraf incelenerek, tapınak temelleri ve mimari yapısı hakkında ayrıntılı çalışmalar yapmak mümkündür. Fotoğraf üzerinde sağ altta görülen yola paralel çizgisellik, iki alan arasında bir sırt oluşturmaktadır. Normal topografyayı bozan bu çizgisellik, fotoğraf üzerinde iki yamaç arasında ton farklılıklarına sebep olarak kendini ortaya çıkartmaktadır. Bu çizgiselliğin nedeni, bütün şehri çevreleyen 6 km uzunluğa sahip surdur. Bu sorun

yer yer genişliği 8 m'yi bulmaktadır. Hava fotoğraflarındaki toprak izi, bitki izi, gölge gibi özelliklerden yararlanılarak, arkeolojik alan olma olasılığı yüksek bölgelerin belirlenmesine örnek, soldaki fotoğraf üzerindeki 3 ve 4 numaralı tapınak yerleri verilebilir. Böylelikle, standart harita üretimi amacı ile çekilmiş olan bu fotoğraflardan yararlanılarak da, arkeolojik yorumların yapılabileceği görülmektedir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Plan üzerindeki 3 ve 4 numaralı bölge

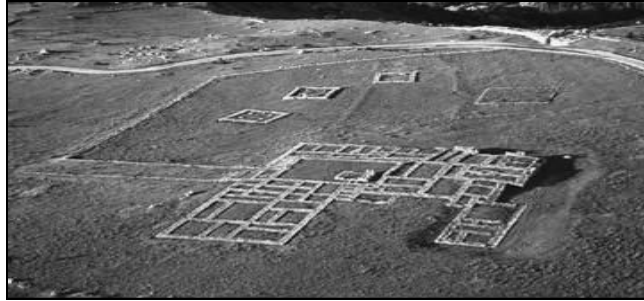
**5 Numaralı Bölge;** Yerkapı'dan Kral Kapı'ya giderken, Yukarı Şehrin en büyük üç tapınağının yakınından geçilmektedir. 2 ve 3 numaralı tapınaklar, merkezi Tapınak Mahallesi'nde, 5 numaralı tapınak ise daha doğuda ve aşağıda, Kral Kapı yakınında yer almaktadır [35].

Soldaki karede görülen alan içerisinde sadece bazı izler varken, sağdaki kare içerisinde bu izlerinde bina temelleri ve binaları çevreleyen duvar oldukları görülmektedir. Arkeolojik alanların belirlenmesi amacı ile yapılan bir çok çalışma, yüzey araştırmaları ile yürütülmekte olmasına rağmen, bazı durumlarda havadan alınan fotoğraflar bu alanların daha kolay ve daha hızlı bir şekilde ortaya çıkarılmasını sağlamaktadır. Hava fotoğrafı alımı için arkeolojide genellikle yerden kontrollü balonların kullanıldığı bilinmektedir. Yerden, izlerin hangi yönde gittiklerini veya nereye kadar uzadıklarını kestirmek zorken, hava fotoğrafları üzerinde özellikle doğrusallıkların ve kendine özgü desenlerinin

ıkarılması kolay olmaktadır. Ayrıca surun devamı net bir şekilde görülmektedir. Fakat özellikle surun üzerinde bulunan ve yolun kurpunun ortasına denk gelen kesiklik dikkat çekicidir. Bu kesiklikten önce ve sonra, sur üzerindeki değişlik, burasının giriş çıkış noktası olabileceği işaretini vermektedir. Gerçekten de yapılan çalışmalar sonucu burası Kral Kapısı olarak adlandırılmıştır. Ayrıca surun dışarisinden kapıya doğru gelen yol da bunu doğrulamaktadır (şekil 5.6, 5.7).



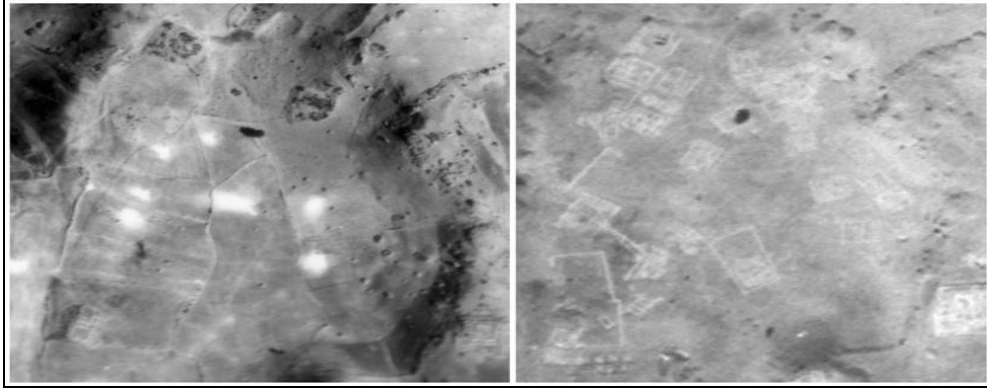
şekil 5.6. Plan zerindeki 5 numaralı bölge



şekil 5.7. 5 Numaralı bölge ve Kral Kapısı'nın son durumu [35]

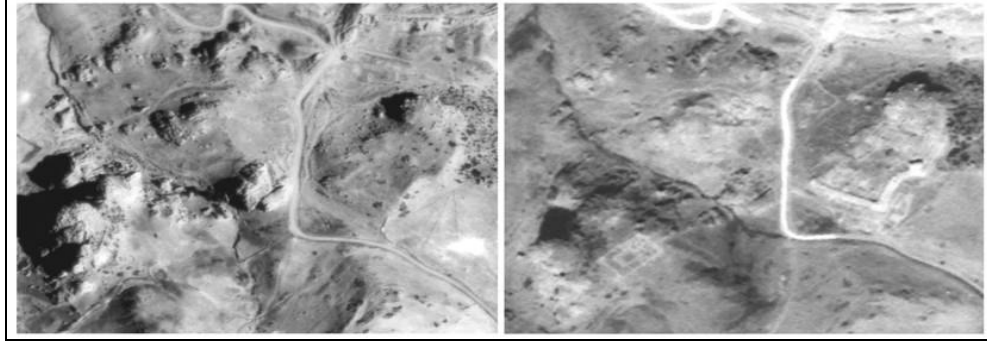
**6 Numaralı Bölge;** Yerkapı'nın hemen aşağısındaki dzlkkte bulunan yapıların temellerinin çoğu Hitit tapınaklarına aittir. Yukarı şehir'de 30 tapınak tespit edilmiştir, ama daha başka tapınakların da bulunacağı düşünülmektedir [35]. Zamansal değişimin en güzel rneği olarak sunulan bu alan içerisinde, 1977 yılından önce kazı çalışmalarının olmadığı açıkça görülmekte ve geçen süre içerisinde, çok sayıda binadan oluşan bir kompleksin ortaya çıkarıldığı belli

olmaktadır. Soldaki fotoğraf üzerindeki çizgiselliklerin, sağdaki bina temellerine uyumunun belirlenmesi, fotoğraf yorumlanmasının ne kadar önemli olduğunu göstergesidir (Şekil 5.8). Ayrıca, şehri çevreleyen surların içerisinde topografik anlamda en düz alan bu bölgede bulunmaktadır. Etrafında bulunan yükseltiler, alana doğal bir güvenlik sağlamaktadırlar (Şekil 5.1). Yakın çevrelerinde bulunan kaya bloklarının, binaların temellerinin inşasında kullanıldığı tahmin edilmektedir.



Şekil 5.8. Plan üzerindeki 6 numaralı bölge

**7 Numaralı Bölge;** Sağdaki fotoğraf incelendiğinde, yolun her iki yanında bulunan tepelerin üzerine yerleştirilmiş olan binalar, yolun sağ ve solunda beyaz çizgiler halinde görülmektedir (Şekil 5.9). Soldaki fotoğrafta sadece iz olarak belli olan alanlar, zaman içerisindeki çalışmaların sonucunda, diğer fotoğrafta belirgin beyaz çizgiler halinde görülmektedir. İki tepe arasındaki boğazdan devam eden güvenli yol etrafında kurulmuş bu yapılar, sağlam zemine oturmuş binalardan oluşmaktadır. Ayrıca yolun hemen yanında bulunan ve yola göre daha ince olan diğer bir iz, dere yatağını göstermekte ve alanın su kaynakları açısından zengin olduğunu düşündürmektedir.



Şekil 5.9. Plan üzerindeki 7 numaralı bölge

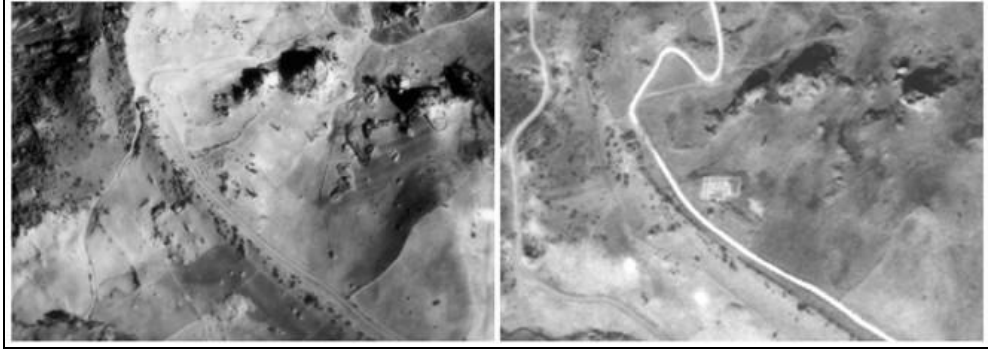
Bugün Hattuşa'da görülen Hitit dönemine ait olmayan pek az sayıdaki kalıntılardan biri olan Güney Kale, MÖ. 700'den sonra inşa edilmiş bir Frig kalesidir [35]. Hitit kral sarayının bulunduğu Büyükkale üzerinde de büyük bir Demir Çağ kalesi bulunmaktadır (Şekil 5.10).



Şekil 5.10. Güney Kale'nin güncel görüntüsü [35]

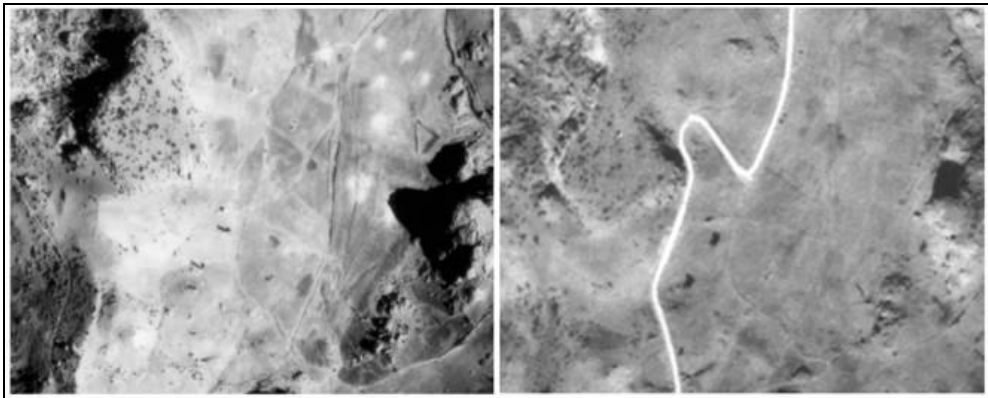
**8 Numaralı Bölge;** Şekil 5.6.'da tanımlanan ve sur olduğu tahmin edilen ton farklılıkları bu bölgede de görülmekte, şehir surlarının batı kısmını oluşturan parçası fotoğraf üzerinde açıkça belli olmaktadır (Şekil 5.11). Bu sur üzerinde de dışarıdan gelen bir yol bulunmakta ve sur ile kesiştiği görülmektedir. Bu kesişim noktasında Aslanlı Kapı bulunmaktadır. Yine her iki karede de sağ altta kalan üçgenimsi alanın düzgün yapısı dikkat çekmektedir. Bu alanda 2000-2002 yılları arasında yapılan çalışmalarda, güney havuzları bulunmuştur. Her iki fotoğraf da güney havuzlarının alt tarafında arkeolojik alan belirtileri gözlenmektedir. Fakat günümüze kadar bu alan içerisinde her hangi bir çalışma yapılmamıştır. İleri ki yıllarda bu alanda çalışma yapılması sonucunda yeni bina ve bina komplekslerinin

ortaya çıkması muhtemeldir. Çünkü alanın düzgün yapısı, Aslanlı Kapı ve havuzlara yakınlığı, alanın önemini artırmaktadır.



Şekil 5.11. Plan zerindeki 8 numaralı bölge

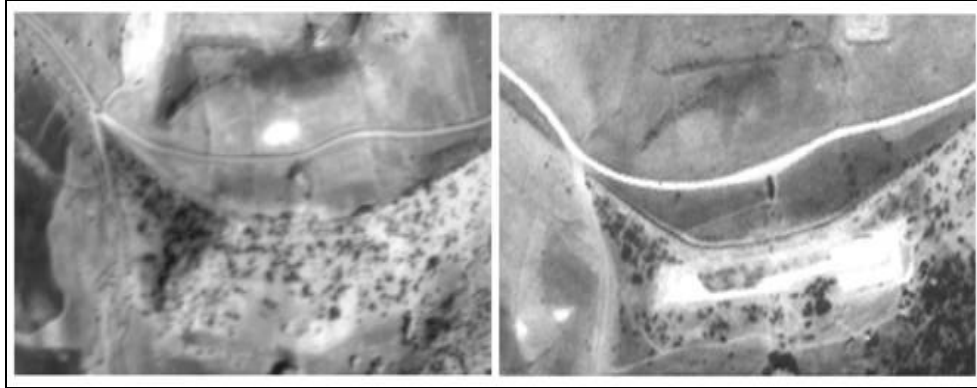
**9 Numaralı Bölge;** Fotoğrafta görülen en büyük değişim, yol olarak karşımıza çıkmaktadır. Alanı ikiye ayıran yolun sağ tarafında 2003 yılından sonra kazılara başlanılmıştır. Bu alan üzerinde kalın bir toprak katmanının bulunması görsel yorumlama yapılmasına izin vermemektedir. Alan üzerinde arkeojeofizik çalışmalarda bulunulmuş ve toprak altındaki yapıların yerleri belirlenerek kazılara başlanılmıştır. Kazılar halen devam etmektedir [35]. Kalıntıların zerindeki toprak katmanının kalın olması, burasının erozyon sonucunda toplanma bölgesi olduğunu göstermektedir. Fotoğraf üzerinde sağ kısımda kalan yaklaşık kare Şeklindeki alan, Şehir surlarına yakın ve Őehre hakim yapısı ile değerlendirmeye alınması gereken bir yer olarak görülmektedir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12. Plan zerindeki 9 numaralı bölge



**10 Numaralı Bölge;** Şehrin en güneyinde ve en yüksek noktasında Yerkapı bulunur (Şekil 5.1). Şehrin en yüksek noktasında bulunan 10 numaralı alan, çalışma alanının en görkemli yapısına sahiptir. Bu bölgede bulunan Güney Kapısı doğal bir yükselti üzerine yığma taşların bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur. Hava fotoğrafının yorumlanmasında surların ve güncel yolun belirginliği yanı sıra, taşların üzerindeki temizlik ve düzenleme çalışmaları açıkça belli olmaktadır. Ayrıca zaman içerisinde kapı olarak kullanılan alanın sağ yanında sur üzerinden geçen ve etraftaki köylere ulaşımı sağlayan farklı bir yol oluşturulmuştur. Kazılar başlamadan önce Boğazkale etrafındaki köylerin bu yolla ulaşımının sağlandığı bilinmektedir. Ayrıca bu yol, şehrin güneyindeki ormanlık alana ulaşmaktadır (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. Plan üzerindeki 10 numaralı bölge (Yerkapı)

### 5.1.3. Örnek Çalışmanın Sonuçları

Arkeolojik alanların tespit edilmesi için yapılan geleneksel araştırmalarda, arazinin topografyası ve iklimsel koşulları, zaman, ekonomik destek, teknik donanım, personelin bilgi, tecrübe ve performans yeterliliği gibi bir çok açıdan değişken etmen problemleri beraberinde getirmektedir. Teknolojik gelişimin ürünleri ile gelişen uzaktan algılama teknikleri, bu aşamada arkeolojik çalışmalara gerekli desteği sağlamaktadır. Değişik platformlardan alınan farklı çözünürlükteki hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri, çalışma alanının güncel durumunun belirlenerek genel yorumların yapılmasını ve çalışmanın amacına ve kapsamına göre kritik bölgelerin belirlenmesini sağlamakta kullanılabilmektedir.

Uzaktan Algılama tekniklerinin kritik bölgelerde uygulanması ile fiziksel ayrıntılar ortaya çıkarılmakta ve tarihsel ayrıntılar ile desteklenerek yorumlanmaktadır.

Yapılan bu örnek çalışmada, Çorum il sınırları içinde bulunan, tarihsel ve arkeolojik önemi dünya literatüründe kabul edilmiş Boğazkale bölgesinin farklı tarihlerdeki hava fotoğrafları, Uzaktan Algılama teknikleri ile incelenmiştir. Çalışma kapsamında arkeolojik alanların zamansal değişimi gözlenmiş, elde edilen kritik bölgelerin ayrıntıları, tarihsel içerikleri çerçevesinde yorumlanmış, sadece yer üstündeki fiziksel belirtiler değil aynı zamanda toprak altındaki yapıların belirtileri incelenmiştir.

Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen genel ve bölgesel nitelikteki alanlarda bulunan yapılar, Coğrafi Bilgi Sistemleri ile veritabanı etkileşimli sayısal haritalarda derlenmektedir. Fiziksel ve tarihsel öznitelik bilgilerini, sayısal harita üzerinde ait oldukları grafik veriler ile etkileşimli kullanıma sunan bu tekniklerle sorgulama, analiz ve modelleme çalışmaları yapılarak araştırma projesinin her aşaması sayısal ortamda değerlendirilebilmektedir. Böylelikle arkeolojik alanlar üzerinde yapılan çalışmalarda karşılaşılan problemler, sayısal ortamda belirlenebilmekte ve sağlıklı çözümler kısa sürede ve düşük maliyetle üretilebilmektedir.

Bu çalışmanın devamı olarak Uzaktan Algılama çalışmaları ile elde edilen tüm sonuçların Coğrafi Bilgi Sistemleri ile değerlendirilerek sayısal ortamda kullanıma sunulması önerilmektedir.

## **5.2. Uydu Görüntülerinin Yorumlanması**

Çalışma alanı olarak seçilen bölgede, bitki örtüsü, doğal kaynakları, yerleşim planları, yollar ve akarsuların belirlenmesi, arazi kullanım sınıflarının çıkarılması gibi işlemler arkeolojik alanların araştırılmasında önemlidir.

Yüzey araştırmalarında alana ait bilgilerin bir arada incelenmesi, bölgeye ait uydu görüntüsünün kullanılması ile bazı güncel bilgilerin elde edilmesini ve diğer verilerle bir arada yorumlanması çalışmanın kalitesini arttırmaktadır.

Çalışma alanına ait uydu görüntüleri üzerinde yorumlama ve güncel bilgilerin elde edilmesine bir örnek hazırlanmıştır. Bu örnekte amaç uzaktan

algılama tekniklerinin kullanılması ile elde edilen bilgilerin arkeolojik alanların belirlenmesi konusunda etkilerinin değerlendirilmesidir.

### 5.2.1. Örnek uygulamada kullanılan uydu görüntülerinin özellikleri

Örnek uygulamada, 2000 yılına ait Landsat 7-ETM, 1997 yılına ait IRS 1-C, görüntüleri kullanılmıştır. Düzeltme işlemleri önceden gerçekleştirildiği için görüntüler üzerinde düzeltme işlemleri yapılmamıştır (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Landsat uydu görüntüsünün özellikleri

Landsat 7- ETM			
Yörünge	Güneşle uyumlu, kutupsala yakın		
Yükseklik	705 km., dairesele yakın		
Görüş (kolon) genişliği	185 km.		
Ekvator Geçiş Zamanı	9:45		
Tekrarlama zamanı	14,5		
Görüntü yan bindirmesi	% 7.3 ile % 83.9 enleme bağlı olarak değişmekte		
Eğim açısı	98.2 derece		
Algılayıcı çeşidi	Optik-Mekanik Tarayıcı ( $\mu$ )	Piksel Boyutu ( $m^2$ )	Radyometrik Ayırma Gücü
1.Bant Görünür(Mavi-Yeşil)	0.45-0.52	30 x 30	8 bit
2.Bant Görünür (Yeşil)	0.52- 0.60	30 x 30	8 bit
3.Bant Görünür (Kırmızı)	0.63-0.69	30 x 30	8 bit
4.Bant IR Yakın Kızılötesi	0.76-0.90	30 x 30	8 bit
5.Bant IR Orta Kızılötesi	1.55-1.75	30 x 30	8 bit
6.Bant IR Termal Kızılötesi	10.42-12.50	60 x 60	8 bit
7.Bant IR Yansıyan Kızılötesi	2.08-2.35	30 x 30	8 bit
8.Bant Pankromatik	0.52-0.90	15 x15	8 bit
Görüntü Boyutu	185 x 172 $km^2$		

Kullanılan görüntünün bant özellikleri;

Bant 1 - (0.45-0.52  $\mu m$ ): Su kütlelerinin hareketleri; kıyı haritalarının yapımında yararlanma ve toprağın bitkiden ayırt edilmesinde rol oynamaktadır.

Bant 2 – (0.52-0.60  $\mu m$ ): Bitkilerin canlılığını saptamada; görülen spektrumdaki yeşil bölgede oluşan pik yansımasının ölçülmesinde kullanılır. Bitki örtüsü türleri arasındaki sınırlar, yollar ve yapıların izleri belirlenebilir.

Bant 3 – (0.63-0.69  $\mu m$ ): Klorofil soğurma bandı olup, bitkilerin ayırt edilmesinde önemli rol oynar. Binalar, yollar gibi insan yapısı cisimler ayırt edilebilmektedir.

Bant 4 – (0.76-0.90  $\mu m$ ): Su kütlelerinin ayırt edilmesinde yararlanılır.

Bant 5 - (1.55-1.75  $\mu\text{m}$ ): Bitki ve topraktaki nemi gösterir. Kar kütleleri ile bulutların birbirinden ayırt edilmesinde yararlanır.

Bant 6 - (10.42-12.50  $\mu\text{m}$ ): Toprağın nemi, sıcaklık miktarları ve bitkilerin dayanım farklılıkları belirlenebilir.

Bant 7 - (2.08-2.35  $\mu\text{m}$ ): Kayaç cinslerinin ayırt edilmesinde ve hidrotermal haritaların çıkarılmasında kullanılabilir.

### **5.2.2. Uydu görüntüleri üzerinden yorumlama**

Uydu görüntülerinin yorumlamalarda kullanılmasında, bantlar tek tek ele alınabileceği gibi ikişer ikişer veya üçlü kombinasyonlar halinde de ele alınabilmektedir.

Tek bant değerlendirilmesi; sınıflandırma, histogram düzeltme, piksel değerlerini belirleme, siyah-beyaz hava fotoğrafı yorumlama.

İkili bant değerlendirilmesinde ise bantlar arasında toplama, çıkartma gibi matematiksel işlemler yapılmakta, oluşan görüntü tek başına veya başka bantlarla işlemlere alınarak yorumlanmaktadır.

Genellikle kullanılan üçlü kombinasyonlar sonucu elde edilen yeni görüntünün yorumlanması ile daha ayrıntılı analizler yapılabilmektedir. Bant kombinasyonlarında amaç bazı cisimlerin diğerlerinden ayırt edilmesini sağlamak, kullanılan bantların özelliklerine göre oluşan görüntüyü değerlendirmektir. Geçmişte yapılan çalışmalarda çok kullanılan bazı bant kombinasyonları ve ortaya çıkan görüntünün uygulama alanları belirlenmiştir (Çizelge 5.2).

**Çizelge 5.2.** Kullanılan bant kombinasyonları

Bant Kombinasyonu (R,G,B)	Uygulama Alanları
3,2,1	Gerçek renkli görüntü elde edilir. Renkli hava fotoğrafı gibi kullanılabilir. Su derinliklerinin, yerleşim yerlerinin belirlenmesinde kullanılabilir.
4,3,2	Kızıl ötesi hava fotoğrafı görüntüsüne benzemektedir. Bitki alanları kırmızı, yerleşim alanları mavi olarak gözükmektedir. Toprak ile su sınırlarının birbirinden ayrılmasında da kullanılmaktadır.
4,5,3	Toprak su sınırlarını ortaya çıkarmaktadır. Nemli veya ıslak toprak normalden koyu görülmektedir.
7,4,2	Su yosunları açık mavi görünmektedir. Kozalaklı ağaçlar yapraklı diğer ağaçlara göre daha koyu renktedir.
6,2,1	Su sıcaklıklarının belirlenmesinde kullanılır.
7,3,1	Mineral gruplarının ayrılmasında kullanılır. Tuzla ilgili alanlar beyaz, akarsular ise koyu mavi olarak gözükmektedir.

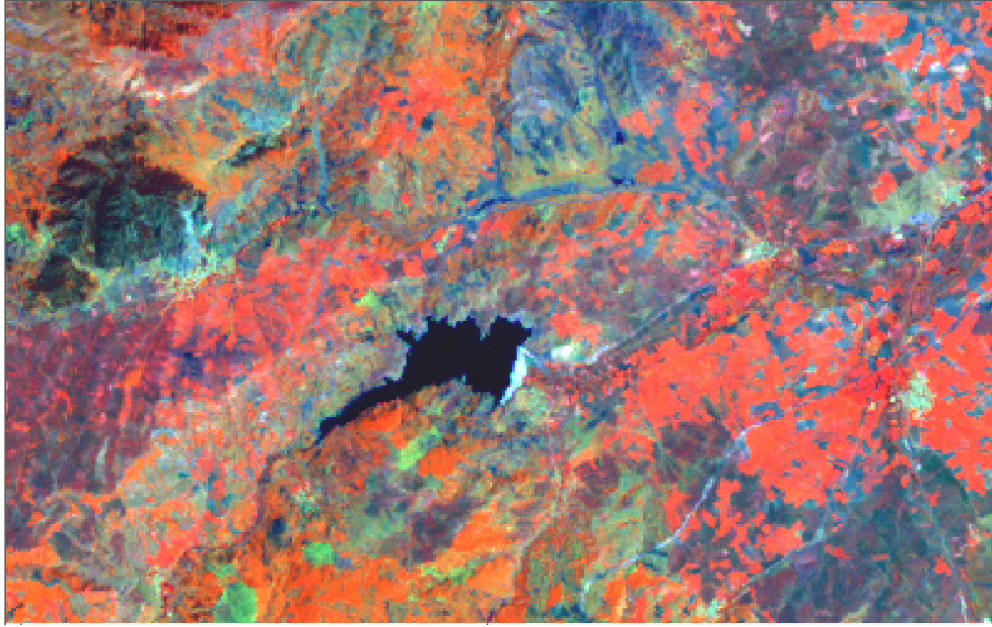
Örnek uygulamada Landsat RGB/453 bant kombinasyonu mevcut yerleşim yerlerinin belirlemesi amacıyla kullanılmış ve arazi sınıflarının görüntü üzerinden belirlenmesinde daha önceden hazırlanmış yorumlama çizelgesinden yararlanılmıştır (Çizelge 5.3).

**Çizelge 5.3.** Landsat RGB/453 Bant kombinasyonu yorumlama çizelgesi

Arazi Sınıfı	Renk-Ton
Yerleşim alanları	Mavi, açık mavi
Yollar	Mavi, koyu mavi
Kuru tarım (yetişkin)	Kırmızı, bordo, açık kırmızı
Kuru tarım (biçilmiş)	Açık yeşil,
Sulu tarım	Mavi, açık mavi
Orman (iğne yapraklı)	Kahverengi, bordo, kahverengi-yeşil
Orman (dökülen yapraklı)	Canlı kırmızı, koyu kırmızı, kırmızı
Mera doğal - bitki örtüsü	Haki, sarımsı yeşil, açık yeşil
Akarsular	Mavi siyah
Maden ocakları, taş ocakları	Beyaz, gri
Göller	Siyah

Yeni Hayat barajı ve etrafı, yorumlama çizelgesi yardımıyla incelendiğinde, baraj su toplama havzası ve baraj gövdesi net olarak belli olmaktadır. Barajda bulunan su ile toprak sınırları ayırt edilebilmektedir. Baraj etrafındaki sırtların açık sarı, haki renklerde olması sırtlarda ağaçlandırmanın olmadığını göstermekte, doğal bitki örtüsünün bulunduğu alanlar olarak görülmektedir. Baraj ana gövdesinin önünde bulunan büyük düzlüklerde açık kırmızı renklerle tarım arazileri görülmektedir. Baraja çıkan yol ve etraftaki yerleşim yerlerine giden yollar mavi çizgiler halinde belli olmaktadır (Şekil 5.14).

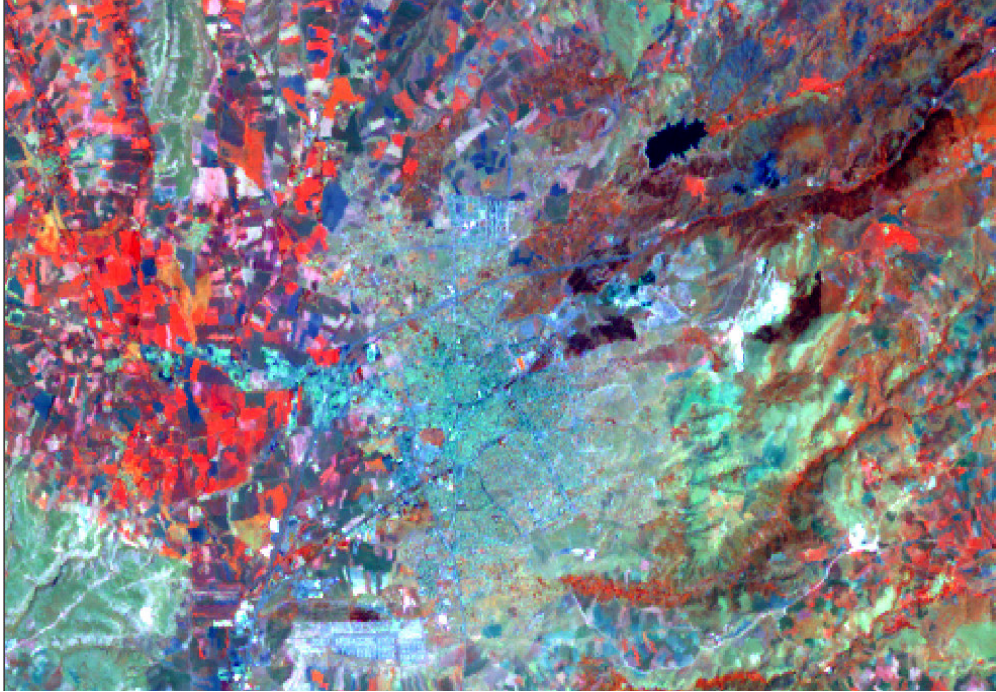
Arkeolojik alan olarak bu bölgede kayıtlara geçirilen Yeni Hayat arkeolojik alanı, barajın güney kısmında yoğun orman alanı içerisinde bulunmaktadır. Görüntü üzerinde alanın tespiti mümkün olmamıştır.



Şekil 5.14. Landsat RGB/453 Bant kombinasyonu ile oluşan görüntü

Landsat uydu görüntülerinin bant çözünürlükleri 15m. ile 60m. arasında değişmektedir. Arkeolojik alanların küçük ve genellikle arazi yapısı ile uyumlu olması, üzerlerinin bitki örtüsü ile kaplı olması, genellikle etrafındaki ortamla aynı özellikleri ve yansımaya değerlerini vermesi gibi nedenlerle yapılan çalışmalarda yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin kullanılması gerekmektedir.

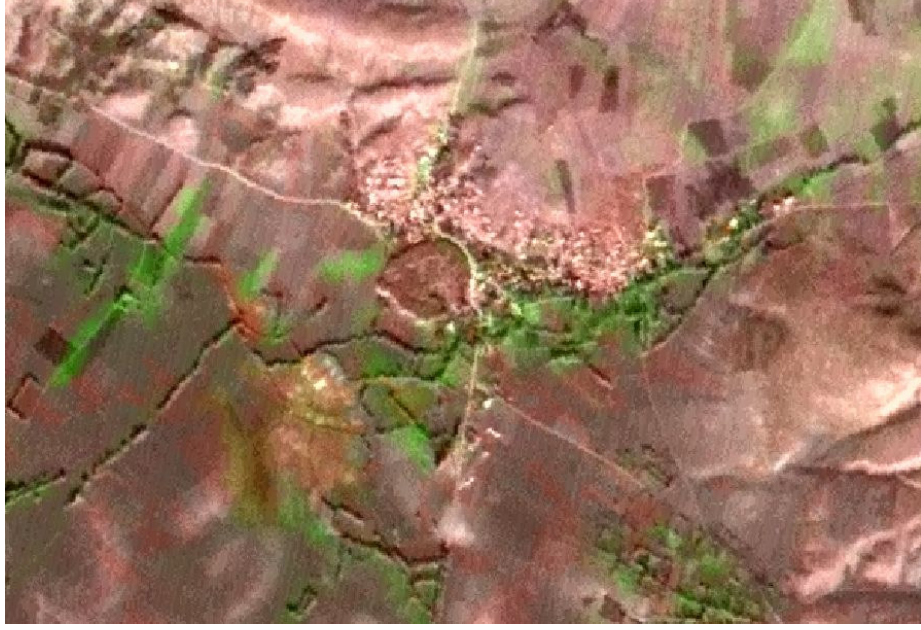
Oluşturulan Landsat RGB/453 bant kombinasyonunda Çorum İl merkezi ile etrafındaki alanlar incelenmiştir. Çalışma sırasında il merkezinin açık mavi olarak belirginleştiği çevre yolların mavi, barajın siyah, tarım arazilerinin parsel yapılarının değişik bitki türlerine göre ve sulama durumlarına göre değişik ton ve renklerde görüldüğü belirlenmiştir (Şekil 5.15).



Şekil 5.15. Landsat RGB/453 Bant kombinasyonunda Çorum il merkezi

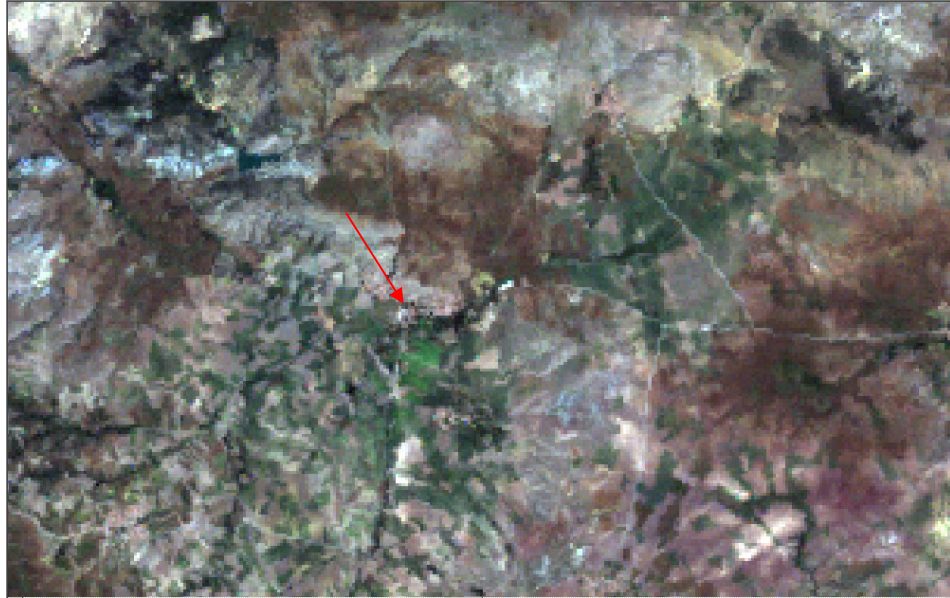
IRS 1-C uydu görüntüsü üzerinden Alaca Höyük kazı alanı IRS 1-C RGB/321 bant kombinasyonunda değerlendirilmiştir (Şekil 5.16).

Höyük üzerinde uzun yıllardan beri kazı yapılması ve höyüğün büyük olması nedeni ile görüntüde ayrıntılı olarak belli olmaktadır. Yerleşim yeri etrafında bulunan tarlalar içerisindeki ton farklılıkları, toprak altında bulunması olası arkeolojik yerleri göstermektedir.



**Şekil 5.16.** Alaca höyük kazı alanı IRS 1-C uydu görüntüsü

Aynı alana ait Landsat uydu görüntüsünün çözünürlüğünün yetersiz olması nedeniyle höyük belli olmamakta sadece etrafı hakkında genel bilgiler elde edilebilmektedir (Şekil 5.17).



**Şekil 5.17.** Alaca höyük kazı alanı Landsat 7 ETM uydu görüntüsü



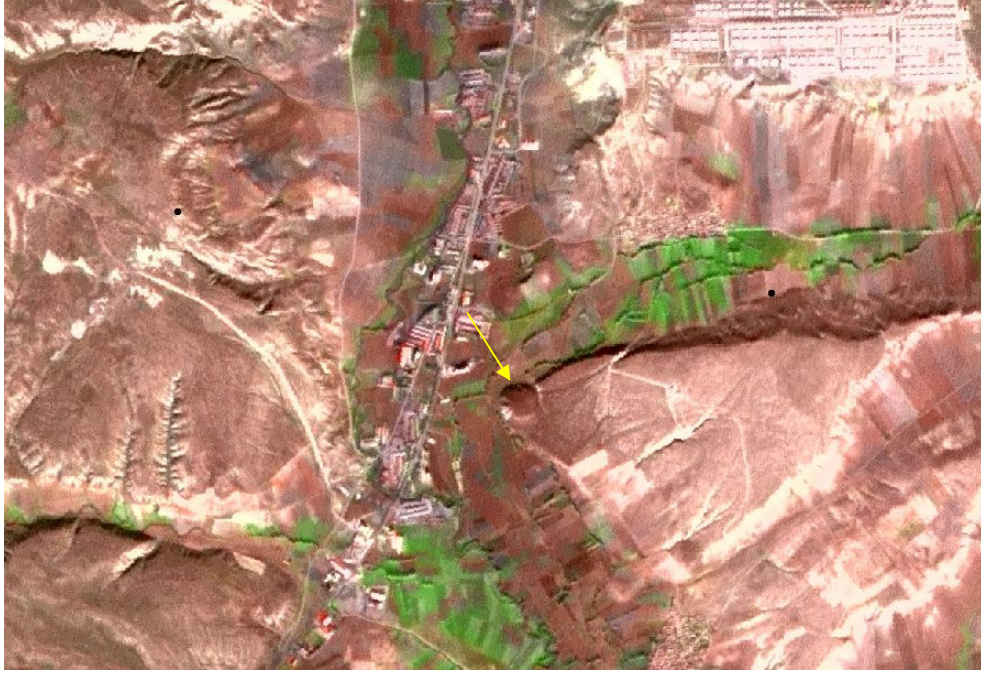
Uydu görüntüsü ile hava fotoğrafı arasındaki çözünürlük farkının ortaya konulması açısından, Alaca Höyük kazı alanına ait hava fotoğrafı da incelenmiştir (Şekil 5.18).



**Şekil 5.18.** Alaca höyük kazı alanı hava fotoğrafı

Hava fotoğrafında, kazı alanı içerisinde ortaya çıkarılan yapılar ve höyüğün yapısı net bir şekilde görülmektedir. Fotoğraf incelendiğinde kazı yapılan yerlerle yapılmayan yerler birbirinden ayırt edilmekte, höyüğün iç yerleşimi hakkında bilgi edinilebilmektedir. Höyük etrafındaki tarlalarda bulunan ton farklılıkları belirgin bir şekilde görülmektedir.

IRS 1-C Uydusuna ait görüntülerin incelenmesi sırasında şekil büyüklük ve konum özellikleri bakımından, höyüklerle benzerlik gösteren bir alan saptanmıştır. Saptanan alan yerinde yapılan incelemelerde, alana giden yol üzerinde seramik parçaları ve yeni açılmış kaçak kazı yerleri bulunmuştur. Kaçak kazı yerlerinin mezar olduğu tahmin edilmektedir (Şekil 5.19).



**Şekil 5.19.** Tespit edilen alana ait uydu görüntüsü

Saptanan alan, Kale Tepe mevki olarak isimlendirilmekte ve Çorum-Ankara karayolunda, yoldan 500 m. kadar içeridedir. Yola hakim bir tepedir. Tepenin üzeri ağaçlandırma sahası olarak kullanılmaktadır. Tepenin doğu tarafı yükselen bir yapı içermekte ve düzlüklerinde kaçak kazı yerleri bulunmaktadır.

Saptanan bölgenin 1990 yılına ait hava fotoğrafında, tepe ve etrafı ayrıntılı bir şekilde görülmektedir. Tepenin alt kenarlarında ve yükseltinin düz yerlerindeki izler, toprak altındaki kalıntıların işaretleri olarak yorumlanmaktadır (Şekil 5.20).



Şekil 5.20. Kale tepe bölgesine ait hava fotoğrafı

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerine örnek olması amacıyla Çorum İl Merkez yerleşiminin Ikonos uydusuna ait görüntüsü üzerinden il merkezinde bulunan Kiremit Tepe höyüğüne ait resimler incelenmiştir (Şekil 5.21).

Höyük etrafında bulunan yapılaşma ve höyük ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir (Şekil 5.22).



Şekil 5.21. Kiremit tepe höyüğüne ait Ikonos uydu görüntüsü



Şekil 5.22. Kiremit tepe höyüğü ve etrafındaki yapılaşmalar

### 5.2.3. Uydu görüntülerinin arkeolojik amaçlı kullanılması ile ilgili sonuçlar

Arkeolojik alanların bulunması ve çalışma alanlarının incelenmesinde, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile beraber hava fotoğraflarının kullanılması çalışmalarda etkin sonuçların alınmasında rol oynayacaktır.

Kazı alanını da içerisine alacak şekilde yüksek çözünürlüklü görüntüler, haritalama işlerine ve çalışmalarda daha hızlı ve doğru sonuçlar alınmasına yardımcı olacaktır.

## 6. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TEKNİKLERİNİN ARKEOLOJİK ALANLARDA UYGULANMASI

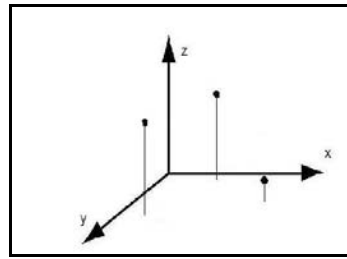
### 6.1. Sayısal Arazi Modelinin Oluşturulması

Sayısal arazi modeli, yeryüzünün özelliklerinin ve görünümünün gösteriminde kullanılan bir yöntemdir. Sayısal arazi modelinin oluşturulabilmesi için arazi yüzeyini en iyi temsil eden noktalar seçilmelidir. Bu noktalar araziye rastgele dağılmış arazinin karakteristik özelliklerini belirten noktalar olmalıdır. Bu noktaların seçiminde ve verilerinin alınmasında (x,y,z), yersel jeodezik çalışmalar, fotogrametrik, mevcut haritalar ve belgelerin sayısallaştırılması ile uydu görüntülerinin değerlendirilmesi yöntemlerinden biri yada birkaçı kullanılmaktadır.

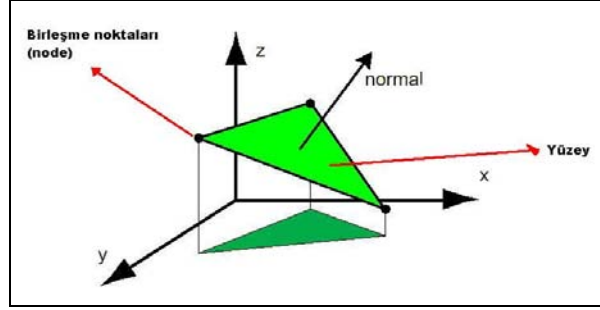
Sayısal arazi modellerin oluşturulmasında başlıca iki yöntem kullanılmaktadır. Düzenli grid yöntemi (GRID) ve Düzensiz üçgenleme (TIN) olarak isimlendirilirler.

Grid yöntemde arazinin üzerine karesel veya dikdörtgensel bir grid sistemi yerleştirilir ve gridlerin birleşme noktalarının (node) yükseklikleri hesaplanır. Hesaplama yöntemi fotogrametrik model üzerinden doğrusal ölçmelerle yada, arazi yüzeyinde rastgele alınmış olan noktaların ölçülmesiyle gerçekleştirilir.

Üçgenleme yönteminde ise, arazi üzerine rastlantısal veya düzgün olarak dağılmış noktalar, üçgenler oluşturulacak şekilde birleştirilir. Oluşan yüzeylerin birleştirilmesi ile arazi yüzeyinin kaplanması, sayısal arazi modelini oluşturur (Şekil 6.1,Şekil 6.2). Modelin gerçeğe en yakın şekilde çıkması için, üç noktadan oluşturulan birim yüzeylerin en kısa kenarlı üçgenlerden meydana gelmesi istenmektedir.

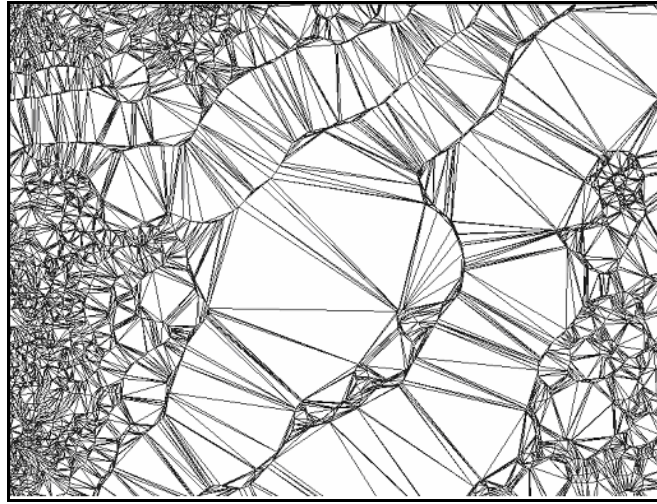


Şekil 6.1. Araziye dağılmış noktalar



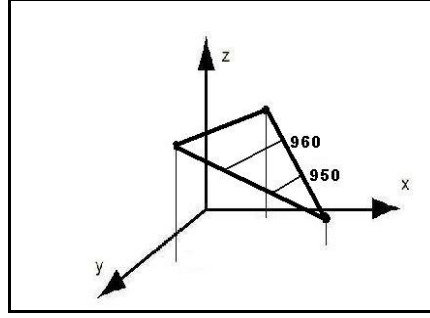
Şekil 6.2. Sayısal arazi modelinin en küçük birimi olan üçgen yüzey [38]

Arazi üzerine dağılmış olan bütün noktalar yükseklik birbirleri ile birleşerek bir ağ yapısı halini alır ve bu yapıya TIN (Triangulated Irregular Network) (Düzensiz Üçgen Ağ) adı verilir. Düzensiz üçgen ağ yapısı içerisinde, topografya değişik büyüklükteki üçgenlerin oluşturdukları ağ yapısıyla oluşur (Şekil 6.3).



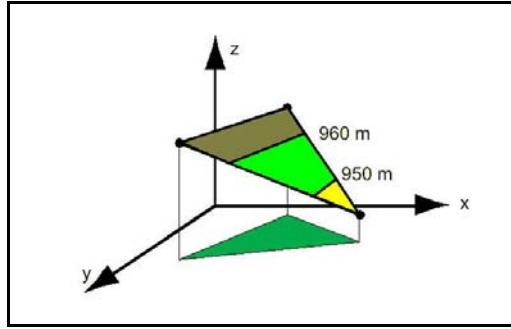
Şekil 6.3 Düzensiz üçgen ağ yapısı

Yüzeyi oluşturan elemanlar; nokta, kenar ve yüzeyin normalidir. Noktalar  $x,y,z$  verilerini taşımaktadırlar. Taşıdıkları verilerle kenarlar üzerinde yapılacak benzer üçgen çözümü ile eş yükseklik eğrilerinin tam sayılı değerlerinin geçeceği yerlerin tespit edilmesi sağlanmaktadır. Hesaplanan değerler yüzey içerisinde geçecek olan eş yükseklik eğrisinin yerlerini belirler (Şekil 6.4).



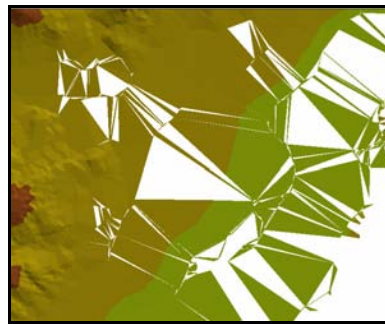
**Şekil 6.4.** Eş yükseklik eğrilerinin belirlenmesi

Eş yükseklik eğrileri belirlenen yerlerden birleştirilerek yüzey üzerinde yeni oluşan alanlar, belirlenen renklerle doldurularak yüzey renklendirilir (Şekil 6.5).

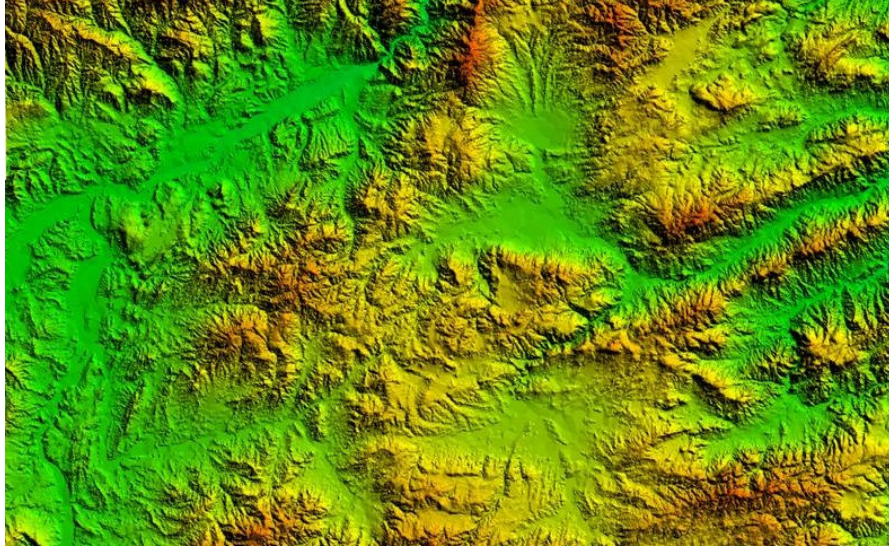


**Şekil 6.5.** Yüzeyin eş yükseklik eğri değerlerine göre renklendirilmesi [38]

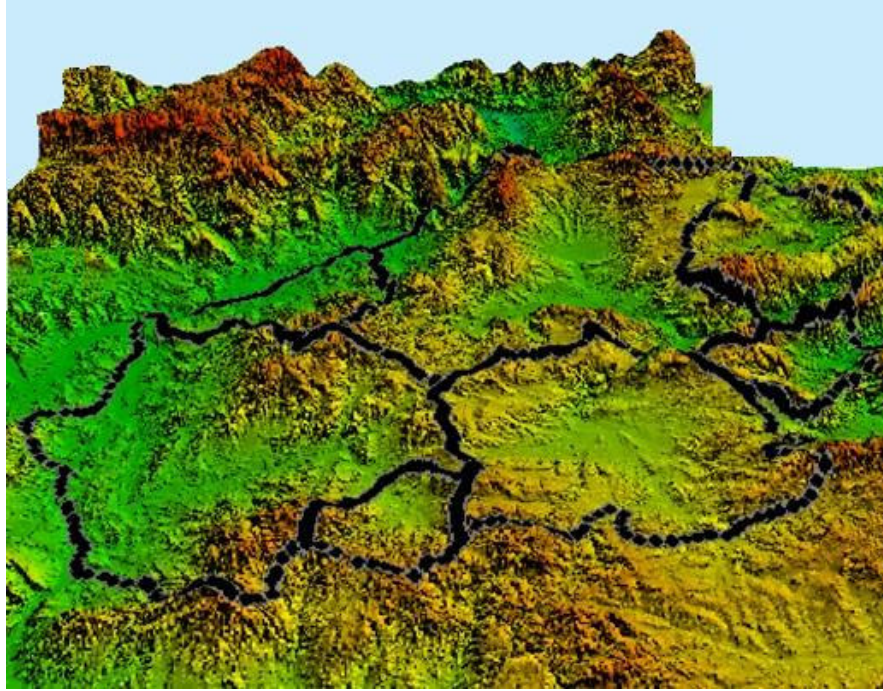
Çalışma alanı içerisinde alınan düzensiz üçgen ağ yapısının renklendirilmesi işlemi görülmektedir (Şekil 6.6). İşlem bütün yüzeylere uygulanarak sayısal arazi modelinin renklendirilmesi gerçekleştirilmiş olur (Şekil 6.7).



**Şekil 6.6.** Düzensiz üçgen ağ yapının renklendirilmesi



Şekil 6.7. Çalışma alanının sayısal arazi modeli



Şekil 6.8. Çalışma alanının izometrik üç boyutlu sayısal arazi modeli ve ilçe sınırları

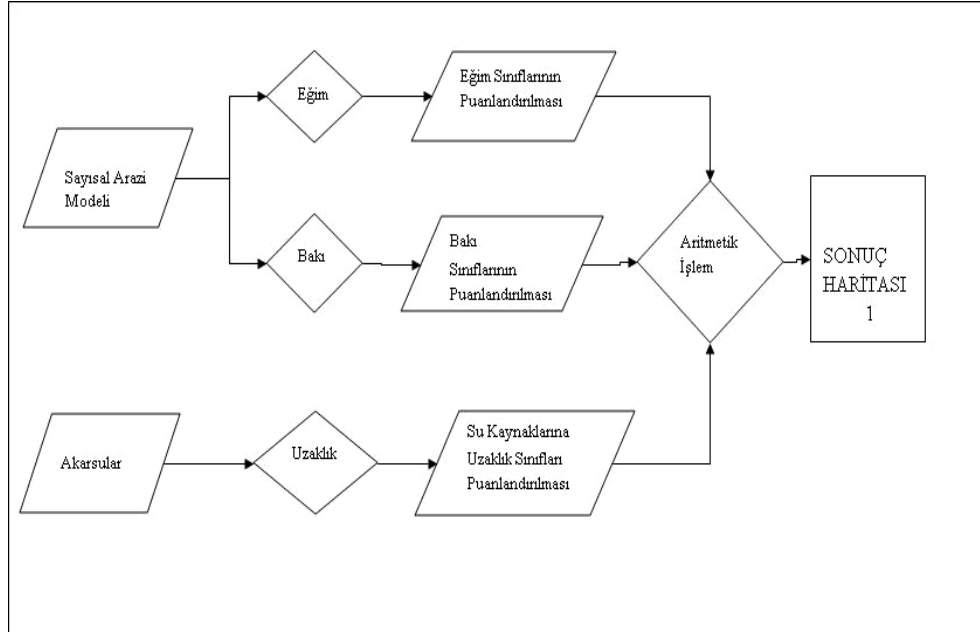


Üçgenlerden oluşan sayısal arazi modelinden aşağıdaki sayısal yada grafik çıktılar alınabilir.

- Otomatik olarak eş yükseklik eğrilerinin çizimi
- Boyuna ve enine profiller,
- Nokta konum ve yüksekliklerinin belirlenmesi,
- Eğim haritaları,
- Bakı haritaları,
- Kaplama diyagramları,
- Gölgelendirme haritaları,
- Hacim hesapları,
- Perspektif görünüm.

Sonuçlar uygun dosya formatlarında sayısal formlar halinde saklanır. Bu sonuçlar gerektiğinde sayısal ortamlarda tekrar açılıp düzeltme, değişiklik, sınıflandırma, güncelleme gibi işlemlerden geçirilebilmektedir.

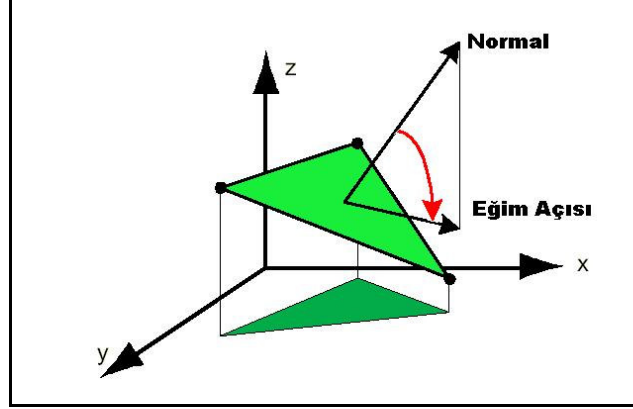
Bu örnek çalışmada için gerekli olan eğim, bakı ve akarsulara olan uzaklıkların hesaplanması ve grafik gösterimlerinin hazırlanması aşamalarında sayısal arazi modelinden yararlanılmıştır. İşlem akış şeması hazırlanmış aşamalar sıra ile takip edilmiştir (Şekil 6.9).



Şekil 6.9. Aritmetik işlem akış şeması

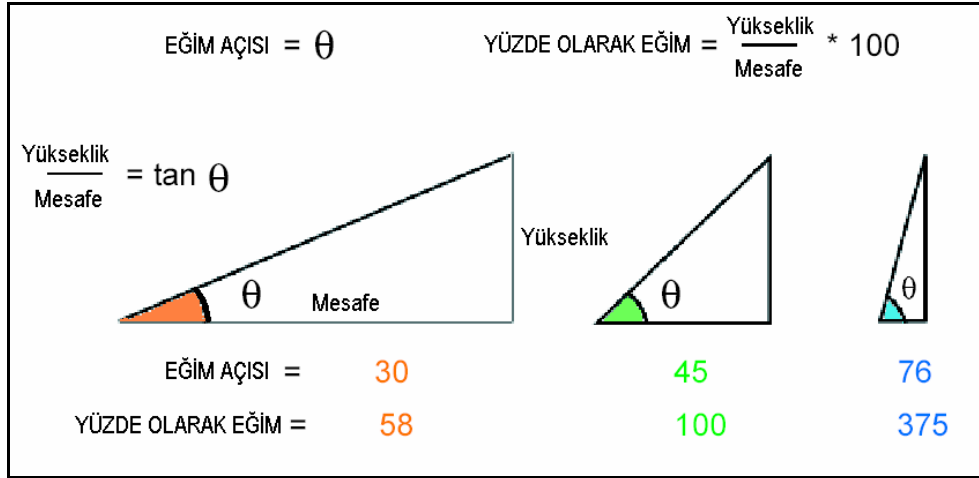
## 6.2. Sayısal Arazi Modeli Üzerinden Eğim Haritasının Elde Edilmesi

Sayısal arazi modelinden eğim haritasının çıkarılmasında kullanılacak olan eğim derecelerinin bulunmasında, birim yüzeylerin normalleri ile yer düzlemi arasında kalan açı hesaplanır (Şekil 6.10).



Şekil 6.10. Eğim açısı [38]

Oluşan bu açı isteğe göre derece veya yüzde ifade olarak elde formülleri ve karşılaştırmaları verilen iki yöntemle değerlendirilmektedir (Şekil 6.11).



Şekil 6.11. Eğim değerinin hesaplanması [38]

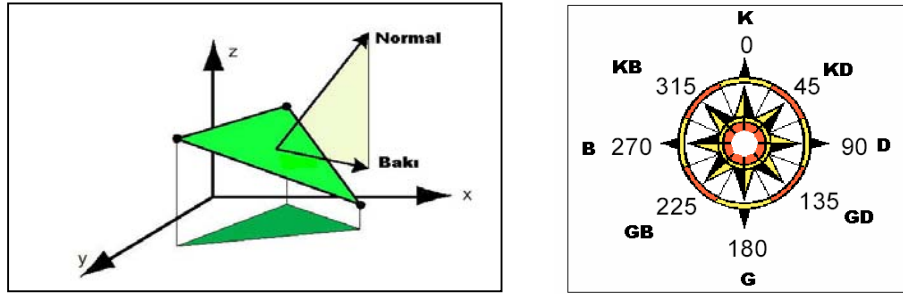
Derece olarak 0-90 derece arasında sınıflandırılarak renklendirilir. Yüzde olarak ise 0-500 arasında değer almaktadır. Bu işlem için oluşturulan Sayısal arazi modeli istenilen boyutlarda gridlere ayrılabilir. Grid boyutu ne kadar

büyük seçilirse, o oranda haritanın çözümlene gücü azalacak, işlem hızı artacaktır. Grid boyutu ne kadar küçük seçilirse, çözümlene gücü büyümekte, işlem hızı yavaşlamaktadır [38,39].

Çalışma için oluşturulan eğim haritası istatistik analizler bölümünde hesaplanan sınıflara göre sınıflandırılmış ve puanlara göre işleme alınmıştır (Şekil 6.12).

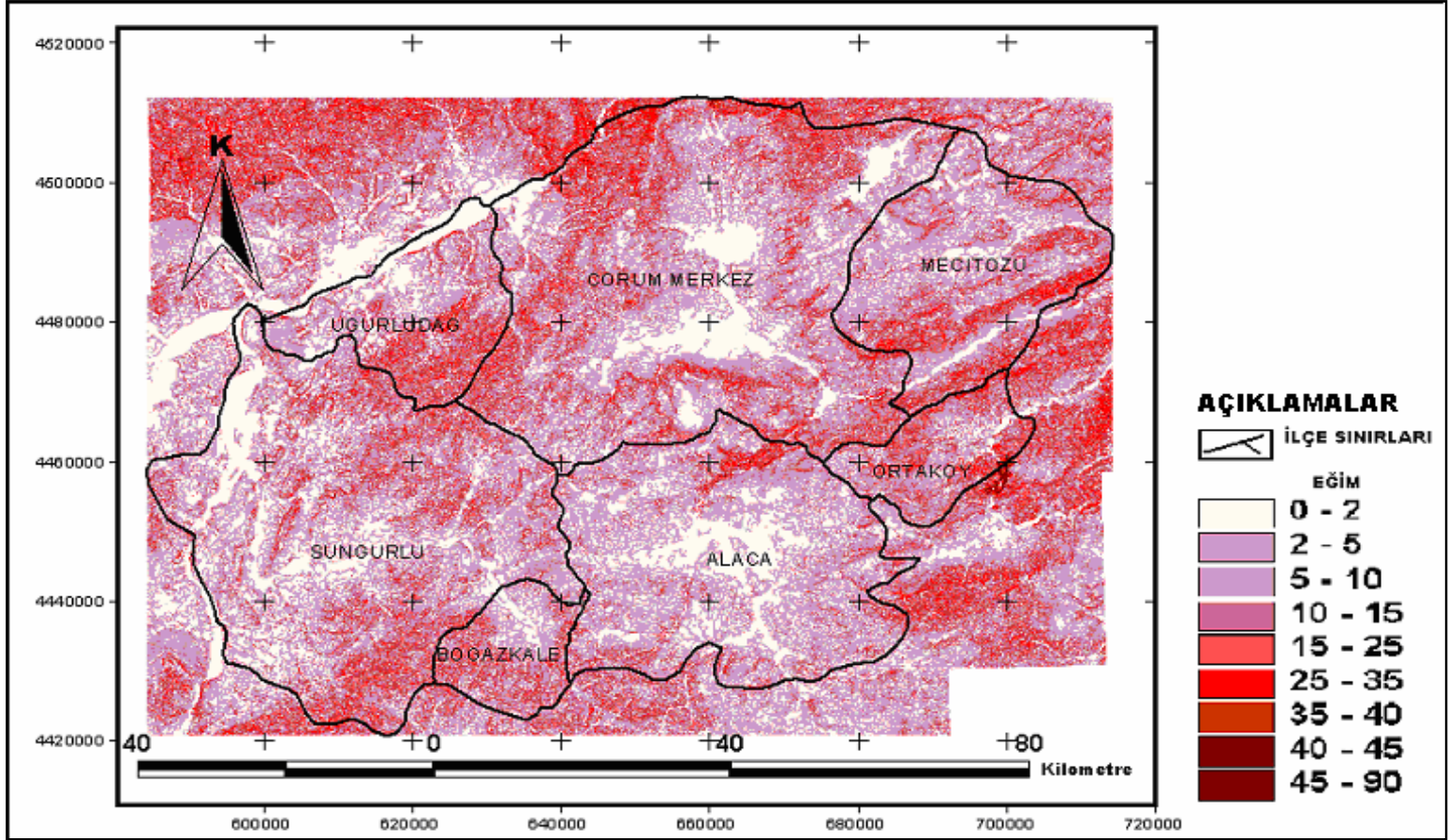
### 6.3. Sayısal Arazi Modeli Üzerinden Bakı Haritasının Elde Edilmesi

Arazi üzerindeki herhangi bir noktadaki bakı, o noktadan geçen teget düzleminin baktığı ve derece cinsinden yön açısidir (Şekil 6.13). Kuzeyden itibaren saat yönünde tanımlanır. Kuzey 0 derece, doğu 90 derece güney 180 derece ve batı 270 derece ile ifade edilir.

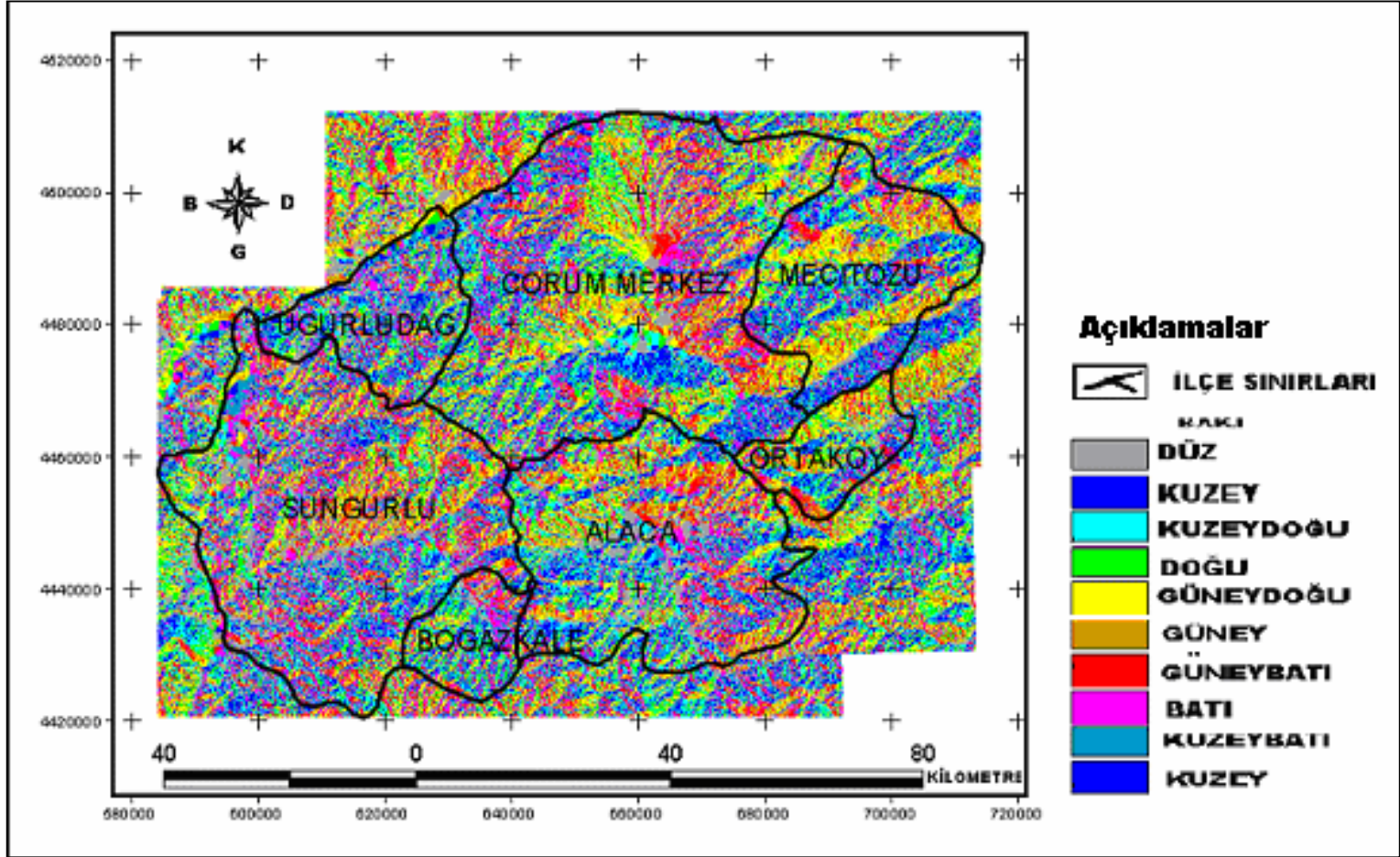


Şekil 6.13. Birim yüzey üzerinde bakının ve yönlerin gösterilmesi [38]

Genelde dört ana yön kullanılmaktadır. Bu çalışmada ara yönlerde hesaplanmıştır. Arazinin bakı haritası üretilmiştir. İstatistik analizler bölümünde hesaplanan sınıflara göre sınıflandırılmış ve puanlara göre işleme alınmıştır (Şekil 6.14).



Şekil 6.12. Çalışma alanına ait eğim haritası

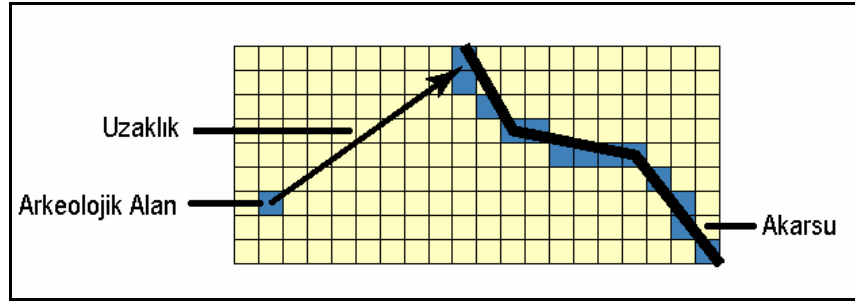


Şekil 6.14 Çalışma alanına ait bakı haritası

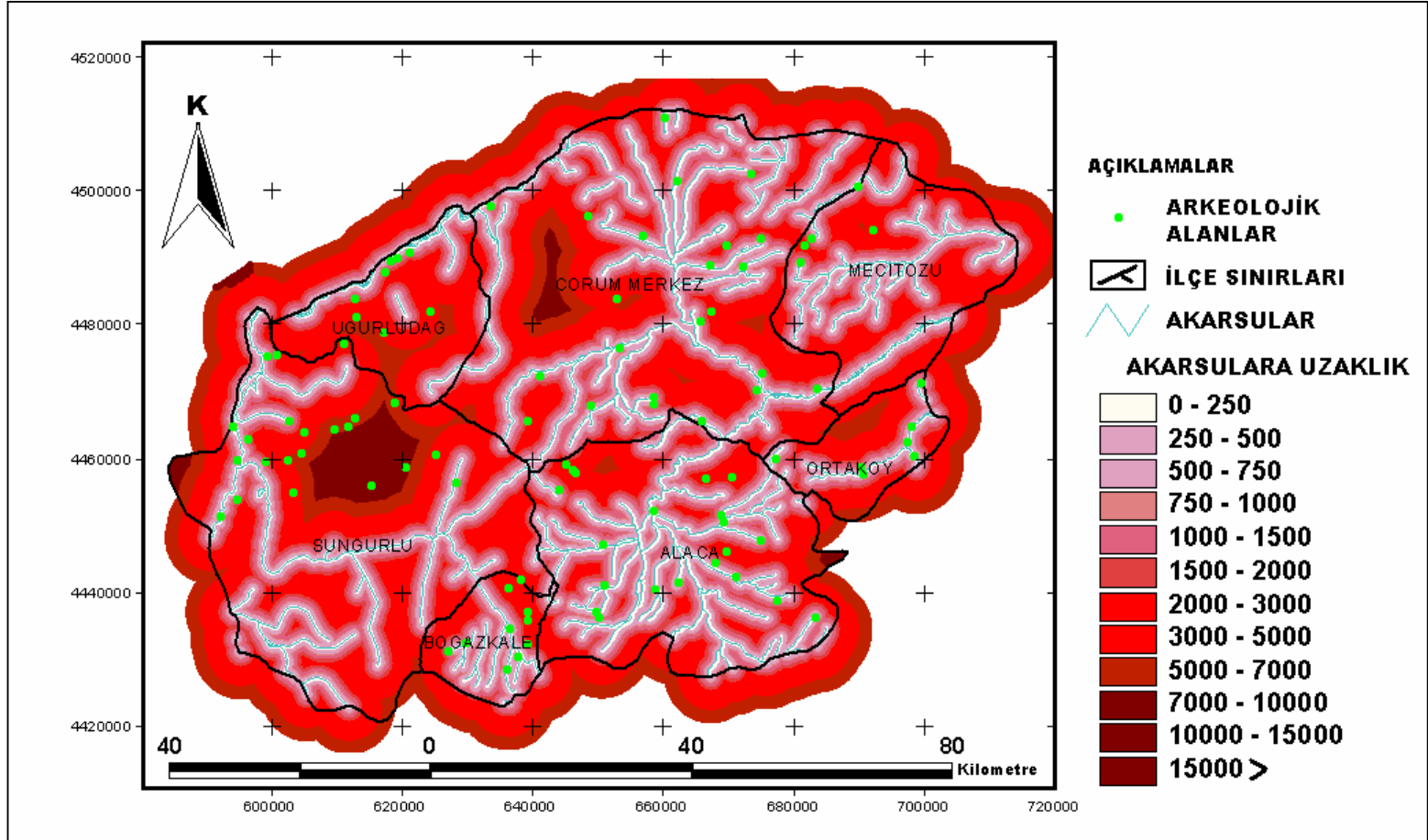
#### 6.4. Akarsu Kaynaklarına Uzaklık Haritasının Elde Edilmesi

Akarsuları oluşturan vektör elemanlar öncelikle grid yapıya dönüştürülmüştür. Grid yapıya dönüşen akarsuların her gridinden çalışma alanı içerisinde bulunan gridlere olan uzaklıkları hesaplatılmıştır. Hesaplama gridlerin koordinat farklarının karesinin karekökü alınarak yapılmaktadır. Hesaplanan uzaklık değerleri gridlerin yeni değerleri olarak alınmıştır (Şekil 6.15).

Oluşan akarsu kaynaklarına uzaklık haritası istatistik analiz kısmında yapılan sınıflandırmaya göre sınıflandırılmış ve puanlanmıştır. Grid yapıdan vektör yapıya dönüştürülmüştür. Topolojik işlem ile akarsu kaynaklarına uzaklık, eğim, bakı değişkenlerine ait puanlar arkeolojik noktalar ve rastgele atılan noktalara yeni değişken olarak eklenmiştir (Şekil 6.16).



Şekil 6. 15. Uzaklıkların Hesaplanması [38]



Şekil 6.16. Akarsulara Uzaklık Haritası

## 7. İSTATİSTİK ANALİZLER

Bilimsel araştırmalarda sonuçların güvenilirliğini değerlendirmek için, kararların istatistik yöntemlere dayandırılması gerekmektedir. İncelenen olayların karmaşık ve bu olayların çözümü için önerilen yolların fazla olması, olayı açıklamada kullanılacak değişken sayısını artırmaktadır. Bu amaçla olayların çözümünde, birden fazla değişkeni alıp, bunların analizleriyle uğraşan istatistiksel modellerin kullanılması gerekmektedir.

### 7.1. Değişkenlerin Birbirleri ile Olan İlişkilerinin Değerlendirilmesi

#### 7.1.1. Varsayım testinin yapılabilmesi için gerekli şartlar

Varsayım testi değişkenlerin birbirleri ile olan ilişkilerinin belirlenmesinde kullanılır. Değişkenlerin, olayın olup olmaması konusundaki etkilerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

1-Rastgele Örnekleme: Örnekleme seçiminde taraf tutulmadığı sürece, rastgele örnekleme gerekli değildir. Ancak rastgele örnekleme elde edilmesi, örneklemeden elde edilen sonuçların evren için genelleştirilmesi imkanı sağlar.

2- Bağımsız Örneklemler: Örneklemler bağımsız olmadığı sürece,  $\mu_1 - \mu_2$  için Eşit Varyanslı t Testi kullanılamaz.

3- Her Örnekleme içinde Bağımsız Gözlemler: Bu varsayım ihlal edildiği takdirde  $\mu_1 - \mu_2$  için Eşit Varyanslı t Testi hesaplanamaz.

4- Normal Evrenlerden Örnekleme Elde Edilmesi: Eğer evren normal evren değilse, bu anormalliği telafi edecek örnekleme büyüklükleri varsa,  $\mu_1 - \mu_2$  için Eşit Varyanslı t Testi hesaplanabilir. Çok çarpık veya birkaç veri kullanılarak Eşit Varyanslı t Testi hesaplanmamalıdır.

SPSS varyansların bağdaşıklığını, Levene Testi'ni kullanarak değerlendirir. Varyansların bağdaşıklığı ile ilgili Levene Testi'nin P değeri, belirlenen anlamlılık seviyesinden büyük ise, "varyanslar eşittir" varsayımı kabul edilir. Bu durumda, iki grubun karşılaştırılmasında, eşit varyanslı yaklaşım uygulanmalıdır [36].

Uygulamada kullanılacak olan varsayım;

$H_0$  varsayımı : Arkeolojik nokta ve rastgele seçilen noktalarla değişkenlerin ortalamaları arasındaki fark önemli değildir, varyansları eşittir.



H1 varsayımı : Arkeolojik nokta olup olmamasına göre değişkenlerin ortalamaları arasındaki fark önemlidir, varyansları farklıdır.

P anlamlılık seviyesi : 0.05 olarak kabul edilmiştir.

Önem derecesi  $> 0.05$  olduğunda  $H_0$  varsayımı kabul,

Önem derecesi  $< 0.05$  olduğunda  $H_0$  varsayımı reddedilir.

### 7.1.2. Ortalamaların arasındaki farkların önemlilik testi

Arkeolojik nokta olan ve rastgele seçilen noktaların arasında söz konusu olan jeoloji, eğim, bakı, akarsu kaynaklarına olan uzaklık, ve diğer özellikler açısından bir fark olup olmadığını tespit etmek amacıyla, %95 anlamlılık düzeyinde ortalamalar arasındaki farkların önemlilik testi yapılmıştır. Bu test SPSS istatistik değerlendirme programında değerlendirilmiş ve özelliklerin aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları bulunmuştur (Çizelge 7.1).

Çizelge 7.1. Değişkenlerin aritmetik ortalama ve standart sapmaları

Değerlendirme Sonuçları				
Değişken İsimleri	yok (0) var (1)	Sayı	Aritmetik	Standart
			Ortalama	Sapma
Jeolojik Özelliklerin Sınıflandırması (JEOSNF)	0	493	3,66	1,197
	1	104	3,67	1,226
Büyük Toprak Grupları (BTG)	0	493	4,27	2,753
	1	104	3,88	2,549
Toprak Özellikleri Kombinasyonu (TOK)	0	493	12,20	7,050
	1	104	11,70	7,013
Erozyon Değeri (ED)	0	493	2,38	1,028
	1	104	2,32	1,082
Şimdiki Arazi Kullanım Sınıfı (SAKS)	0	493	3,05	2,048
	1	104	2,37	1,455
Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıflaması (AKKS)	0	493	4,61	2,320
	1	104	4,67	2,156
Arazi Kullanım Kabiliyet Alt Sınıfı (AS)	0	493	3,50	2,335
	1	104	3,38	2,248
Önemli Tarım Arazileri (OTA)	0	493	3,04	1,287
	1	104	3,19	1,247
Eğim (E)	0	493	2,90	1,387
	1	104	2,88	1,384
Bakı (B)	0	493	5,11	2,596
	1	104	5,48	2,658
Akarsu Kaynaklarına Uzaklık (SUKAYUZ)	0	493	5,41	2,536
	1	104	4,72	2,707

SPSS programında yapılan değerlendirme sonucunda ikinci aşama olarak karşımıza çıkan tabloda, gruplar arasında eşit varyans durumunun olup olmadığını kontrol etmek için Levene's Test değerine bakılır (Çizelge 7.2).

**Çizelge 7.2.** Levene's test sonuçları

Değerlendirme Sonuçları								
%95 Anlamlık Düzeyi		Levene's Test		Ortalamaların t Test Sonuçları				
		F	Önem	t	Serbestlik	Önem	Ortalama Farkları	Standart Sapma
DEĞİŞKENLER								
JEOSNF	E.V.	0,435	0,510	0,138	595,000	0,890	-0,018	0,130
	F.V.			0,136	147,351	0,892	-0,018	0,132
BTG	E.V.	5,180	<b>0,023</b>	1,359	595,000	0,175	0,399	0,293
	F.V.			1,429	157,931	<b>0,155</b>	0,399	0,279
TOK	E.V.	0,172	0,679	0,662	595,000	0,508	0,503	0,760
	F.V.			0,664	150,170	0,508	0,503	0,757
ED	E.V.	0,284	0,595	0,572	595,000	0,568	0,064	0,112
	F.V.			0,553	144,914	0,581	0,064	0,116
SAKS	E.V.	0,451	0,502	3,243	595,000	0,001	0,685	0,211
	F.V.			4,033	199,760	0,000	0,685	0,170
AKKS	E.V.	5,132	<b>0,024</b>	0,261	595,000	0,794	-0,065	0,247
	F.V.			0,274	157,469	<b>0,785</b>	-0,065	0,236
AS	E.V.	1,434	0,232	0,473	595,000	0,636	0,118	0,250
	F.V.			0,485	153,560	0,628	0,118	0,244
OTA	E.V.	2,648	0,104	1,069	595,000	0,285	-0,148	0,138
	F.V.			1,091	152,883	0,277	-0,148	0,135
E	E.V.	2,077	0,150	0,158	595,000	0,875	0,024	0,150
	F.V.			0,158	149,862	0,875	0,024	0,149
B	E.V.	0,217	0,642	1,305	595,000	0,192	-0,367	0,281
	F.V.			1,285	147,356	0,201	-0,367	0,286
SUKAYUZ	E.V.	2,669	0,103	2,479	595,000	<b>0,013</b>	0,687	0,277
	F.V.			2,376	143,643	0,019	0,687	0,289
<b>E.V.:Eşit Varyanslı</b> iki ortalama arasındaki farkın önemlilik sonuçları								
<b>F.V.:Farklı Varyanslı</b> iki ortalama arasındaki farkın önemlilik sonuçları								
Değişken İsimleri	Önemlilik Değeri		İşaret			Anlamlılık Düzeyi		
BTG	0,023		<			0,05		
AKKS	0,024		<			0,05		

BTG ve AKKS değişkenlerinin eşit varyanslı dağılmadığı söylenebilir. Bu sonuca göre bu iki değişken için farklı varyanslı iki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi sonuçlarına ve diğer değişkenler için eşit varyanslı iki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi sonuçlarına bakılacaktır.

Ortalamalar arasındaki farkların önemliliğini tespit edebilmek için yapılan hipotez testi yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir (Çizelge 7.3).

**Çizelge 7.3.** Hipotez testi sonuçları

DEğİŞKENLER	Ortalama Farkları	Serbestlik Derecesi	Önemlilik Derecesi	İşaret	Anlamlılık	Ho varsayımı
JEOSNF	-0,018	595,000	0,890	>	0,05	KABUL
		147,351				
BTG	0,399	595,000				
		157,931	0,155	>	0,05	KABUL
TOK	0,503	595,000	0,508	>	0,05	KABUL
		150,170				
ED	0,064	595,000	0,568	>	0,05	KABUL
		144,914				
SAKS	0,685	595,000	<b>0,001</b>	<	0,05	<b>RED</b>
		199,760				
AKKS	-0,065	595,000				
		157,469	0,785	>	0,05	KABUL
AS	0,118	595,000	0,636	>	0,05	KABUL
		153,560				
OTA	-0,148	595,000	0,285	>	0,05	KABUL
		152,883				
E	0,024	595,000	0,875	>	0,05	KABUL
		149,862				
B	-0,367	595,000	0,192	>	0,05	KABUL
		147,356				
SUKAYUZ	0,687	595,000	<b>0,013</b>	<	0,05	<b>RED</b>
		143,643				

Bu test sonucunda elde edilen önemlilik katsayıları incelendiğinde sadece akarsu kaynaklarına uzaklık ve şimdiki arazi kullanım sınıfları değişkenlerinin önemlilik katsayılarının anlamlılık düzeyinden küçük olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuca göre arkeolojik nokta olan ve rastgele seçilen noktalarla ilgili, akarsu kaynaklarına uzaklık ve şimdiki arazi kullanım sınıfları değişkenlerinin ortalamalarının arasındaki farkların önemli olmadığı şeklindeki, Ho varsayımı reddedilir.

Diğer değişkenler incelendiğinde ise anlamlılık düzeyi seçilen 0.05 değerinden büyük olduğu görülür. Dolayısıyla  $H_0$  varsayımı olarak kabul edilen bu değişkenlerin arkeolojik noktalar ve rastgele seçilen noktalarla ilgili değerlerinin ortalamaları arasındaki fark önemli değildir ifadesi kabul edilir.

Bu varsayım testi sonuçları, arkeolojik noktaları belirleyen değişkenler içerisinde sadece akarsu kaynaklarına uzaklık ve şimdiki arazi kullanım sınıfları değişkenlerinin etkili veya önemli olduğu sonucunu vermektedir.

## 7.2. Ayırma Analizi

Regresyon analizinin konusunu değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisinin matematiksel bir fonksiyonla ifade edilmesi oluşturmaktadır.

Bir grup değişkene dayanarak bağımlı bir değişkenin değerlerini tahmin etmek için, regresyon analizi kullanılabilir. Regresyon, sözlük anlamı ile bir şey başka bir şeye bağlama işi ve biçimidir. Bilimsel olarak regresyon terimi, bir değişken ile başka bir yada birden çok değişken arasında ilişki kurma işini ve ilişkinin biçimini anlatır [37].

Burada, bağımlı veya bağımsız değişkenler, aralık veya oransal verilerden oluşur. Regresyonda, bağımsız değişkenlerin eşit varyanslı ve normal olarak dağılması gerekir. Bunun için artık değerlerin incelenerek sözkonusu varsayımların sağlanıp sağlanmadığı araştırılmalıdır.

Bağımlı değişken; değeri başka değişkenler tarafından etkilenen değişkene bağımlı değişken denir. İncelenen olayda, sonuç değişken bağımlı değişkendir.

Bağımsız değişken; değeri rastgele koşullara göre belirlenen bağımsız olarak değişim gösteren ve başka değişkenlerin de değişimi üzerinde etkide bulunan değişkenlere, bağımsız değişken denir.

Bağımlı değişkenler ordinal ise regresyon analizinin kullanılmaması gerekmektedir. Ayırma (diskriminant) analizi kullanılabilir.

Eğer bir değişkenin sonucu var-yok, evet-hayır veya öldü-yaşiyor şeklinde ikili sonuçlu (dikotom) ise bunlar 0,1 olarak kodlanarak kukla bağımlı değişkenli çoklu regresyon analizi yapılabilir. İki grup olduğunda, ayırma analizi sonucu ile kukla kodlu regresyon analizi sonucu aynıdır. Ancak ikiden fazla kategori mevcut ise çoklu regresyon yapılamaz. Bunun yerine ayırma analizi veya başka bir teknik

kullanılmalıdır. Yakın zamana kadar, ayırma fonksiyon analizi, veriler kategorik olduğunda sıkça kullanılmaktaydı. Bugün ise, değişkenler ikili sonuçlu olduğunda araştırmacılar lojistik regresyonu da kullanmaya başlamışlardır.

Ayırma fonksiyon analizi, bir deneğin hangi değişken kategorisine (gruba) gireceğine karar vermek üzere kullanılan bir tekniktir. Bazı tahmin edici değişkenlere dayanarak, grupları birbirinden ayırmak için ayırma fonksiyon analizi kullanılır.

Lojistik regresyonda, bağımsız değişkenlerin dağılım özelliklerine yönelik bir şart olmamasına rağmen, ayırma analizinde bağımsız değişkenlerin çoklu normal dağılıma uyması arzu edilir. Ancak nominal bağımsız değişkenlerde ayırma analizinde kullanılabilir.

Lojistik regresyonda bağımlı değişkenin ikili sonuçlu değişken olması gerekirken, ayırma analizinde , iki veya ikiden çok kategoride olan nominal veya ordinal bir değişken, bağımlı değişken olarak alınabilir. Bağımlı değişken ikili sonucu olan bir değişken ise, her iki teknik de uygulanabileceğinden lojistik regresyon veya ayırma analizinden birisi tercih edilebilir.

Kanonik korelasyon katsayısı, ayırma fonksiyonu ile gruplar arasındaki ilişki olarak da ifade edilebildiği gibi, iki grubun olduğu durumlarda, Pearson korelasyon katsayısının aynısıdır.

İki grubun olduğu durumda, çoklu ayırma analizi ile çoklu regresyon analizi esas olarak aynıdır. Ancak, bu durumda çoklu ayırma analizi için kukla bağımlı değişkeni gerekmektedir.

Ayırma analizinin uygulanabilmesi için gerekli varsayımlar ;

- Rastgele Örnekleme: Taraf tutulmadığı sürece rastgele örnekleme çok gerekli değildir. Ancak rastgele örnekleme elde edilmesi, örneklemden elde edilen sonuçların evren için genelleştirilmesi imkanı sağlar.
- Bağımsız Örneklemler: Örneklem bağımsız olmadığı sürece, Ayırma Analizi kullanılamaz.
- Her Örneklem İçinde Bağımsız Gözlemler: Bu varsayım, ihlal edildiği takdirde Ayırma Analizi yapılamaz.
- Bağımsız Değişkenler Arasındaki Çoklu Bağlantı: Ayırma analizi yapılmadan önce, çoklu bağlantı olup olmadığı araştırılmalıdır.

- Çoklu Normal Evrenlerden Örneklem Elde Edilmesi: Eğer evren normal değilse, merkezi limit teoremi dikkate alındığında bu anormalliği telafi edecek örneklem büyüklükleri varsa, Ayırma Analizi yapılabilir.
- Grup Kovaryanslarının Eşit Olması: Grupların kovaryans matrislerinin eşitliği ile ilgili olarak **Box's M** testi kullanılabilir [36].

### 7.2.1. Sonuçların değerlendirilmesi

Bağımlı değişken arkeolojik alan olan ve rastgele seçilen noktalar olmak üzere toplam 597 adet noktanın bakı, eğim ve akarsu kaynaklarına uzaklık değişkenleri ayırma analizi için SPSS istatistik programında değerlendirilmiştir.

Değişkenler arasındaki bağımlılığın, ayırma analizi gibi çok boyutlu analizleri etkilediğinden, bağımlılığı kontrol etmek için korelasyon matrisleri incelenmiştir (Çizelge 7.4).

**Çizelge 7.4.** Korelasyon matrisi

KORELASYON MATRİSİ			
	sukayuz	egim	bakı
sukayuz	1	0.152	0.63
egim	0.152	1	0.264
bakı	0.063	0.264	1

Bu tabloda bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonun ayırma analizi açısından uygun olduğu görülmektedir.

İkinci aşama olarak her değişken için grup ortalamalarının eşitliğinin önemlilik testi incelenmiştir. Gözlenen önemlilik seviyesi 0.05 anlamlılık seviyesinden küçük olduğunda bütün grup ortalamalarının eşit olduğu şeklindeki  $H_0$  varsayımı reddedilir (Çizelge 7.5).

**Çizelge 7.5.** Önemlilik sonuçları

	önemlilik
sukayuz	0.013
egim	0.875
bakı	0.192

Tablodaki değerlerden de anlaşıldığı üzere akarsu kaynaklarına uzaklık değişkeni ile ilgili varsayım reddedilmektedir. P önem derecesi 0.013 olarak bulunmuştur. Eğim ve bakı değişkenleri ile ilgili ho varsayımı kabul edilmektedir.

Bu sonuç daha önce yapılan Ortalamalar Arasındaki Farkların Önemlilik Testi sonuçları ile tutarlılık göstermektedir.

Kovaryans matrislerinin eşit olup olmadığını test etmek için Box's M testi sonuçlarına bakılmıştır (Çizelge 7.6). Tablodaki test sonuçları kovaryans matrislerinin eşit olduğu şeklindedir. **P= 0.389**

**Çizelge 7.6.** Box's M test sonuçları

Box's m		0.745
F		0.743
serbestlik derecesi		1
	önemlilik	<b>0.389</b>

Spss değerlendirme çıktısının sonuç tablosunda ayırma analizinin başarılı olup olmadığı ile sınıflandırmanın doğru yapıp yapılmadığına ilişkin değerler verilmektedir (Çizelge 7.7).

**Çizelge 7.7.** Ayırma analiz sonuçları

		0	1	TOPLAM
Rastgele seçilen noktalar	0	254	239	493
Arkeolojik noktalar	1	42	62	104
%	0	51.5	48.5	100
%	1	40.4	59.6	100

Sonuç tablosundan ;

1- Arkeolojik nokta olarak alınan 104 noktanın içerisinde, belirlenen değişkenlerin yukarıda test edilen değerlerine göre rastgele noktalara benzer olanlarının sayısı 42 adet olarak bulunmuştur. Bu 42 nokta ile rastgele atılan noktalar arasında fark yoktur.

2- Rastgele seçilen 493 nokta içerisinde 239 adetinin değişkenlere bağlı özellikleri arkeolojik alan olarak işaretlenen noktalarla uyumluluk göstermiştir.

3- Toplam 597 noktadan olan değerlendirme sonucunda, başlangıçta alınan arkeolojik nokta sayısı 104 iken, sonuç olarak 301 adet bulunmuş, rastgele belirlenen noktaları ise 493 adetten 296 adet olarak bulunmuştur.

4. Bulunan bu değerler CBS ile değerlendirilmiş ve noktaların önceki ve sonraki sınıflarına göre eleman haline getirilerek analizleri yapılmıştır.

### 7.3. İkili Lojistik Regresyon Analizi

İkili Lojistik Regresyon, bağımlı değişken var-yok gibi mutlaka ikili sonucu olan değişken olduğunda kullanılır. Ayrıca, zorunlu olmamakla beraber bağımsız değişkenler genellikle sürekli olurlar.

Bir olayın meydana gelip gelmeyeceğini kestirmek ve kestirimde kullanılacak değişkenlerin belirlenmesi, bilimsel çalışmalar ile gerçek hayatta önemli hale gelmiştir.

Bağımlı değişkenin ikili sonucu olduğunda, çoklu doğrusal regresyon analizinde varsayım testi için gerekli varsayımlar ihlal edilir. Bu durumda, artık değerlerin normal dağıldığını kabul etmek makul değildir. Diğer taraftan, ayırma analizinde kestirmenin optimal olması için, bağımsız değişkenlerin çoklu normalliği ile iki grupta varyans-kovaryans matrisinin eşit olması gerekir.

Lojistik regresyon analizi, ayırma analizinden daha az varsayım gerektir. Diğer taraftan ayırma analizinin gerektirdiği varsayımların sağladığı durumda da lojistik regresyon uygulanabilir.

Doğrusal regresyonda yapıldığı gibi, lojistik regresyonda da, bazı değişken değerlerine dayanarak tahmin yapılır. Ancak, aralarında şu fark vardır. Doğrusal regresyon analizinde tahmin edilecek değişken olan bağımsız değişken sürekli bir değişken iken, lojistik regresyonda bağımlı değişken ikili sonuçtan oluşan bir değişkendir [36].

Lojistik regresyon sonuç tablosunda bulunan katsayılar matematiksel formülde yerine konulması gereken çarpanlardır. Bu çarpanlar yardımıyla ilişkinin yönü ve düzeyi belirlenmektedir.

Wald istatistiği 1 serbestlik dereceli ki-kare dağılımı gösterir ve 1 serbestlik dereceli ki-kare dağılımının kritik değerleri ile karşılaştırılarak önemliliği belirlenir.



ODDS oranı, olma ihtimalinin olmama ihtimaline oranı olarak tanımlanır.

Uygulamada ikili lojistik regresyon analizinin parametre tahminleri SPSS paket programının 13.0 versiyonu kullanılarak elde edilmiştir (Çizelge 7.8).

**Çizelge 7.8.** İkili lojistik regresyon modeli analiz sonuçları

Değişkenler	Katsayılar	Standart hata	Wald İstatistiği	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık Düzeyi	ODDS Oranı
SUKAYUZ	-0.107	0.043	6.244	1	0.012	0.899
EĞİM	-0.012	0.043	2.133	1	0.144	1.065
BAKI	0.063	0.082	0.021	1	0.885	0.988

Wald istatistiği 1 serbestlik dereceli ki-kare dağılımı gösterir. 1 serbestlik dereceli ve 0.05 anlamlılık düzeyine ait ki-kare tablo değeri 3.84 dür.

Akarsu kaynaklarına uzaklık değişkeni için Wald istatistiği  $6.244 > 3.84$  olduğundan değişkenin bağımlı değişken üzerinde etkili olmadığı şeklindeki varsayım reddedilir. Bu sonuç daha önce yapılan analiz ortalamalar arasındaki farkların önemlilik analizi ve ayırma analizi sonuçları ile uyumludur.

Diğer değişkenlerin Wald istatistiği sonuçları eğitim  $2.133 < 3.84$  ve bakı  $0.021 < 3.84$  olduğundan bağımlı değişken üzerinde bir etkileri yoktur.

Aynı şekilde anlamlılık düzeylerine bakıldığında;

Akarsu kaynaklarına uzaklık değişkeninin anlamlılık düzeyi  $0.012 < 0.05$  olduğundan anlamlıdır. Eğitim ve bakı değişkenlerinin anlamlılık düzeyi  $> 0.05$  olduğundan anlamlı değildir.

#### 7.4. Arkeolojik Noktaların Değişkenlere Göre Frekansların Bulunması ve Puanlama

Bir önceki bölümde yapılan varsayım değerlendirmesi sonucunda bir noktanın arkeolojik yer olup olmasında etkili olan değişkenin akarsu kaynaklarına uzaklık olduğu değerlendirme sonucunda bulunmuştur. Bu nedenle oluşturulacak modelde sadece akarsu kaynaklarına olan uzaklığın yeterli olmayacağı bir yerleşim yerinin belirlenmesinde günümüzde de kullanılan kriterlerden olan, yerin eğim ve bakışı modelleme içerisine ek değişkenler olarak alınmıştır. Diğer değişkenlerin alınmama sebepleri olarak jeoloji sınıflandırma değişkeni hariç değişkenlerin günümüz koşullarını ilgilendiren bilgiler taşımamasıdır. Geçen uzun zaman içerisinde değişmediği kabul edilebilecek olan bakı ve eğim sınıfları model oluşturulmasında kullanılmıştır.

Arkeolojik bilinen noktaların eğim, bakı ve akarsu kaynaklarına uzaklıklarından oluşan değişkenlerle ilgili frekansları ve yüzdeleri bulunmuştur (Çizelge 7.9), (Çizelge 7.10), (Çizelge 7.11).

**Çizelge 7.9.** Eğim değişkenine göre frekanslar

SINIF NUMARALARI	EĞİM		%	PUANLAMA
	SINIF ARALIKLARI	FREKANSLAR		
1	0-2	20	19.2	9
2	2-5	16	15.4	8
3	5-10	<b>40</b>	38.5	7
4	10-15	21	20.2	5
5	15-25	3	2.9	4
6	25-35	2	1.9	3
7	35-40	1	1.0	2
8	40-45	...	...	1
9	45>	1	1.0	0
TOPLAM		104	100	

**Çizelge 7.10.** Bakı değişkenine göre frekanslar

SINIF NUMARALARI	BAKI		%	PUANLAMA
	SINIF ARALIKLARI	FREKANSLAR (Adet)		
1	Düz	11	10.6	9
2	Kuzey	10	9.6	3
3	Kuzeydoğu	8	7.7	5
4	Doğu	7	6.7	7
5	Güneydoğu	10	9.6	8
6	Güney	15	14.4	9
7	Güneybatı	12	11.5	8
8	Batı	<b>16</b>	15.4	7
9	Kuzeybatı	15	14.4	5
TOPLAM		104	100	

**Çizelge 7.11.** Akarsu kaynaklarına uzaklık değişkenine göre frekanslar

SINIF NUMARALARI	Akarsu Kaynaklarına uzaklık		%	PUANLAMA
	SINIF ARALIKLARI (m)	FREKANSLAR (Adet)		
1	0-250	15	14.4	3
2	250-500	11	10.6	5
3	500-750	18	17.3	7
4	750-1000	13	12.5	9
5	1000-1500	5	4.8	7
6	1500-2000	7	6.7	5
7	2000-3000	9	8.7	3
8	3000-5000	<b>19</b>	18.3	1
9	5000-7000	5	4.8	1
10	7000>	2	1.9	1
TOPLAM		104	100	

Değişkenlere göre frekansların hesaplanabilmesi için öncelikle eğim, bakı ve akarsu kaynaklarına uzaklık haritaları oluşturulmuştur. Eğim ve bakı haritaları için yükseklik eğrilerinden yararlanılmıştır. 20x20 metrelik gridler halinde oluşturulan haritalarda noktalara denk gelen grid değeri noktanın sınıf değeri olarak alınmıştır.

Eğime göre alınan frekanslarda en çok tekrarlanan sınıfın 5-10 derecelik eğime sahip noktalar olduğu görülmektedir. Puan verilmesinde ise öncelik düz arazi olarak nitelendirilen 1. sınıftan başlanılmıştır. Arkeolojik noktaların yer seçiminde eğimin etkisi, yerleşimin kurulma amacına ve dönemine göre

değişmektedir. Genellikle arkeolojik noktalar yerleştikleri duruma göre isim almaktadırlar. Düz yerleşimler, yamaç yerleşimleri, kaya yerleşimleri gibi isimlendirilmektedir.

Uygulanması düşünülen modelde amaç düz arazide bulunan, bakı olarak güney ve güneye göre ara yönlerde ve Akarsu kaynaklarına uzaklık olarak da , 500- 2000 m arasında olması istenilmiş, buna göre de puanlamada bu aralıklara daha yüksek puan verilmiştir. Puanlama sütunlarında 9 en uygun değeri göstermekte ve derecelendirme aşağı yöndedir. Noktaların istatistik değerlendirmelerinin yapılmasında kullanılmak üzere, arkeolojik alan olarak kaydedilen noktalara 1 değeri ve rastgele atılan noktalara 0 değeri verilmiş ve bir sütun halinde özniteliklere eklenmiştir.

#### **7.5. Rastgele Atılan Noktaların Değişkenlere Göre Frekansların Bulunması**

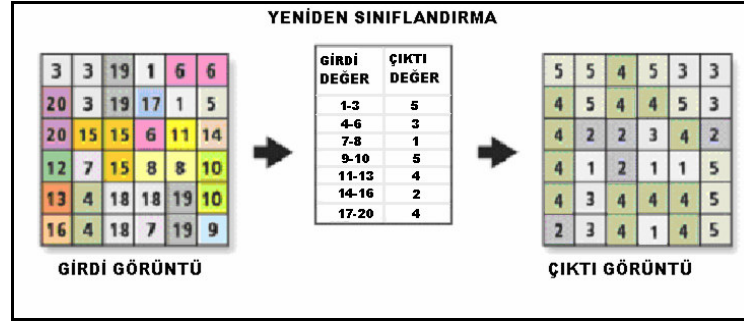
Rastgele atılan noktalarında eğim, bakı ve akarsu kaynaklarına uzaklıklarından oluşan değişkenlerle ilgili frekansları ve yüzdeleri bulunmuştur (Çizelge 7.12).

**Çizelge 7.12.** Rastgele atılan noktaların eğim değişkenine göre frekansları

Değişken	EĞİM		
SINIF NUMARALARI	SINIF ARALIKLARI (Derece)	FREKANSLAR (Adet)	%
1	0-2	103	20.89
2	2-5	90	18.26
3	5-10	144	29.21
4	10-15	78	15.82
5	15-25	66	13.39
6	25-35	12	2.43
7	35-40	0	0.00
8	40-45	0	0.00
9	45>	0	0.00
TOPLAM		493	100.00
Değişken	BAKI		
SINIF NUMARALARI	SINIF ARALIKLARI	FREKANSLAR (Adet)	%
1	Düz	54	10.95
2	Kuzey	45	9.13
3	Kuzeydoğu	55	11.16
4	Doğu	56	11.36
5	Güneydoğu	64	12.98
6	Güney	48	9.74
7	Güneybatı	53	10.75
8	Batı	53	10.75
9	Kuzeybatı	65	13.18
TOPLAM		493	100.00
Değişken	Akarsu Kaynaklarına Uzaklık		
SINIF NUMARALARI	SINIF ARALIKLARI (m)	FREKANSLAR (Adet)	%
1	0-250	47	9.53
2	250-500	43	8.72
3	500-750	40	8.11
4	750-1000	42	8.52
5	1000-1500	67	13.59
6	1500-2000	42	8.52
7	2000-3000	90	18.26
8	3000-5000	84	17.04
9	5000-7000	23	4.67
10	7000>	15	3.04
TOPLAM		493	100.00

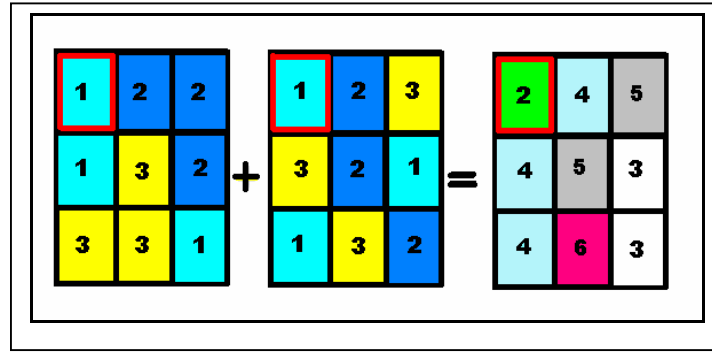
## 7.6. Aritmetik işlem haritasının elde edilmesi

Grid olarak oluşturulan eğim, bakı ve su kaynaklarına uzaklık haritalarına yeniden sınıflandırma işlemleri uygulanmıştır. Çıktı değerlerinin verilmesinde, istatistik analiz sonuçlarına göre elde edilen puanlama değerleri kullanılmıştır (Şekil 7.1).



Şekil 7.1. Yeniden sınıflandırma işlemi

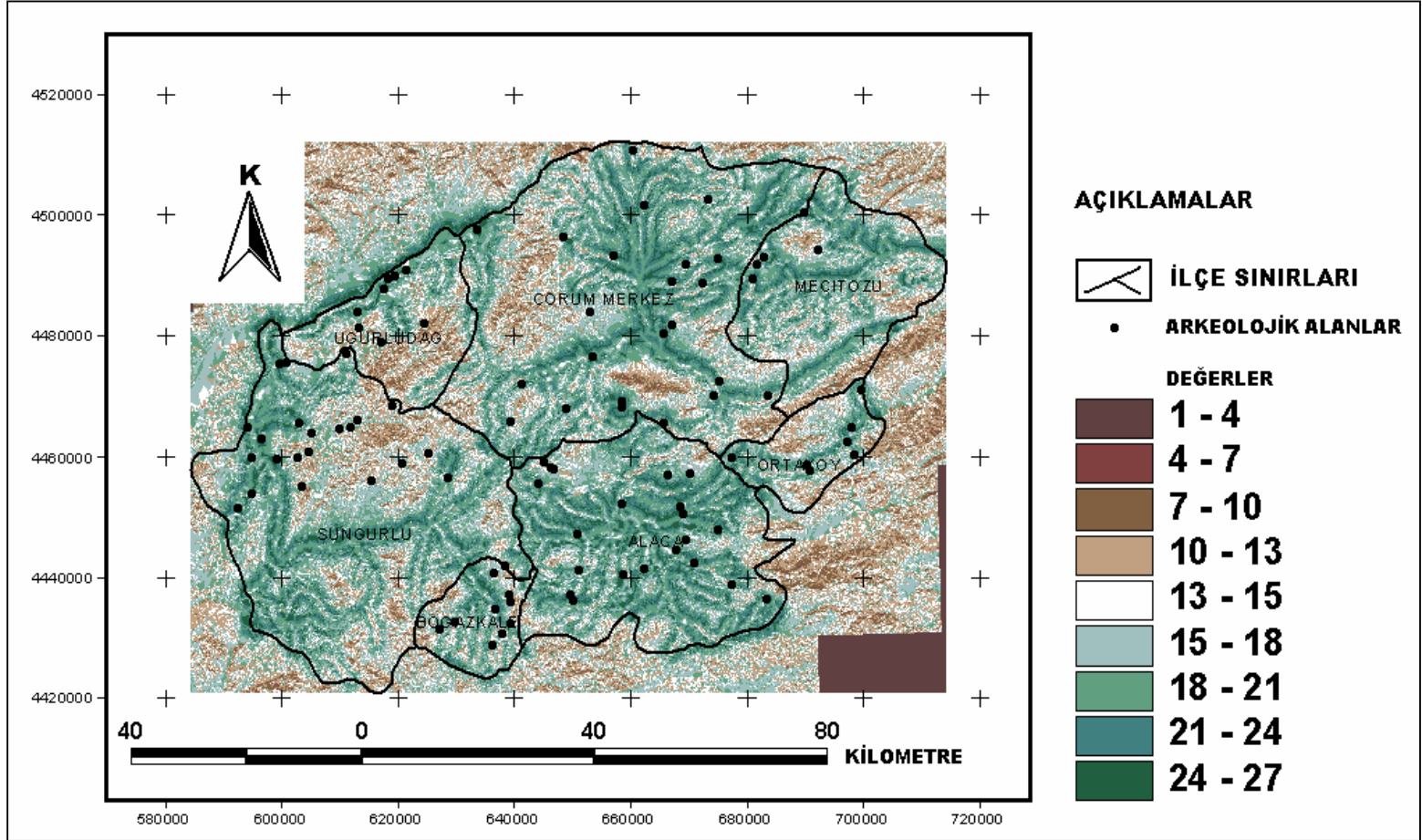
Aritmetik işlem olarak toplama işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 7.2).



Şekil 7.2. Aritmetik işlemin uygulanması örneği

Eğim, bakı, su kaynaklarına uzaklık değişkenleri arasında, aritmetik işlem sonucunda oluşan haritada grid değerleri puan olarak dokuz sınıf olarak gösterilmiştir (Şekil 7.3).

Harita grid yapıdan vektör yapıya dönüştürülerek puan bilgileri arkeolojik noktalar ve rastgele atılan noktalara eklenmiştir.



Şekil 7.3. Aritmetik işlem haritası

Aritmetik işlem haritasını oluşturan değişkenler üzerinden yapılan sorgulamalarla;

- Aritmetik işlem haritası üzerinde eğim değişkeninin  $\geq 7$ , baki değişkeninin  $\geq 7$  ve =1 sınıfa sahip oldukları yerler ile akarsu kaynaklarına uzaklık için  $\leq 2000$ m değerlerinin aynı anda buldukları yerler belirlenmiştir (Şekil 7.4).

Arkeolojik alanlar çoğunlukla yeni oluşturulan alanların içerisinde veya yakınlarında buldukları görülmüştür.

-Arkeolojik noktaların, rastgele atılan noktaların, ayırım analiz sonuçlarına göre arkeolojik nokta özelliklerini gösteren noktaların,

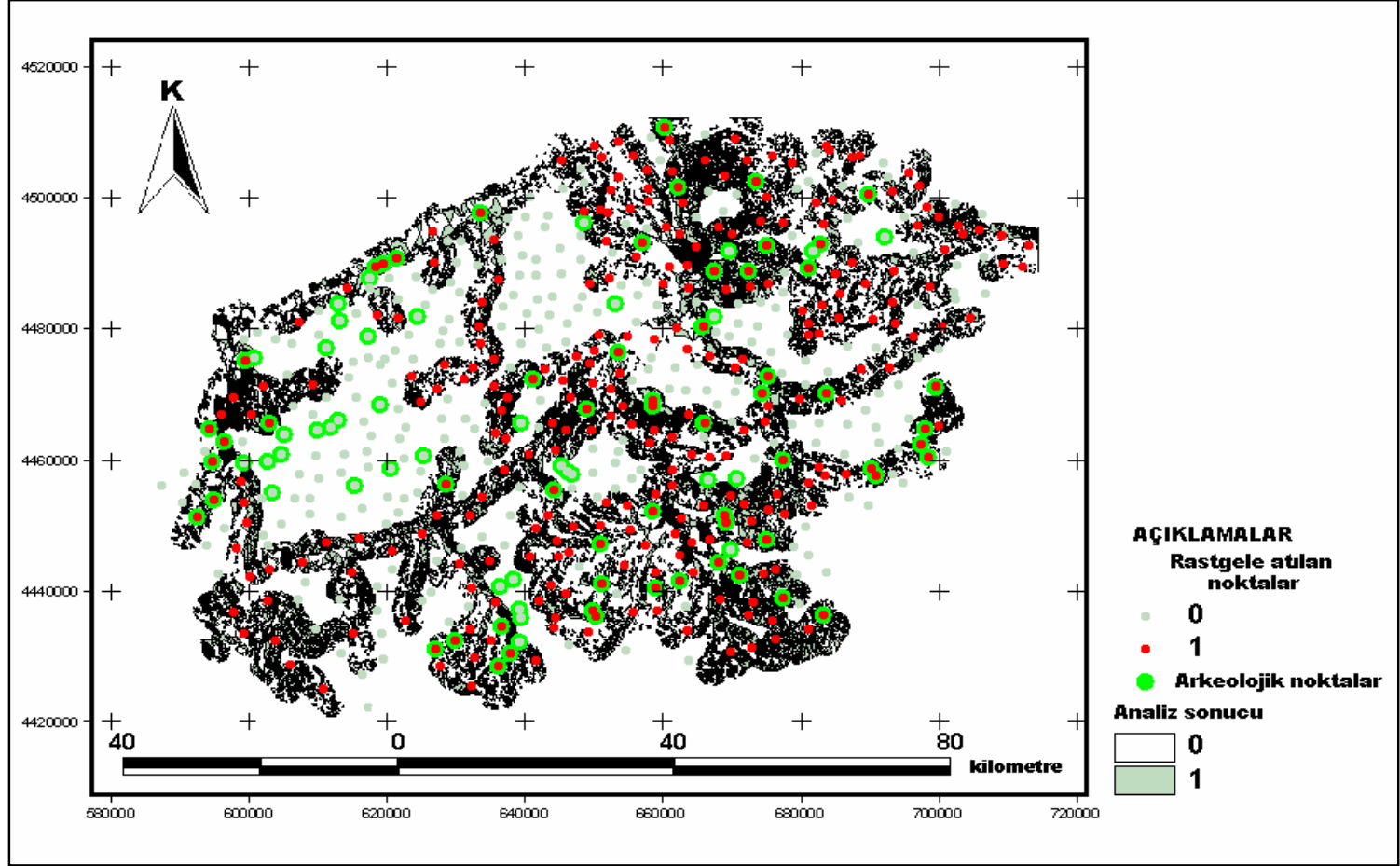
- Ayırım analiz sonuçlarına göre arkeolojik nokta özelliği gösteren rastgele noktaların puan sınıflarına göre dağılımları bulunmuş ve 6-9 sınıflarında bulunan değerler, toplama göre % değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 7.13).

**Çizelge 7.13.** İşlemlerin karşılaştırılması

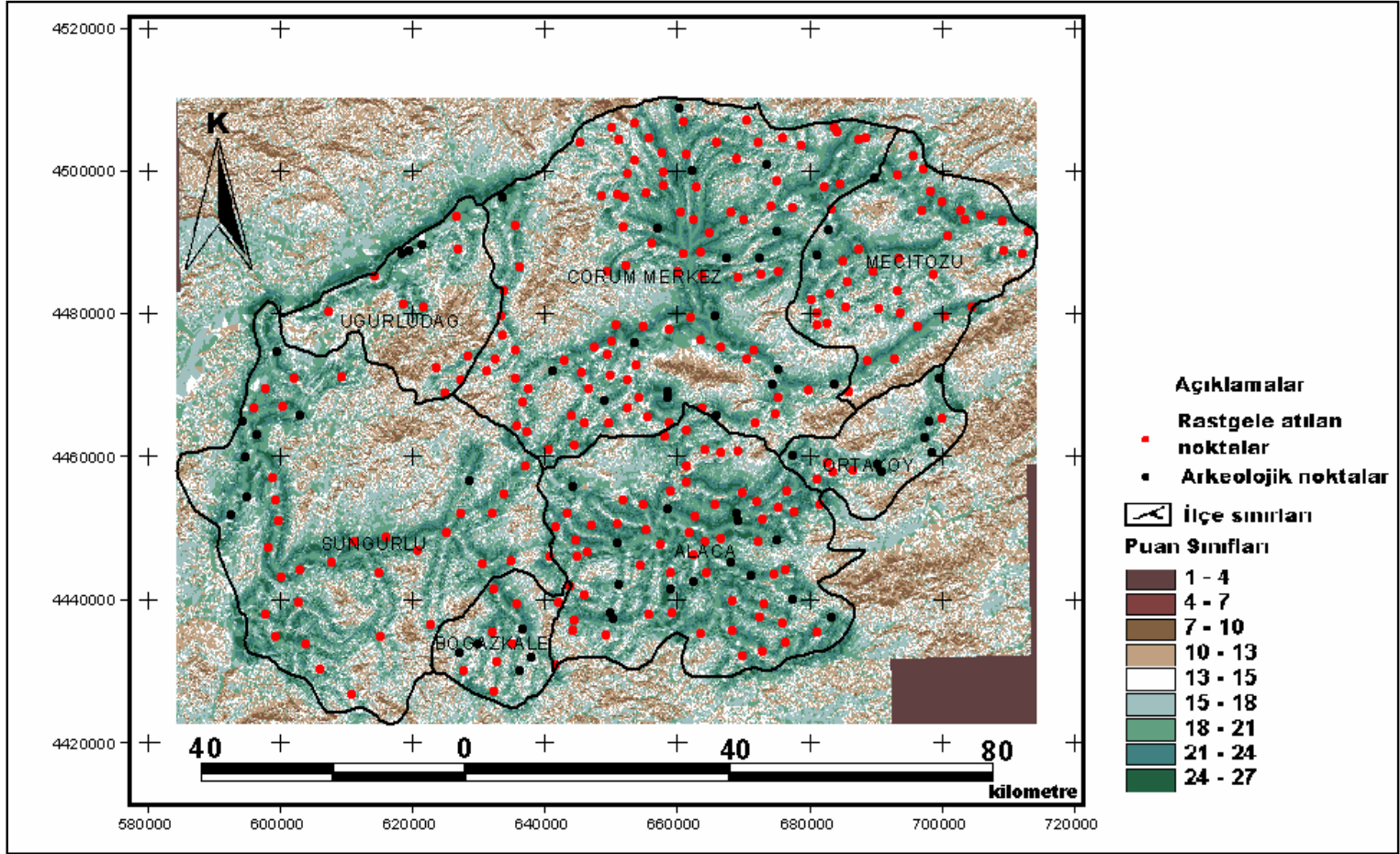
Aritmetik İşlem		Arkeolojik Noktalar	Rastgele Atılan Noktalar	Ayırım Analizi Sonuçlarına Göre	
Sınıfları	Puanları			Arkeolojik Noktalar	Rastgele Atılan Noktalar
1	1-4	-	-	-	-
2	4-7	-	-	-	-
3	7-10	2	14	1	-
4	10-13	7	59	16	6
5	13-15	15	69	16	12
6	15-18	30	121	-	47
7	18-21	32	152	23	100
8	21-24	10	61	10	57
9	24-27	8	17	8	17
	Toplam	104	493	62	239
	%	76.92	71.19	66.12	92.47

Aritmetik işlem haritasından elde edilen değerler ile ayırım analizi sonuçlarının birbirleri ile tutarlı oldukları görülmektedir. Her iki yöntemde de noktaların yüksek puanlarda dağıldığı, seçilen değişkenlerin ve verilen puanların doğruluğunu test etmektedir. Rastgele atılan noktalar ile arkeolojik noktalar ayırım analizi sonuçlarında arkeolojik nokta olma özelliğine göre yapılan aritmetik işlem haritası üzerinde gösterilmiştir (Şekil 7.5).





Şekil 7.4. Analiz sonuçlarının harita üzerinde gösterilmesi



Şekil 7.5. Noktaların aritmetik işlem harita üzerinde gösterimi

### 7.7. İki Nokta Arasındaki Çizgi Boyunca Görünür Bölgelerin Çıkarılması

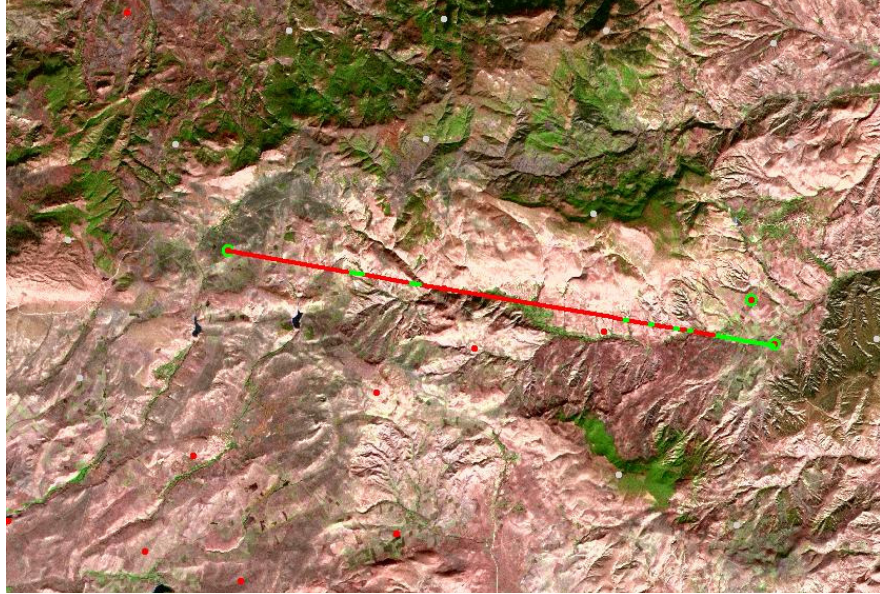
Çalışma alanı içerisinde belirlenen iki noktayı birleştiren çizgi boyunca görünür noktalar incelenmiştir.

Her iki noktada da olduğu varsayılan kulelerin boyları 10m. olarak alınmıştır. Kuleler üzerinde bulunan kişilerin birbirleri görüp görmeyeceklerini ve iki kuleyi birleştiren çizgi boyunca görünebilen yerlerin belirlenmesi uygulanmıştır.

Görünebilirlik yöntemlerinden farklı olarak sadece iki nokta arasında yapılması ve çizgi boyunca sayısal arazi modelinin profilinden çıkarılması açısından önemlidir.

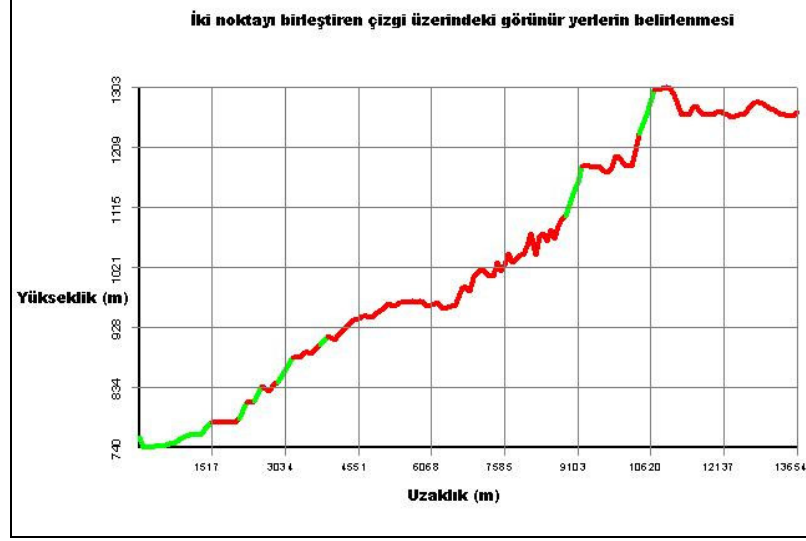
İki nokta arasındaki güvenli bölgelerin belirlenmesi, kontrol noktalarının çıkarılması, yol güzergahlarının belirlenmesi gibi işlemlerde kullanılmaktadır.

Çalışma alanı içerisinde bulunan Yuğ Tepe Arkeolojik Sit Alanı ile arkeolojik yüzey araştırmalarında tespit edilen Osman Kalesi Höyüğü arası bir çizgi ile birleştirilmiş ve görünür alanlar çizgi üzerinde yeşil renkle belirtilmiştir (Şekil 7.6).



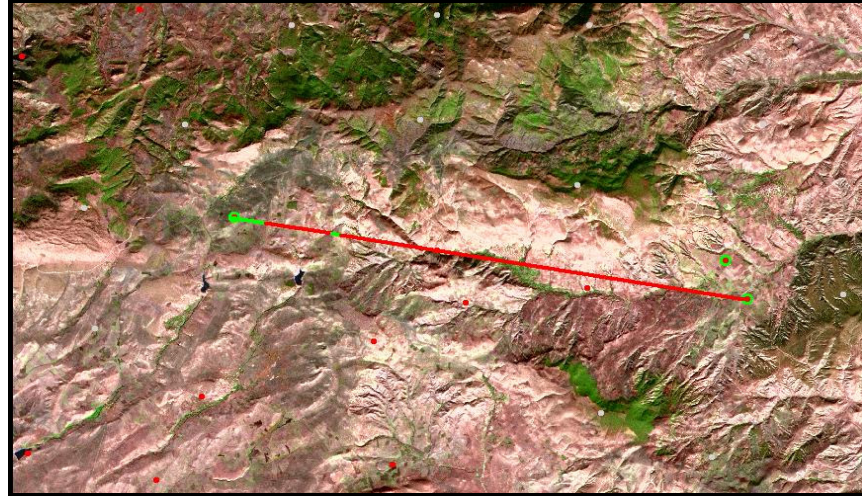
Şekil 7.6. Yuğ Tepe'den Osman Kale yönündeki çizgi üzerinde görünür yerler

Noktalar arasında arazinin profili çıkarılmıştır. İki nokta arasındaki uzaklığın 13654m., yükseklik farkının en fazla olduğu noktada 563m., iki nokta arasındaki eğim yaklaşık %4 bulunmuş ve profil abartılarak çizilmiştir (Şekil 7.7).



Şekil 7.7. İki nokta arasındaki arazinin profili

Aynı işlem Osman Kalesi Höyük'ünden Yuğ Tepe Arkeolojik Sit Alanı'na doğru çizgi ile birleştirilmiş çizgi üzerinde görünen alanlar yeşil renkle belirtilmiştir (Şekil 7.8).



Şekil 7.8. Osman Kale'den Yuğ Tepe yönündeki çizgi üzerinde görünür yerler

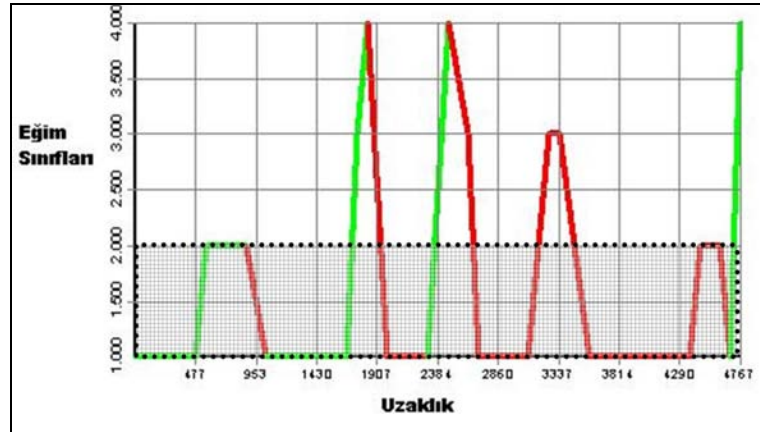
Osman Kale Höyük'ten Yuğ Tepe Arkeolojik Sit Alanı'na doğru alınan çizgi üzerinden arazinin profili abartılarak çizilmiştir (Şekil 7.9).



Şekil 7.9. Osman Kale Höyük'ünden arazinin profili

İki nokta arasında görünür yerlerin belirlenmesi ve arazinin bir çizgi boyunca profilinin çıkarılması arkeolojik yüzey araştırmalarında arazinin yüksekliklerinin değişiminin incelenmesi, düz araziler üzerinde ani değişimler meydana getiren höyüklerin bulunması, iki höyük arasında uygun yol güzergahlarının belirlenmesi gibi işlemler için uygun bir yöntemdir.

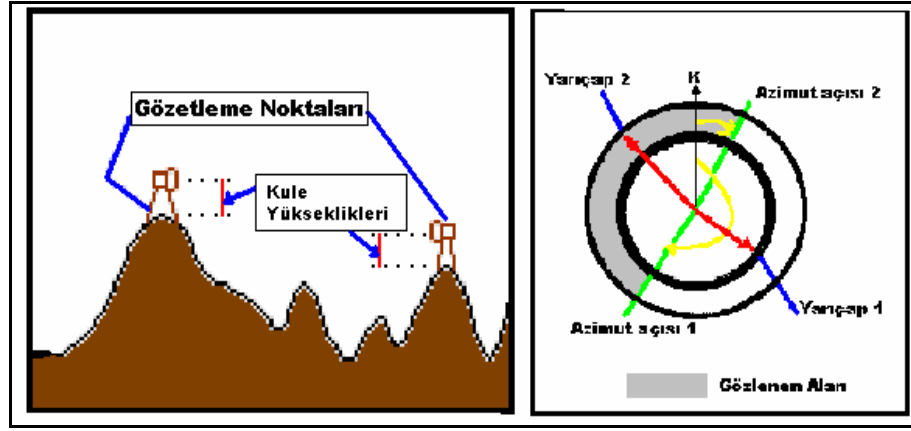
Profil çıkartmada arazinin sadece yükseklik değerlerinden yararlanılmaz. Grid yapısını oluşturan değişken özelliklerine göre iki nokta arazideki profil çıkartılabilmektedir. İki nokta arasındaki eğim sınıf değerlerine göre profil çıkartılabilir (Şekil 7.10).



Şekil 7.10. İki nokta arasında eğime göre arazinin profili

Görünebilirlik analizleri iki nokta arasındaki bir çizgi boyunca olabildiği gibi bir noktadan belli bir bölgeyi kapsayacak şekilde de yapılabilmektedir.

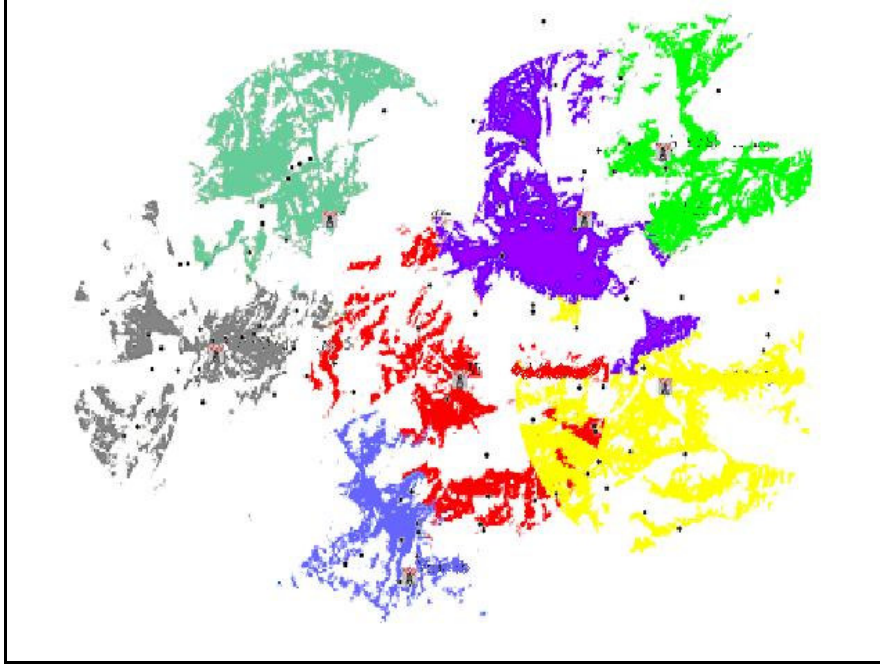
Çalışma alanı içerisinde herhangi bir noktaya, kule yüksekliği gözlenen kule yüksekliği, taranması istenen alan ve uzaklık değişkenleri belirtilerek yapılabilmektedir. Kule yükseklikleri ve uzaklık metre cinsinden taranması istenen alan ise açı birimi ile ifade edilmektedir. Kuzey  $0^\circ$ , doğu  $90^\circ$ , güney  $180^\circ$ , batı ise  $270^\circ$  ile ifade edilmektedir. Başlangıç ve bitiş açıları istenilen değerde verilebilir. İki farklı uzaklık değeri verilerek iki çember arasında kalan alanın taranması istenebilmektedir. İşlem mantığı olarak iki nokta arasındaki çizgi üzerinden görünür alan belirleme olarak aynıdır. Görünür bölgeler belirlenen renkle işaretlenirken görülemeyen bölgeler boş bırakılmaktadır (Şekil 7.11).



Şekil 7.11. Kule noktasından belirlenen alana ait görünürlük hesaplanması

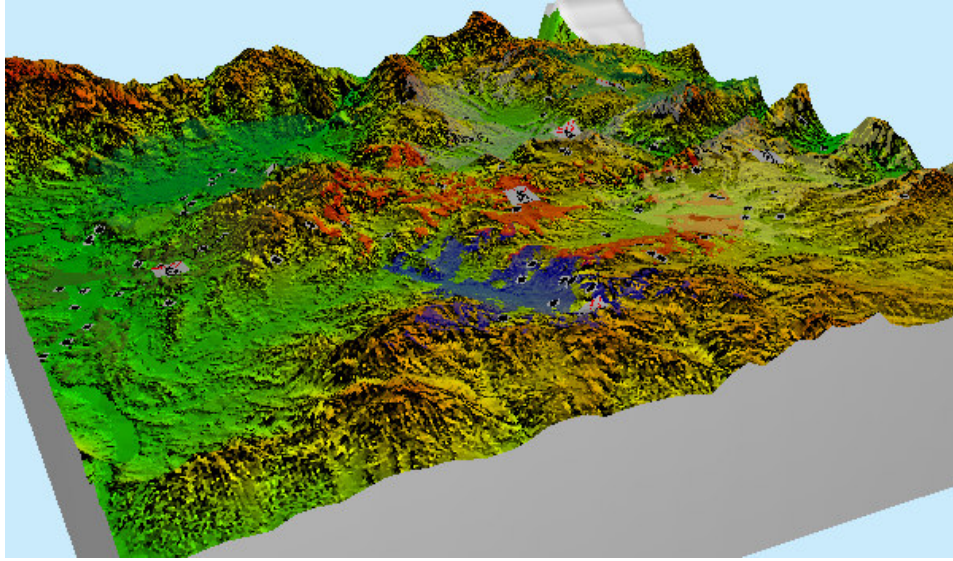
Çalışma alanı içerisinde yapılan uygulamada kule yükseklikleri 10m. yarıçap 25000m., başlangıç açısı  $0^\circ$ , bitiş açısı  $360^\circ$  olarak alınmış ve seçilen 7 noktadan görünür alanlar tespit edilmiştir. Noktaların konumları, arazi içerisindeki yüksek yerler, daha önceden tespit edilen arkeolojik noktalara yakın olma ve arkeolojik noktaların araziye dağılımları, özellikleri ile değerlendirilmiştir.

Seçilen noktalardan görünen alanların ayırt edilebilmesi için ayrı renklerle gösterilmiştir. Arkeolojik alanlar siyah noktalarla belirtilmiştir (Şekil 7.12).



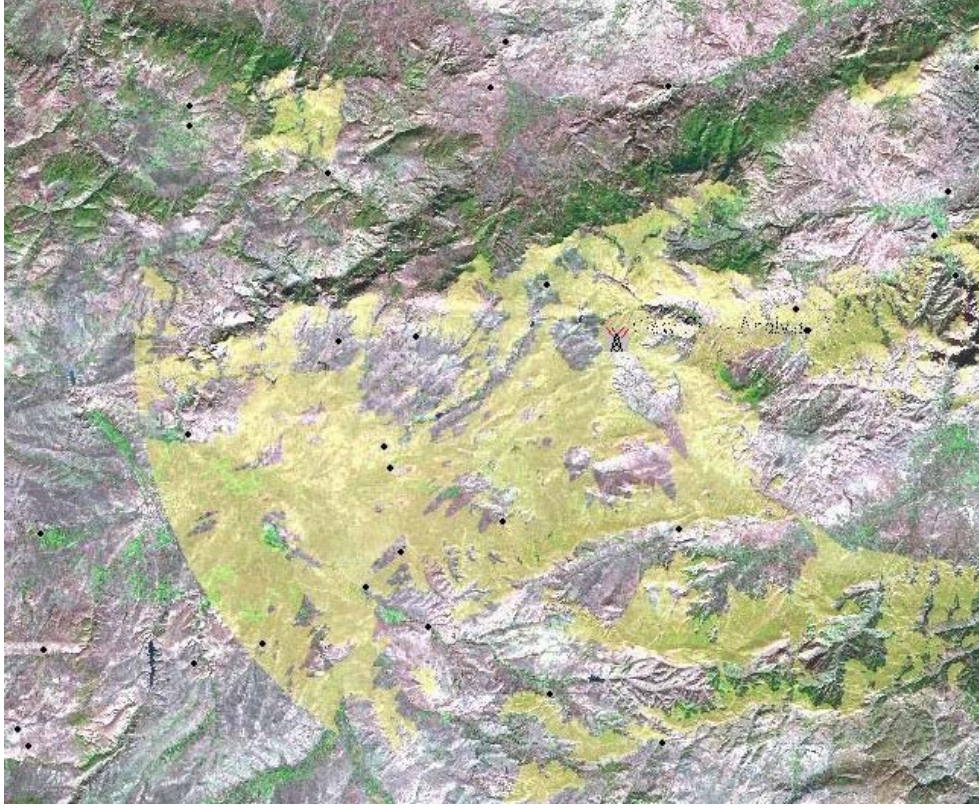
Şekil 7.12. Görünür alanların gösterimi

Arazinin üç boyutlu modeli üzerinden kuleler ve kapladıkları alanların ilişkileri incelenmiştir. Yeni kule yerlerinin seçiminin üç boyutlu arazi modeli üzerinde işaretlemenin daha uygun yerlerin seçiminde kolaylık sağladığı belirlenmiştir (Şekil 7.13).



Şekil 7.13. Kulelerin üç boyutlu model üzerinde görünümü

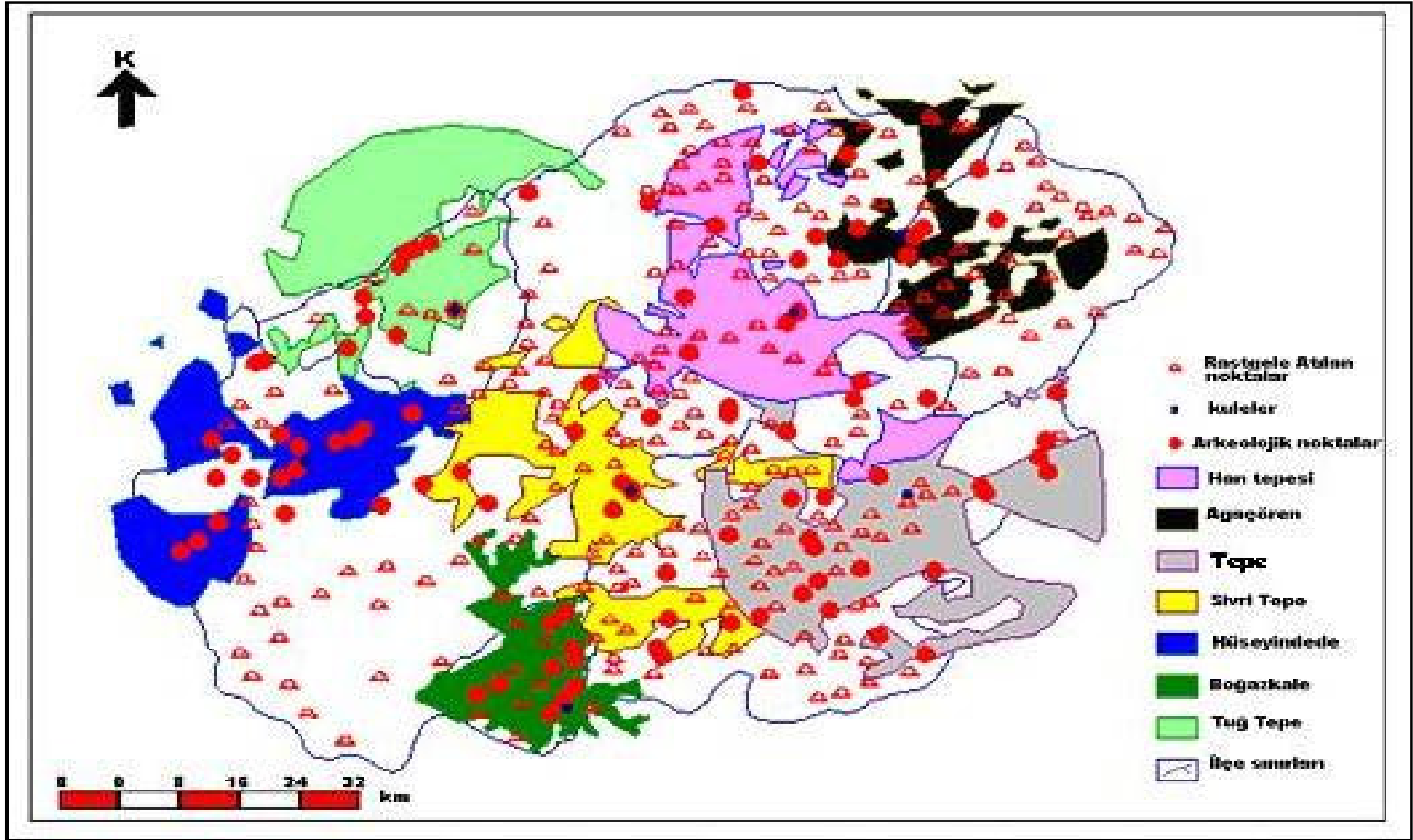
Elde edilen görüntü üzerinden her bir renk ayrı bir alan değişkeni olarak vektör halinde kaydedilmiştir. Seçilen noktalardan Ortaköy İlçesi sınırları içerisinde bulunan kule ve kaplama uydu görüntüsü üzerinde gösterilmiştir (Şekil 7.14).



**Şekil 7.14.** Uydu görüntüsü üzerinde görünür alanlar

Arkeolojik noktalar, rastgele atılan noktalardan arkeolojik özellik gösteren noktalar, kule yerleri ve çalışma alanını oluşturan ilçe sınırları harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 7.15).





Şekil 7.15. Çalışma alanı içerisinde görünür alanların belirlenmesi

Her kule noktası için, görünür bölge %'si hesaplanmış ve görünür alan içerisinde kalan arkeolojik nokta sayısı bulunmuştur (Çizelge 7.14).

**Çizelge 7.14.** Görünür alanların ve arkeolojik noktaların ilişkisi

Kule Yerleri	Görünür Alan %	Arkeolojik nokta sayısı	Rastgele atılan nokta sayısı
Boğazkale	11.4	10	8
Sivri Tepe	20.6	16	25
Tepe	27.2	17	22
Han Tepesi	28.4	6	25
Hüseyindedede	14.6	13	2
Tuğ Tepe	23.5	9	3
Ağaçören	17.5	5	19

İşaretlenen kulelerden arkeolojik noktaların %76'sı ve rastgele atılan noktalardan arkeolojik özellik gösteren noktaların %35'i görünebilen alan içerisinde kalmıştır.

## 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Hava fotoğrafları ile yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar;

- Boğazkale ilçe sınırları içerisinde bulunan Hattuşa arkeolojik sit alanının 1977 ve 1990 yıllarına ait hava fotoğrafları, alan üzerinde meydana gelen değişimlerin tespit edilmesi amacıyla incelenmiştir. Alan alt bölgelere ayrılmış ve her bölge ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. İncelemeler sonucunda açılan kazı alanlarının şekil, boyut, ton farklılığı gibi izlerinin, eski tarihli fotoğraflarda mevcut izleri belirlenmiştir. Alan içerisinde kalan ve halen kazı yapılmamış yerler, belirlenen izlerle karşılaştırılmış ve benzer özellikler gösteren yerler öncelikli kazı yapılması gereken yerler olarak önerilmiştir.

8 Numaralı bölge içerisinde (Şekil 5.11) güney havuzlarının alt kısmında bulunan düzlük alanda çizgisel benzerlik, şekil ve renk tonu itibariyle 6 ve 7 numaralı alanların (Şekil 5.9) kazı yapılmadan önceki şekil ve renk tonları ile uyum göstermiştir. Güney havuzları ve Arslanlı Kapıya yakınlığı nedeniyle alanın önemi artmaktadır. Belirlenen alanın incelenmesi önerilmektedir.

Şekil ve konumu nedeniyle dikkat çeken ikinci yer 9 numaralı alan içerisinde bulunmaktadır (Şekil 5.12). Şehir surlarına yakınlığı ve hakim konumu ile incelenmesi gereken yerlerden birisidir.

Uydu görüntüleri ile yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar;

- Landsat uydu görüntüsü ile arazi kullanım sınıflarının bulunması için Landsat RGB/453 band kombinasyonu kullanılmış ve arkeolojik alanların sınıflandırılması yapılmıştır. Landsat uydu görüntüsünün çözünürlüğünün 30 m olmasından dolayı yerleri kesin bilinen (Alaca Höyük, Hattuşa gibi) birkaç nokta haricinde arkeolojik alanların yerlerinin tespit edilmesinde kullanılmasının yeterli olmadığı görülmüştür. Geniş alanlar hakkında bilgi toplanması amaçlı kullanımının (akarsuların yerleri, bitki topluluklarının türleri, arazi kullanım sınıfları vb) yüzey araştırma planlamalarının oluşturulmasında zaman kazanma ve güzergah belirleme gibi bir çok açıdan daha uygun olduğu düşünülmektedir.

- IRS 1-C uydusuna ait pan ve Landsat uydusuna ait görünür bantların birleştirilmesi ile görüntünün çözünürlüğü artırılmış elde edilen görüntü çözünürlüğü ile bilinen arkeolojik alanlar daha ayrıntılı görülebilmektedir. Alanların

çevresinde bulunan doğal yapıdan ayırt edilmesi ancak kazı işlemi yapılan alanlar için geçerli olmuştur.

Çalışmalar sırasında, şekil ve boyut olarak arkeolojik alanlara benzerlik gösteren ve rastgele seçilen bir alan incelenmiştir. İnceleme sonucunda, alan içerisinde yüzeye dağılmış seramik parçaları bulunmuş, ayrıca alanın birkaç noktasında kaçak kazı yapıldığı tespit edilmiştir.

Alaca Höyük arkeolojik sit alanı üzerinde, uydu görüntüleri ile hava fotoğrafları arasındaki görüntü farkı incelenmiştir. Uydu görüntülerinden genel bilgiler, elde edilirken, hava fotoğraflarında ise ayrıntılar tespit edilebilmiştir. Hava fotoğrafı üzerinden alana ait plan, kroki, haritalama gibi işlemlerin ve alan üzerindeki şekil, boyut, renk farklılıklarının incelenebilmesi mümkün olmuştur.

İstatistiksel analiz metodları, arkeolojik alanlara ait özelliklerin birbirleri ile olan ilişkilerinin bulunmasında kullanılmıştır. Analiz sonuçlarında, akarsulara olan uzaklıkla arkeolojik alan olma özelliğinin ilişkili olduğu bulunmuştur.

Çalışma alanı içerisinde bulunan 104 adet arkeolojik alanın eğim, bakı ve, akarsulara uzaklık özellikleri belirlenmiştir. Çalışma alanı içerisine rastgele 493 adet nokta belirlenmiş ve bu noktaların özellikleri, arkeolojik alanların özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Arkeolojik alanlarla rastgele atılan noktalar arasında ayırma analizi uygulanmıştır. Analiz sonucunda, arkeolojik alanların %59.6'sı ile rastgele belirlenen noktaların %48.5'i birbirleriyle arkeolojik alan olma özellikleri bakımından uyumlu çıkmış ve gruplandırılmıştır.

Arkeolojik alanların özelliklerinden yararlanılarak çalışma alanı içerisinde aynı özellikleri gösteren tüm alanlar belirlenmiş ve haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan harita üzerinde bilinen arkeolojik noktaların %76.92'si, rastgele atılan noktaların %71.19'ü belirlenen alanlar üzerinde tespit edilmiştir. Aynı harita üzerinde ayırma analizi sonucu gruplandırılan noktalardan bilinen arkeolojik alanların %66.12'si rastgele atılan noktalardan, arkeolojik alan özelliği gösteren noktaların %92.47'si tespit edilmiştir.

Çalışma alanı içerisindeki bazı arkeolojik alanlara yakın, yüksek kottaki noktalar işaretlenmiş ve bu noktalardan görülebilen alanlar belirlenmiştir. İşaretlenen alanlardan oluşturulan harita üzerinde bilinen arkeolojik alanların

%76'si tespit edilirken rastgele atılan noktaların %35'i görülebilen alan içerisinde kalmıştır.

Elde edilen bütün değerlendirmeler sonucunda;

Bölgede önceden gerçekleştirilen arkeolojik yüzey araştırması yapılmış tüm alanla temel altlıklar üzerinde haritalanmalıdır. Eksik araştırmalar ve araştırma yapılmayan bölgeler tespit edilmelidir.

Arkeolojik alanlara ait tüm bilgiler, raporlar, çizimler ve sonuçlar sayısal ortamda toplanmalı belli kayıt standartları getirilmelidir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda belirlenen standartlara uygun çizelgeler ve altlıklar kullanılarak veriler toplanmalıdır.

Mevcut arkeolojik alanların hava fotoğrafları ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri elde edilmeli, bunlar üzerinden belirlenen özellikler bir araya getirilerek, sınıflandırılarak alanların paternlerini tanımaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Mevcut alanların konumsal, tarihsel ve fiziksel özellikleri sayısal ortamlarda incelenerek, birbirleri ile olan ilişkileri ortaya çıkarılmalı Coğrafi Bilgi Sistemlerinin analiz ve sorgulamaları kullanılarak ayrıntılı modelleri elde edilmelidir. Elde edilen modeller araştırma yapılan bölgelerle karşılaştırılmalı doğruluğu test edildikten sonra araştırma yapılmayan bölgelere uygulanmalıdır.

Arkeoloji alanında Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Uzaktan Algılama yöntemlerinin kullanımının gelişmesine yönelik en önemli etken eğitimli insan kaynağıdır. Arkeolojiye yönelik güçlü bir sistemin oluşturulabilmesi için, kullanıcıların seçilmesi, görevlendirilmesi, eğitilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1.] *Haritacılık terimleri sözlüğü*, Harita Genel Komutanlığı Matbaası, Ankara (2003).
- [2.] [http:// www.hgk.gov.tr](http://www.hgk.gov.tr)
- [3.] [http-1 http:// www.electro\\_optical.com/bb\\_rad/bb\\_rad.htm](http://www.electro_optical.com/bb_rad/bb_rad.htm)
- [4.] ÖRMECİ, C., *Uzaktan algılama I.cilt*, İ.T.Ü. Basımevi, İstanbul (1988).
- [5.] ÖNDER, M., *Uzaktan algılamada topografik uygulamalar*, Harita Genel Komutanlığı Matbaası, Ankara (2002).
- [6.] DİNÇ, U., YEĞİNGİL, İ. ve PEŞTAMALCI, V., *Uzaktan algılama*, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, 8, 5 (1997).
- [7.] AYDAY, C., *Uzaktan algılama ders notları*, Yayınlanmamış Ders Notları, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (2003).
- [8.] ÖNDER, M., *Fotogrametriye giriş*, Yayınlanmamış Ders Notları, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (2005).
- [9.] AYDAY, C., *Coğrafi bilgi sistemleri ders notları*, Yayınlanmamış Ders Notları, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (2005).
- [10.] İNAN, A., *Piri Reis'in hayatı ve eserleri*, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara (1992).
- [11.] [http:// www.ankara.edu.tr](http://www.ankara.edu.tr)
- [12.] BAŞARAN, C., *Arkeolojiye giriş*, Erzurum (1996).
- [13.] NAUMANN, R., *Eski anadolu mimarlığı*, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara (1998).
- [14.] [http-2:http:// www.cgi.girs.wageningen-ur.nl/cgi/projects/brcs/multisensor](http://www.cgi.girs.wageningen-ur.nl/cgi/projects/brcs/multisensor)
- [15.] FINSTERWALDER, R., *Fotogrametri*, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul (1983).
- [16.] LILLESAND, T.M., ve KIEFER, R.W., *Remote sensing and image interpretation*, John Wiley & Sons Inc, USA (2000).
- [17.] [http-3: http://www.arts.uwa.edu.au/classics/archaeology/rsame.html](http://www.arts.uwa.edu.au/classics/archaeology/rsame.html)
- [18.] [http-4: http://rs6000.univie.ac.at/aarg/worldwide/essex/essex.html](http://rs6000.univie.ac.at/aarg/worldwide/essex/essex.html)
- [19.] ERDOĞAR, N.J., *Application of remote sensing in archaeology*, Master of Science, Middle East Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Science, Ankara (1997).

- [20.] http-5: <http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/archaeology/archaeology.html>
- [21.] http-6: <http://www.informatics.org/france/france.html>
- [22.] http-7: <http://www.arcl.ed.ac.uk/arch/caithness>
- [23.] YOSHIMURA, S., KONDO, J., HASEGAWA, S., SAKATA, T., ETAYA, M., NAKAGAWA, T., ve NISHIMOTO, S., Preliminary report of the general survey at dahshur north egypt, Mediterranean, Annual Report of the Collegium Mediterranistarum, XX, 3-24 (1997).
- [24.] http-8: <http://www.gisdevelopment.net/application/archaeology/>
- [25.] SUPAJANYA, T., *Remote sensing in archaeological application in Thailand*, Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environmental Management, Bangkok (1995).
- [26.] ZÜLAL, A., *Arkeolojide uzaktan algılama*, Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları, 377, 80-81, Ankara (1999).
- [27.] KÖROĞLU, B., *Elaiussa sebaste ve çevresinin uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları ile tarihsel ve güncel arazi kullanımları yönünden incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye (2002).
- [28.] DEMİR, F., *Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak ceylan ovasında test alanlarında höyüklerin incelenmesi* Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye (2002).
- [29.] RILEY, D.N., *Air photography & Archaeology*, Gerald & co ltd, Duckworth, London, Büyük Britanya / Great Britain (1987).
- [30.] AVERY, T. E., ve BERLIN G.L., *Fundamentals of remote sensing and airphoto interpretation fifth edition*, Macmillan Publishing Company, New York, USA (1992)
- [31.] http:// [www.essex.ac.uk](http://www.essex.ac.uk)
- [32.] FINTENSTERWALDER, R., HOFMANN, W., *Fotogrametri*, İ.T.Ü. Yayınları, Sayı:1242, İstanbul (1983)
- [33.] SEHER, J., *Boğazköy: Pteria? Tavium? Hattuşa! Hitit Başkentinin Keşfi*, Boğazköy'den Karatepe'ye, Yapı Kredi Yayınları, İstanbul (2001)

- [34.] ÖRÜKLÜ, E., *Uzaktan algılama*, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul (1988).
- [35.] http-9: <http://www.hattuscha.de/turk/>
- [36.] AKGÜL, A., *Tıbbi araştırmalarda istatistiksel analiz teknikleri ve spss uygulamaları*, Yeni Mustafa Kitabevi, Ankara (2003).
- [37.] ŐIKLAR, E., *Regresyon analizine giriş*, Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi Yayınları , Eskişehir (2000).
- [38.] ZEILER, M., *Modeling our world the esri guide to geodatebase design* , Esri Pres, Red Lands, California, USA (1999).
- [39.] MITCHELL, A., *The ESRI guide to GIS analysis volume:1 geographic patterns & relationships*, Esri Pres, Red Lands, California, USA (1999).



# **EKLER**

EK-1 Arkeolojik Sit Alanı ve Ören Yerleri

ARKEOLOJİK SİT ALANI VE ÖREN YERLERİ				
SN	ADI	NO	İLÇESİ	KÖYÜ
1	Boğazköy-Hattuşa Ark. Sit Al. Ve Örenyeri	1	Boğazkale	
2	Yazılıkaya Ark. Sit Al. Ve Örenyeri	2	Boğazkale	
3	Alacahöyük Ark. Sit Al. Ve Örenyeri	3	Alaca	Alacahöyük Beldesi
4	Ortaköy-Şapınuva Ark. Sit Al. Ve Örenyeri	4	Ortaköy	
5	Hüseyinde Tepesi	5	Sungurlu	Yörüklü Kasabası
6	Eskiyapar Ark. Sit Al. Ve Örenyeri	6	Alaca	Eskiyapar
7	Pazarlı Ark. Sit Al. Ve Örenyeri	7	Alaca	Pazarlı
8	Yuğtepe Arkeolojik Sit Alanı	8	Ortaköy	
9	Horasantepe Arkeolojik Sit Alanı	9	Ortaköy	Aşdavul Beldesi
10	Hocasultan Yepesi Arkeolojik Sit Alanı	10	Ortaköy	Aşdavul Beldesi
11	Çöplü Höyük Arkeolojik Sit Alanı	11	Alaca	Çöplü
12	Mahkemegediği Höyük Arkeolojik Sit Alanı	12	Merkez	Deniz
13	Büyükgüllücek Arkeolojik Sit Alanı	13	Merkez	Büyükgüllücek
14	Taştopepe Arkeolojik Sit Alanı	14	Alaca	Kalınkaya
15	Kalınkaya Tümülüsü Arkeolojik Sit Alanı	15	Alaca	Kalınkaya
16	Sivritepe Tümülüsü Arkeolojik Sit Alanı	16	Alaca	Kalınkaya
17	Kalınkaya III Tümülüsü Arkeolojik Sit Alanı	17	Alaca	Kalınkaya
"Arkeolojik Sit"; antik bir yerleşmenin veya eski bir medeniyetin kalıntılarının bulunduğu yer veya su altında bilinen veya meydana çıkarılan korunması gerekli alanlar.				

EK-2 Tespit Edilen Arkeolojik Alanlar

TESPİT EDİLEN ARKEOLOJİK ALANLAR				
SN	ADI	NO	İLÇESİ	KÖYÜ
1	Hamamtepe	18	Merkez	Sarmaşa
2	Serçehöyük	19	Merkez	Altınbaş
3	Salur Höyüktepe	20	Merkez	Salur
4	Toptepe	21	Merkez	Tatar
5	Yenihayat	22	Merkez	Yenihayat
6	Melikgazi Tepesi	23	Merkez	Bahçelievler Mah.
7	Ferzant	24	Merkez	Konaklı
8	Kalehisar	25	Merkez	Mahmudiye
9	Simali Kalesi	26	Merkez	Örencik
10	Höyük	27	Merkez	Kırkdilim
11	Kale	28	Merkez	Seydim Çakallı
12	Çayhatap Höyüğü	29	Merkez	Çayhatap
13	Hacıköy Höyüğü	30	Merkez	Göçenovacığı
14	Göçenovacığı Höyük	31	Merkez	Göçenovacığı
15	Ovakarapınar Höyüğü	32	Merkez	Ovakarapınar
16	Hantepesi Höyüğü	33	Merkez	Ovasaray-Şekerbey
17	Gümüşlü Kaya	34	Merkez	Aşağı Sarılık
18	Boğaz	35	Merkez	Cemilbey
19	Kiremit Tepe	36	Merkez	Lozanevler
20	Çontuk Tepe	37	Merkez	Kavacık-Hacı Musa
21	Palabıyık	38	Merkez	Palabıyık
22	Kütüklü	39	Merkez	Hızırdede
23	Belpınar Höyük ve Kalesi	40	Alaca	Belpınar
24	Demirci Höyük	42	Alaca	Kayıbüvet
25	Örükaya Höyük	43	Alaca	Örükaya
26	Bağınardı Höyük	44	Alaca	Akören
27	Bozdoğan Höyük	45	Alaca	Bozdoğan
28	Bolatçık Höyük	47	Alaca	Bolatçık
29	Topmbul Tepe	48	Alaca	Killik
30	Mercantepe Höyük	49	Alaca	Belpınar
31	Kıplanınarı Höyük	50	Alaca	Büyük Hırka
32	Bayındır Höyük	51	Alaca	Büyük Hırka
33	Yatankavak Tümülüsü	52	Alaca	Yatankavak
34	Dedepınarı Höyük	53	Alaca	Dedepınarı-Velet
35	Hışır Höyük	54	Alaca	Hışır
36	Ak Höyük	55	Alaca	Kapaklı
37	Akpınar Höyük	56	Alaca	Akpınar
38	Gerdekkaya Kaya Mezarı	57	Alaca	Camili
39	Çöplü Höyük	58	Alaca	?
40	Emirler Kalesi	59	Boğazkale	Emirler

EK-2 Tespit Edilen Arkeolojik Alanlar (devamı)

TESPİT EDİLEN ARKEOLOJİK ALANLAR (devamı)				
SN	ADI	NO	İLÇESİ	KÖYÜ
41	Kocakaya	60	Boğazkale	?
42	Yıkık Cami	61	Boğazkale	Evren
43	Külâh Tepe	62	Boğazkale	Kaymaz
44	Taş Kuyu	63	Boğazkale	Kaymaz
45	Mengen Mevkii	64	Boğazkale	Yazır
46	Kalfalı Çardağı Mevkii	65	Boğazkale	Evcı
47	Dabulga Mevkii	66	Boğazkale	Örenkaya
48	Müezin Höyük	67	Mecitözü	Elvançelebi
49	Başören	68	Mecitözü	Elvançelebi
50	Ağcaören	69	Mecitözü	Elvançelebi
51	Elvançelebi Höyük	70	Mecitözü	Bekişler
52	Beyözü Kale Mevkii	71	Mecitözü	Beyözü
53	Eukatia	72	Mecitözü	Beyözü
54	Asar	73	Ortaköy	Asar
55	Osman Kalesi	74	Ortaköy	Yaylacık
56	İncesu	75	Ortaköy	İncesu
57	Haciosman Deretarla	76	Sungurlu	Haciosman
58	Fatmaören	77	Sungurlu	Yörüklü Kasabası
59	Çavuşçu Hacıfakı Tepesi	78	Sungurlu	Çavuşçu
60	Kaletepe	79	Sungurlu	Haciosman
61	Mahmatlı	80	Sungurlu	Mahmatlı
62	Bozyayla Höyük	81	Sungurlu	Bozyayla
63	Boyalı Höyük	82	Sungurlu	Yörüklü Kasabası
64	Tatlıhöyük	83	Sungurlu	Kavşut
65	Göğhöyük	84	Sungurlu	Çadırhöyük
66	Yeşilyurt Frig Yerleşimi	85	Sungurlu	Yeşilyurt
67	Göğ Kale	86	Sungurlu	Yeşilyurt
68	Kıran-tepe Höyük	87	Sungurlu	İnegazili
69	Kültepe Höyük	88	Sungurlu	Resuloğlu
70	Tokullu Aşağıbağlar	89	Sungurlu	Tokullu
71	Saatin Tepe	91	Sungurlu	Akdere
72	Muratkolü Kale Mevkii	92	Sungurlu	Muratkolü
73	Karaçay Mezarlık Mevkii	93	Sungurlu	Karaçay
74	Höyük-Mezarlık Alanı	94	Sungurlu	Aşağı Fındıklı
75	Ortaköy Güneş Kayası Mevkii	95	Uğurludağ	Ortaköy
76	Resuloğlu (Kaleboynu)	96	Uğurludağ	?
77	Kültepe	97	Uğurludağ	Eskiçeltek
78	Tuzlahöyük	98	Uğurludağ	Eskiçeltek
79	Tümbek Tepe	99	Uğurludağ	Ambarcı
80	Atoluğun Tepe	100	Uğurludağ	Ambarcı

EK-2 Tespit Edilen Arkeolojik Alanlar (devamı)

TESPİT EDİLEN ARKEOLOJİK ALANLAR (devamı)				
SN	ADI	NO	İLÇESİ	KÖYÜ
81	Ambarcı Eskiköy Sırtları	101	Uğurludağ	Ambarcı
82	Sıtma Tepe Mevkii	102	Uğurludağ	Ambarcı
83	Çağıl Tepe	103	Uğurludağ	Üçdam
84	Çataltepe	104	Uğurludağ	Üçdam
85	Küçükyamadı Höyük	105	Uğurludağ	Tuğlu Beldesi
86	Tuğla Höyük	106	Uğurludağ	Tuğlu Beldesi
87	Tuğtepe	107	Uğurludağ	Torunlar
"Tespit"; 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'nun 3. maddesinde tarif edilen ve 6. maddesinde belirtilen korunması gerekli taşınmaz kültür ve tabiat varlıklarının bu yönetmelikle belirtilen usuller, esaslar ve kıstaslar doğrultusunda teknik bir çalışma ile değerlendirilen alanlar.				