

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARKEOLOJİK YERLEŞİMLERİN SAYISAL OLARAK
MODELLENMESİ VE ETKİLEŞİMLİ SANAL ÇEVREDE
GÖRSELLEŞTİRME YÖNTEMLERİ:
“BODRUM PEDASA ÖRNEĞİ”**

Mimar Pınar EFE

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yard. Doç. Dr. Togan TONG

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ	iv
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1 GİRİŞ	1
1.1 Araştırmanın Amacı	1
1.2 Araştırmanın Önemi	2
1.3 Araştırmanın Kapsamı	2
1.4 Araştırmanın Yöntemi	3
2 ARKEOLOJİ ve MİMARLIK	4
2.1 Tarihi Çevre ve Koruma Bilinci	4
2.2 Mimari ve Arkeolojik Restorasyon	5
2.3 Günümüz Koruma Yaklaşımları ve Belgeleme Yöntemleri	5
2.4 Mimarlık ve Arkeolojide Sanallik	7
3 MİMARİ ve ARKEOLOJİK SANAL ORTAMLARIN OLUŞTURULMA YÖNTEMLERİ ve SUNUM TEKNİKLERİ	9
3.1 Planlama	9
3.2 Kaynak Araştırması, Veri Toplama, Veri Depolama ve Organizasyon	10
3.3 Veri Kazanımı ve 3B Yeniden İnşa	11
3.3.1 Arkeolojik Veri Kazanımı	12
3.3.2 Ölçüm ve Tespit	16
3.3.2.1 Fotogrametrik Yöntem	17
3.3.2.2 Lazer Tarama	22
3.3.3 Kamera Çekimleri	26
3.4 3B Modelleme, Görselleştirme ve Sunum	27
3.4.1 3B Arazi Modeli Oluşturma	28
3.4.2 3B Modelleme Süreci	31
3.4.2.1 2B Referans Çizimleri	31
3.4.2.2 Modelleme	32
3.4.2.3 Kaplama ve Renklendirme	38
3.4.2.4 Işıklandırma	43
3.4.2.5 Rendering	46
3.4.3 Görselleştirme	49
3.4.3.1 Sabit Görüntüler	50
3.4.3.2 Hareketli Görüntüler	51
3.4.3.2.1Canlandırma (Animasyon)	52
3.4.3.2.2Benzetim (Simülasyon)	54
3.5 Etkileşimli Çoklu Sunum Ortamları	59
3.5.1 Gerçek Zamanlı Etkileşimli Simülasyonlar	70
3.5.2 Oyun Motorları	71
3.5.3 Web	73
3.5.4 Kiosk	77

4	SAYISAL ÇOKLU ORTAMLARDA OLUŞTURULMUŞ ARKEOLOJİK YERLEŞİMLERE ÖRNEKLER.....	79
4.1	Pompeii.....	81
4.2	Kudüs Arkeolojik Parkı: Herodian Tapınak Dağı Modeli.....	89
4.3	Phnom Bakheng Tapınak Bölgesinin Çok Amaçlı Etkileşimli Görselleştirilmesi ve Sunumu.....	96
4.4	Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı VRML Uygulaması	108
4.5	Çanakkale'deki Osmanlı Kaleleri CBS Projesi: Pilot Uygulama Kumkale Mezarlığı Bilgi Sistemi.....	113
4.6	Ani Harabeleri 3 Boyutlu Simülasyonu (Yeniden Canlandırma).....	121
5	BODRUM PEDASA ARKEOLOJİK YERLEŞİMİNİN ÇOĞUL ORTAMDA OLUŞTURULMA YÖNTEM ve TEKNİKLERİ	125
5.1	Proje Tanımı	125
5.2	Süreç	127
5.3	Bilgi Toplama, Bilgi Depolama, Veri Tabanı Oluşturma	131
5.4	Modelleme ve Görselleştirme.....	132
5.5	Sunum.....	146
5.6	Değerlendirme	151
6	SONUÇ.....	155
	KAYNAKLAR.....	160
	ÖZGEÇMİŞ.....	167

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Pilot projede kullanılan ve kullanılması düşünülen kaynak çeşitleri	11
Şekil 3.2 Demet dengelemesi ile arazi ve resim koordinatları arasında matematiksel model oluşturulması (Erdoğan, 2005).....	20
Şekil 3.3 Fotogrametrik ölçüler ile hazırlanan rölöve çizimleri (Erdoğan, 2005).....	21
Şekil 3.4 Lazer tarayıcı (solda) ve tarama süreci (sağda) (Anderson-Wilk, 2001)	24
Şekil 3.5 Lazer tarayıcı ve yer kontrol noktalarının konumu (Impyeong vd., 2004)	24
Şekil 3.6 Yersel lazer tarayıcı ile taranan Çukursaray'ın gri tonlar (solda) ve yapay renklerle (sağda) sunumu (Yastıklı, 2005).....	25
Şekil 3.7 Davut Heykeli'nin lazer tarama görüntüleri (solda ve ortada) ve render edilmiş görüntüsü (sağda) görülmektedir (Moller, 2006).....	25
Şekil 3.8 Düzeltim ve çözümleyici bilgi işleme işlerini birleşik olarak yapabilen bir yazılım (metigomap) ile gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu elde edilen bir bozulma gösterimi (Tutan, 2004).....	27
Şekil 3.9 Zonguldak Filyos Vadisinin sayısal yükseklik modeli SYM'si, üç boyutlu ortofotosu ve görselleştirilmiş haritası (Akçın ve Erkan, 2002)	29
Şekil 3.10 Modelleme teknikleri	32
Şekil 3.11 Modelin tel çerçeve ve katı model olarak gösterimi (van Dam, 2006)	33
Şekil 3.12 Farklı poligon sayılarına sahip kürelerin görünüşleri(soldaki 80, ortaki 180, sağdaki 550 poligona sahip).....	35
Şekil 3.13 İnsan gövdesinin iskelet (wireframe) (orijinal (a) ve basitleştirilmiş (b)) modeli (Güdükbay, 1998)	35
Şekil 3.14 İnsan gövdesinin boyanmış (shaded) yandan görünüşü (orijinal (a) basitleştirilmiş (b)) (Güdükbay, 1998)	36
Şekil 3.15 5 Farklı detay düzeyinde hazırlanan sütun modeli [2]	37
Şekil 3.16 Sanal evlerin 4 farklı poligon sayısına sahip olarak hazırlanmış modelleri (Zara vd., 2001)	38
Şekil 3.17 Doku tekrarı yapılmamış (soldaki) ve yapılmış(sağdaki) kaplama örnekleri [3]....	40
Şekil 3.18 Malzeme topuna renk+bump map ve renk+bump map+ normal map uygulama örneği [4]	41
Şekil 3.19 Normal map örneği [5]	42
Şekil 3.20 3ds max'de render to texture arayüzü [6].....	43
Şekil 3.21 'Global İllumination'(yukarıda) ve 'Ambient Occlusion'(aşağıda) tekniklerinin karşılaştırması (Mueller vd. 2004).....	44
Şekil 3.22 Aspendos Tiyatrosunun baskın doğrultulu ve yayınlık ışık için ve gerçek zamanlı dokulandırılmış yaklaşımları (Unver vd., 2005).....	45
Şekil 3.23 HDR- IBL aydınlatma durumu (MIRALab – University of Geneva).....	46
Şekil 3.24 Genel olarak animasyonda ham görüntü elde etme süreci	54
Şekil 3.25 Sanal ortamda kuşbakışı gösterim ve gezinim (Ulm, 2003)	56
Şekil 3.26 Foto küre çekim örneği [8]	57
Şekil 3.27 Panorama tipleri:düz, silindir, küre küp [9]	57
Şekil 3.28 Ayasofya'nın panoramik görüntülerinin yer aldığı sitenin arayüzü [10]	58
Şekil 3.29 Nurris sitesindeki panorama örnekleri [11].....	59
Şekil 3.30 Mobil AR-Life simülatör sistem (Papagiannakis vd., 2005)	61
Şekil 3.31 Sanal gözlük (solda), mevcut görüntü üstündeki sanal görüntü (ortada), mobil cep rehberi (sağda) (Vlahakis , 2004).....	61
Şekil 3.32 3B Sanal ekran ve sanal ortam örnekleri [12]	61
Şekil 3.33 Angkor Tapınaklarının Quest3D yazılımda hazırlanmış simülasyonundan mekanda dolaşım sırasında ekrana gelen bilgi görüntüsü [13]	62

Şekil 3.34 UCLA Kudüs Arkeolojik Parkı harita görüntüleri [14]	63
Şekil 3.35 Sanal eldiven [15].....	65
Şekil 3.36 Sanal gözlük ve görüntü oluşumu [16].....	65
Şekil 3.37 Sanal ortam ve etkileşim uygulaması [17]	65
Şekil 3.38 Tıpta sanal gerçeklik uygulaması [18]	66
Şekil 3.39 Uçak Simulatörü [19]	66
Şekil 3.40 Araba simulatörü [20]	66
Şekil 3.41 Dome (kubbe tipi) ekran [21].....	66
Şekil 3.42 Dome (kubbe tipi) oyun kaskı [22]	67
Şekil 3.43 BOOM sistemleri [23].....	67
Şekil 3.44 CAVE sistemi [24]	68
Şekil 3.45 Sanal gerçeklik küresi [25].....	68
Şekil 3.46 Sanal ortamda çalışma platformu örnekleri [26]	69
Şekil 3.47 Farklı Ortamlarda Uygulanmış Kiosk Örnekleri [28]	77
Şekil 4.1 Pompeii felaketinin bir illüstrasyonu (Bonaventura, 2002)	81
Şekil 4.2 Isis Tapınağı, 1999 VRLM versiyonu (Jacobson and Vandal, 1999)	83
Şekil 4.3 Sanal Lady Hao'nun Mezarı'nın arayüzü (Jacobson and Vandal, 1999).....	84
Şekil 4.4 Sanal Isis Tapınağı modeli (Jacobson and Vandal, 2005)	84
Şekil 4.5 Tiyatro bölgesine genel bakış (Jacobson and Vandal, 2005)	85
Şekil 4.6 LİFEPLUS donanım yapısı (1. mobil AR aletleri, 2. merkezi dağıtıcı, 3. haberleşme altyapısı, GPS uydu, 5. AR dürbün (Vlahakis vd., 2003).....	86
Şekil 4.7 AR Yaşam simulatörü sistemi [30]	87
Şekil 4.8 Eski giysilerin sanal olarak oluşturulması (Papagiannakis vd., 2004a)	88
Şekil 4.9 Eski giysilerin sanal olarak oluşturulması ve sahne örneği (Papagiannakis vd., 2004; Thalmann vd. 2004)	88
Şekil 4.10 Kudüs Arkeolojik Parkı hava fotoğrafı [32].....	89
Şekil 4.11 Sağ altta gerçek resim ve modellenmiş örneği [33]	90
Şekil 4.12 Herodian Tapınak Dağı Modeli akış şeması	91
Şekil 4.13 2B Billboard sitilinde hazırlanan karakter, hayvan ve eşya sahne örnekleri [34]..	92
Şekil 4.14 Sunum çeşitlerini gösteren diyagram	93
Şekil 4.15 Detay düzeyli modellenen tapınak sütunları [2]	94
Şekil 4.16 Antik şehir simülasyonundan bir sahne [35].....	95
Şekil 4.17 Phnom Bakheng konum haritası (Krömker and Winckler, 2006a)	97
Şekil 4.18 Angkor Arkeolojik Park haritası 2. bölüm [44]	97
Şekil 4.19 Phnom Bakheng Tapınak Bölgesinin çok amaçlı etkileşimli görselleştirilme ve sunum akış şeması.....	99
Şekil 4.20 Tapınak hiyerarşi düzeni (Krömker and Winckler, 2006b)	100
Şekil 4.21 Phnom Bakheng proje adımları [45]	101
Şekil 4.22 Phnom Bakheng Tapınak Modeli (Krömker and Winckler, 2006a)	101
Şekil 4.23 ATG çalışma düzeni (Krömker and Winckler, 2006b)	102
Şekil 4.24 Doku kaplamadan önceki (a) ve sonraki (b) Tapınak Modeli (Krömker and Winckler, 2006a).....	102
Şekil 4.25 Blenderde UV-Mapping [45]	103
Şekil 4.26 Aizonai Zeus Tapınağı [46].....	108
Şekil 4.27 Aizonai Zeus Tapınağı planı ve görünüşü [46]	108
Şekil 4.28 Aizonai kalıntılarının planı [46]	109
Şekil 4.29 Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı'nın Autodesk 3ds Max4 programı kullanılarak modellenmesi (Çalışkan vd., 2003)	110
Şekil 4.30 Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı'nın modellenmesinin optimize edilmesi (Çalışkan vd., 2003)	111
Şekil 4.31 Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı'nın Cult3D programı kullanılarak etkileşimli	

hale getirilmesi (Çalışkan vd., 2003)	112
Şekil 4.32 Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı'nın Macromedia Dreamweaver MX programı kullanılarak Web ortamına aktarılması (Çalışkan vd., 2003)	112
Şekil 4.33 Geliştirilen CBS uygulamalarında izlenen iş akışı (Güney, 2002)	116
Şekil 4.34 "Studio Max" yazılımı kullanılarak üretilen 3B mezar taşları (Güney, 2002)	117
Şekil 4.35 "Studio Max" yazılımı kullanılarak geliştirilen 3B animasyon (Güney, 2002)	118
Şekil 4.36 Her bir mezar taşına ait sayısal bilgi formu (Güney, 2002)	118
Şekil 4.37 VRML Ddosyalarının oluşturulma yöntemleri (Güney ve Çelik 2004b)	119
Şekil 4.38 Kumkale Mezarlığı'ndaki senaryoyu anlatan "Flash" uygulaması (Güney, 2002)	120
Şekil 4.39 Havariler Kilisesi [50]	122
Şekil 4.40 Tigran Honest (resimli kilise) [51]	122
Şekil 4.41 Model sahnesi [52]	123
Şekil 4.42 Model sahnesi [53]	123
Şekil 5.1 Bodrum haritası, Pedasa Kalesi ve Pedasa Kalesi'nin görüş açıları	126
Şekil 5.2 Pedasa Arkeolojik Yerleşiminin 3B etkileşimli simülasyon modeli akış şeması ...	128
Şekil 5.3 2006 Temmuz ayında araştırma bölgesi ziyaretinde arkeolojik alanda yapılan ölçüm ve tespit çalışmaları	129
Şekil 5.4 Haritacıardan alınan harita üzerinde Pedasa Kalesi ve çevresiyle ilgili çalışmalar	129
Şekil 5.5 Çiftlik Evi ulaşım güzergahı	130
Şekil 5.6 Çiftlik Evi'nin ölçüm ve tespit çalışmaları	131
Şekil 5.7 Çiftlik Evi modelinde kullanılacak kaplamaları hazırlamak için yüksek çözünürlüklü doku örnekleri çekimleri	132
Şekil 5.8 Radt'ın (1979) kitabındaki Çiftlik Evi çizimlerinden örnekler (Radt,1979)	132
Şekil 5.9 Pedasa'daki Çiftlik Evi'nin Radt'ın (1979) kitabındaki plan ve kesit çizimleri (Radt,1979)	133
Şekil 5.10 Radt'ın (1979) kitabındaki Pedasa'daki Çiftlik Evi'nin plan ve kesit çizimlerinin sayılaştırılmış görüntüleri	133
Şekil 5.11 Çiftlik Evi'nin mevcut kalıntılarının panoramik görüntüsü (iç avludan bakış)	134
Şekil 5.12 Çiftlik Evi'nin mevcut kalıntılarının panoramik görüntüsü (terastan iç avluya bakış)	134
Şekil 5.13 Çiftlik Evi'nde merdivenin sağındaki mekanın sol ve sağ duvar görünüşleri	135
Şekil 5.14 Çiftlik Evi'nde merdivenin sağındaki mekanın ölçüm ve tespit sonrası simülasyon modeline yönelik kesit ve plan çalışmaları	135
Şekil 5.15 Çiftlik Evi'nde merdivenin solundaki mekanın sol ve sağ duvar görünüşleri	136
Şekil 5.16 Çiftlik Evi'nde merdivenin solundaki mekanın ölçüm ve tespit sonrası simülasyon modeline yönelik kesit ve plan çalışmaları	136
Şekil 5.17 Çiftlik Evi'nin planının ölçüm ve tespitlerini sayısallaştırma çalışmaları	137
Şekil 5.18 Radt'ın (1979) kitabından sayısallaştırılan (en başta solda) ve ölçüm, tespit sonrası çizilen Çiftlik Evi planlarının karşılaştırılması	138
Şekil 5.19 Çiftlik Evi'nin alternatif plan denemeleri	139
Şekil 5.20 Prof. Dr. Adnan Diler'in yapmış olduğu Çiftlik Evi plan ve kesit çalışma eskizi örneği	139
Şekil 5.21 Çiftlik Evleri'ndeki yaşamı ve iç avlu kullanımını anlatan illüstrasyon örnekleri (Focus, 2001)	140
Şekil 5.22 Çiftlik Evi orta avlu çatı örtüsü alternatif kesit çizimleri	141
Şekil 5.23 AutoCAD'den 3ds Max'e aktarılan 2B çizim(solda) ve yükseltilmiş (sağda) görüntüsü	142
Şekil 5.24 3ds Max'de Çiftlik Evi çalışması	142
Şekil 5.25 Çiftlik Evi odalarının 3B modeli	143
Şekil 5.26 Çiftlik Evi orta avlu çatı örtüsü ve örtülü tel çerçeve model görünüşü	143
Şekil 5.27 Çiftlik Evi orta avlu çatı örtüsü alternatifleri	144

Şekil 5.28 Düşük poligon sayılı oda modelinin Unwrap UVW haritası açılması süreci.....	144
Şekil 5.29 3ds Max’de hazırlanan düşük poligon sayılı oda modelinin Mudbox’da detaylandırılmak için .obj formatında kaydedilme süreci.....	145
Şekil 5.30 Mudbox yazılımında düşük poligon sayılı oda modelinin detaylandırılması	145
Şekil 5.31 Quest3D’ye 3ds Max’de hazırlanan modelin aktarımı.....	147
Şekil 5.32 Çiftlik Evi’nde Quest3D’deki “channel” sistemi uygulaması.....	148
Şekil 5.33 Çiftlik Evi’nin Quest3D arayüzünde malzeme düzenleme sahnesi	149
Şekil 5.34 Simülasyon sahnesine yerleştirilen kontrol düğmeleri ve etkileri.....	149
Şekil 5.35 Quest3D’de hazırlanan simülasyon sahnesi (iç avludan).....	150
Şekil 5.36 Quest3D’de hazırlanan simülasyon sahnesi (oda içi).....	150
Şekil 5.37 Çiftlik Evi’nin simülasyon sahnesi	151

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Render ve tonlandırma yöntemlerinin tarihsel gelişim tablosu.....	47
Çizelge 3.2 VRML ve X3D Tarihçesi (Kalaycı ve Uğur, 2005).....	75
Çizelge 4.1 Proje Karşılaştırma Tablosu	82
Çizelge 4.2 Tapınak dağı modelinde kullanılan programlar	92
Çizelge 4.3 Phnom Bakheng tapınak modelinde kullanılan programlar	104
Çizelge 4.4 Ölçme kampanyaları (Güney, 2002)	114
Çizelge 5.1 Çiftlik Evi modelinde kullanılan programlar	146

ÖNSÖZ

Çalışmak, araştırmak, öğrenmek, benzer çalışmaları incelemek ve analiz etmek, sonra da bir değerlendirme yapıp yaşanan bu deneyimden kendi ürünümüzü geliştirmek, fakat en önemlisi ve bu çalışmanın da en önemli hedeflerinden biri; ortaya çıkan ürünü paylaşılabılır kılmak ve faydalı bir şekilde kullanımını sağlamaktır. Umarım bu çalışma her yönüyle, benzer konularda çalışma yapanlar için iyi bir yol gösterici ve kaynak olur.

Tez kapsamında anlatılan ve ilk uygulaması yapılan, Yıldız Teknik Üniversitesi ve Muğla Üniversitesi ortaklığında çalışmaları devam eden, Bodrum Pedasa Arkeolojik Yerleşimi'nin etkileşimli bilgisayar simülasyonu projesi, ilgili konuda bu kapsamda yapılacak ilk çalışmadır.

Yüksek lisans ve tez çalışmam boyunca, değerli bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren ve yardımcı olan, çok sevdiğim ve saydığım, tez hocam Togan Tong'a, araştırma projesi ekip arkadaşım Erdal Devrim Aydın'a ve proje danışmanı Aydın Uluç'a, yardımlarından ve manevi desteklerinden dolayı başta Sakine Ertekin olmak üzere yakın arkadaşlarıma,

Hayatım boyunca her türlü konuda maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, her zaman kararlarıma saygı gösterip, bana destek olan anneme, babama ve ağabeyime,

Çok teşekkür ederim.

Pınar EFE

ÖZET

Gelişen ve yenilenen teknoloji, bir çok disiplinde olduğu gibi mimarlık ve arkeolojide de görselleştirme ve sunumun önemini arttırarak, kullanılan tekniklerin ve ortamların, niteliğini ve şeklini değiştirmektedir. Arkeolojik ve tarihi yerleşimlerdeki alan çalışmalarında gelişen teknolojiyle birlikte, mimarların rolü de değişmektedir. Artık mimarlar, her aşamada diğer disiplinlerle karşılıklı iletişim içinde kazıya yön verebilmektedirler. Arkeologlardan ve araştırmalardan elde edilen bilgiler, bilgisayar ortamında gerçekçi simülasyonlara dönüştürülerek, gerçekçi ortamlarda arkeologlara ve ziyaretçilere sunulmakta, böylelikle hem arkeologlar uygulama öncesi kazı deneyimi yaşayarak, yorumlama kabiliyetlerini arttırabilmekte, hem de ziyaretçilere, bölgenin inşa edildiği tarihteki durumu, yaşam koşulları, yaşam kültürü, insanları hakkında gerçekçi sunumları, etkileşimli ve sarmalayan çevrelerde deneyimleyebilme imkanı sağlanabilmektedir. Arkeolojik ve tarihi yerleşimlerle ilgili bu tarz çalışmalar dünya genelinde yaygın olmasına rağmen, ülkemizde çok fazla uygulanmamaktadır. Uygulanan çalışmalar da yurtdışında yapılmış diğer çalışmalarla karşılaştırıldığı zaman, görsellik ve sunum açısından zayıf kalmaktadırlar.

Bu tez çalışmasında, araştırmanın amacı, önemi, kapsamı ve yöntemi anlatıldıktan sonra, ilk bölümde arkeoloji ve mimarlık disiplinlerinin kesiştikleri noktalar ve alanlarla ilgili açıklamalar yapılmıştır.

Bir sonraki bölümde, sanal mimari oluşturma teknikleri ayrıntılı bir şekilde anlatılarak, etkileşimli çoklu ortamlarla ilgili bilgi verilmiştir. Bu bölümdeki bilgiler aynı zamanda, gerçek zamanlı etkileşimli bilgisayar modeli oluşturma ve sunumuyla ilgili kapsamlı bir kaynak da oluşturmaktadır.

Daha sonra arkeolojik yerleşimlerin dünya genelindeki sayısal çoklu ortamlarda modelleme ve görselleştirme çalışmalarına örnekler verilerek, yöntem, teknik ve süreçler incelenip analiz edilmiş, tablo ve şemalarla karşılaştırmalar yapılarak, projelerin nitelikleri ortaya koyulmaya çalışılmıştır. İncelenen örnekler, kapsamı ve tez sonunda anlatılan pilot projeyle kesişimleri baz alınarak seçilmiş örneklerdir.

Son olarak incelenen örneklerdeki yöntemler ve teknikler doğrultusunda, Yıldız Teknik Üniversitesi ve Muğla Üniversitesi ortaklığında, Bodrum Pedasa Arkeolojik Yerleşimi'ndeki Çiftlik Evin'ni çoğul ortamda oluşturma ve sunma projesinin hazırlığında kullanılan yöntem ve tekniklerle ilgili bilgiler verilerek süreç anlatılmış, araştırmanın niteliği ve önemi ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Etkileşim, sanal gerçeklik, canlandırma, benzetim, görselleştirme, arkeoloji ve mimarlık

ABSTRACT

As in many disciplines, developed and innovated technology increases the importance of visualization and presentation and affects the quality and the form of techniques used in architecture and archaeology. The role of architects changes as the technology advances in the study of archeological and historical sites.

Architects now are able to supervise the excavations in correlation with the other disciplines in every stage. The data acquired from the archeologists and researches are transformed into lifelike computerized simulations and presented to the archeologists and visitors, hence both the archeologists can obtain excavation experience therefore reinforce their interpretation skills and the visitors can have the opportunity to experience the environment, the life conditions, the culture and the people existed at the time the site was built. Although this kind of practice is common worldwide, it is not as much in our country and these practices appear inferior in quality of visuality and presentation compared to the foreign ones.

In the thesis, after the purpose, importance, scope and the method of the thesis are defined, in the first section the intersection and the common areas of archeological and architectural disciplines are explained.

In the following section, virtual architectural design techniques are explained in detail and information about interactive multiple fields is given.

Later, methods of archaeological settlements at numerical poly fields' modeling and visualization are explained with the examples that are applied worldwide. The method, techniques and processes are observed and analysed and tables and schemes are compared in order to show the quality of works. Analysed samples are chosen based on the intersection with the model project whose scope and research results are explained.

Finally, in relation to the methods and techniques used in the observed models and the partnership with Yıldız Technical University and Muğla University the quality and significance of study is shown through the presentation of the technical, methodological and procedural data in regard to the Bodrum Pedasa Çiftlik Evi Archeological Site Project in which the settlement is created and presented in multiple fields.

Key Words: Interaction, virtual reality, animation, simulation, visualization, archeology and architecture.

1 GİRİŞ

Ülkemizde, tarihi ve kültürel birçok zenginliğe sahip olmakla birlikte, ne yazık ki bu zenginlikleri koruma da gereken önem verilmemektedir. Dünyanın tarihi ve kültürel zenginlik bakımından sayılı ülkelerinden biri olan Türkiye'de, koruma bilinci yeterince gelişmediği ve bu konuyla ilgili şimdiye kadar yapılmış olan çalışmalar yetersiz olduğu için, bu zenginlikler her geçen gün zarar görme ve yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır.

Ancak son yıllarda gerek tarihi eserler ve gerekse arkeolojik alanlarla ilgili yapılan ve yapılmakta olan çalışmalar, insanların ilgisini bu yöne çekmeye başlamıştır. Gelişen teknolojinin sunmuş olduğu olanaklarla, farklı disiplinlerin (mimarlık, arkeoloji, tarih, sanat tarihi, jeodezi....) ortak çalışmaları sonucu ortaya çıkan çalışmalar sayesinde bu yapıların korunması, belgelenmesi ve restore edilmesi daha kolay ve daha hızlı bir şekilde yapılabilmektedir.

Ayrıca, gelişen benzetim ve canlandırma teknikleri tarihi ve arkeolojik yapıların kazı ve restorasyonu aşamasında hataya imkan vermeyecek biçimde belgelenmesini sağlamasının yanı sıra, mevcut durumun sanal ama gerçekçi bir rekonstrüksiyonunu yaratabilmeye olanak vermektedir.

Bu araştırmada, mimarlık ve arkeoloji disiplinlerinin sanal çevrede çoğul ortam (multimedya) teknolojilerini, gelişmiş yöntem ve teknikleri kullanarak hazırlanan modelleme ve görselleştirme çalışmaları, metodları, ve disiplinlerin birbirleriyle etkileşimleri üzerinde durulmuştur.

1.1 Araştırmanın Amacı

Tarihi ve kültürel zenginliklerimizi korumak ve sonraki nesillere en iyi şekilde emanet etmek herkesin görevidir. Bu görev bilinci ile hazırlanmış olan bu tezin amacı, tarihi ve arkeolojik alanlarda kazı çalışmalarına yön verecek ve arkeologların interaktif olarak kullanıp destek alabileceği görselleştirme ve modelleme çalışmalarının yöntem, teknik ve metodlarını ortaya koymak, bu çalışmaların hazırlandığı ve deneyimlendiği sanal çevreler hakkında bilgi vermektir. Aynı zamanda, bu çalışmanın Bodrum yarımadasında Anadolu Kültür Mozaïği içerisinde yer alan Leleg Uygarlığı'na ait en somut kalıntıları üzerinde barındıran Pedasa Yerleşimi'nde yapılacak olan araştırmalara, kazılara ve restorasyon çalışmalarına yön vermesi hedeflenmektedir.

1.2 Araştırmanın Önemi

Foto-gerçekçi resimler ya da animasyonlarla karşılaştırıldığında kullanıcı tarafından gerçek zamanlı etkileşimle deneyimlenebilen sayısal modeller (simülasyonlar), modeli üreten kişinin tercihlerinin ötesinde kullanıcının tercihlerinin geçerli olduğu ortamlardır. Kullanıcı, sayısal model içinde kendi bakış açılarını, kendi ortam kullanımını (gün içindeki değişimler, hava değişiklikleri...), kendi gezi rotalarını, kendi renk ve ışık tercihlerini yaparak modeli gerçek zamanlı deneyimleyebilmektedir.

Arkeolojik yerleşimlerin sayısal olarak görselleştirilmesi yolunda yapılan çalışmalarda sonuç ürün, genellikle belgeseller için hazırlanmış animasyonlar ya da kısıtlı bakış açısında düşük kalite ve çözünürlükte hazırlanmış, sabit veya hareketli görsellerden oluşan bir çevredir. Ancak simülasyon ortamının arkeolojik yerleşimlerin deneyimlenmesinde animasyona göre bahsi geçen üstünlükleri göz ardı edilmektedir. Araştırmada, benzer çalışmalarla ilgili sanal çevrede kullanılan, etkileşimli sanal çevre görselleştirme teknolojileri hakkında verilen bilgiler, ilgili diğer çalışmalar için de kaynak oluşturmaktadır. Tezde anlatılan ve ilk kez bu projede uygulanması hedeflenen yeniden canlandırma yöntem ve tekniklerinin, benzer diğer arkeolojik yerleşim çalışmalarına da yön vereceği düşünülmektedir.

Ayrıca araştırma, Pedasa Yerleşimi'nde Leleg Uygarlığı'na ait yok olmaya yüz tutmuş kalıntıların gün ışığına çıkartılması için yapılacak kazı çalışmalarına da yön verecektir. Bunun yanında, araştırma sürecinde yapılan çalışmalar, alanın kullanıma yönelik düşünülen “arkeolojik park” ve “arkeolojik turizm alanı” olarak geliştirilmesinde de büyük önem taşımaktadır.

1.3 Araştırmanın Kapsamı

Araştırma kapsamında, arkeolojik ve tarihi alanlarla ilgili projelerde sanal çevrede çalışan mimarlık, arkeoloji, tarih, fotogrametri, jeodezi, harita gibi farklı disiplinlerin, bu ortamlardaki çalışma teknikleri, yöntemleri ve metodları anlatılmıştır. Ayrıca, bu disiplinlerin sanal çevredeki çoğul ortam kullanımındaki etkileşimleri ve birbirlerine olan etkileri üzerinde de durulmuştur. Çalışma kapsamında ağırlıklı olarak 3B teknikler incelenmiştir. Şimdiye kadar yapılmış olan çalışmalardan farklı olarak VRML yapısından öteye, etkileşimli benzetim tekniklerinin (oyun motorları, simülasyon motorları...) de üzerinde durulmuştur. Ayrıca, araştırmada arkeolojik kazı alanlarında mimarların rolü farklı bir yönle ele almaya çalışılmıştır. Bunun yanında, arkeoloji, tarih, jeodezi ve sosyoloji disiplinlerinin alt konu başlıklarına ayrıntılı olarak girilmemiştir. Bu çalışma mimarların arkeoloji ve restorasyon

alışmalarındaki yaklaşımlarının yeniden sorgulanması olarak değerdendirebilir.

1.4 Araştırmanın Yöntemi

Öncelikli olarak konuyla ilgili geniş kapsamlı bir literatür çalışması yapılmıştır. Araştırmalar sonucunda elde edilen bilgiler değerdendirilmiş ve sonraki aşamada tez kapsamı netleştirilerek, tanımlamalar ve listeler oluşturulmuştur. Buna göre ilk olarak, tarihi çevre ve koruma bilincinden restorasyona, belgeleme çalışmalarından sanallığa, arkeoloji ve mimarlık arasındaki ilişkiler üzerinde durulmuş, sonra da mimari ve arkeolojik sanal ortamların oluşturulma yöntem ve teknikleri ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Daha sonra, yapılmış benzer çalışmalar incelenip, yöntem ve süreçleri analiz edilerek, örnek olarak işlenmiş ve projelerle ilgili tablolar ve grafikler oluşturulmuştur. Son aşamada Bodrum Pedasa Arkeolojik Yerleşimi'nde iftlik Evi'nde yapılan çalışmalar, projenin amacı, önemi, yöntemi, projede kullanılan teknikler ve süreç anlatılmıştır. Projenin gerçek zamanlı etkileşimli modelinin hazırlığında Autodesk 3ds Max paket programının sınırları dahilinde çalışılmıştır.

2 ARKEOLOJİ ve MİMARLIK

2.1 Tarihi Çevre ve Koruma Bilinci

İnsanoğlu var olduğu andan itibaren doğası gereği öğrenme, bilme ve kavrama süreci içindedir. Sahip olduğumuz bütün tarihi ve kültürel değerler atalarımızın bu süreçte edindikleri deneyimler olup, onlardan bizlere kalan tarihi ve kültürel mirasımızı oluşturmaktadırlar. Anadolu toprakları tarih öncesi çağlardan günümüze birçok uygarlığa ev sahipliği yapmış olduğundan coğrafyası üzerinde her yerde bu uygarlıkların yaşam izlerine rastlamak mümkündür. Ülkemiz bu uygarlıkların kültürel çeşitlilik ve farklılıklarından dolayı oldukça zengin, tarihi, kültürel, mimari ve arkeolojik eserlere sahiptir.

Ülkemizde gelişmiş uygarlıklardan kalan yerleşme ve kalıntılar tarihi çevremizi oluşturmaktadır. Tarihi çevrede yer alan çeşitli üsluplardaki mimari öğeler, zengin üsluplar, özenli işçilikler toplumların zenginliğinin göstergesidir. Geçmiş uygarlıkların sosyal ve ekonomik yapısı, yaşam felsefesi, estetik anlayışı ile ilgili birçok ayrıntı bu tarihi çevrelerde saklıdır (Ahunbay, 1996). Bu nedenle geçmişten miras kalan değerleri en iyi şekilde korumak ve bunları sonraki nesillere zarar görmeden bırakmak toplum açısından önemli bir olgudur. Kuban'ın (2000) "Eski yapı koruma isteğinin hem ekonomik, hem de duygusal yanları olduğu kadar, insan ve toplumun kendilerini ancak geçmişleriyle tanımlamalarından kaynaklanan bir korunma statüleri vardır" sözleri korumanın toplumsal boyutunu ifade etmektedir.

Tarihi çevreler insan ölçüsüne göre düzenlenmiş mekanlar olarak da öğretici ve ilgi çekicidirler. Tarihi çevre içinde yer alan binalar sergiledikleri mimarlık üslupları, mekan tasarımları, yapım teknikleriyle geçmişteki yaşam kültürünün kanıtlarıdır. Eski kent ve mahalleleri incelemek, bugünü anlamaya, kendimizi tanımaya, tanımlamaya yardımcı bir araçtır (Ahunbay, 1996).

Kuban'ın (2000) ve Ahunbay'ın (1996) üzerinde durduğu geçmişe bakıp bugünü anlama, kendimizi tanımlama eylemi tarihi ve kültürel çevreyi koruma bilincini gerektirir. Korumayla ilgili yapılan bütün çalışmalar toplumun genel eğitim düzeyi ve tarih bilinciyle doğru orantılıdır. Kuban'ın (2000) da söylediği gibi "Tarihi çevre ve tarihi yapı koruma temelde çağdaş bir kültürel istektir ve toplum kültürünün çağdaşlaşmasıyla paralel olarak gelişir." Tarihi ve kültürel bakımdan oldukça zengin coğrafyaya sahip olmamıza rağmen, tarih bilinci yeterince gelişmemiş bir millet olduğumuz için, bu değerler zaman içinde çeşitli sebeplerle yok olmakta veya yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır. Her ne kadar, yurt dışında olduğu gibi, son yıllarda ülkemizde de tarih bilinci daha farklı bir boyutta ele alınmaya

başlanmış olsa da bu değerlerin tamamen yok olmasının önüne geçmek için daha ciddi önlemler alınmalı ve daha fazla çalışılmalıdır. Çeşitli sebeplerle kaybolan, zarar gören veya kaçırılan eserlerin tespit edilip, belgelenerek, arşivleme çalışmalarının yapılması bu bakımdan büyük önem taşımaktadır.

2.2 Mimari ve Arkeolojik Restorasyon

Restorasyon projesi, anıta ya da tarihi bir esere ait cephe ve kesit ölçüleri gibi ayrıntılı mimarlık ölçümlerine, başka bir deyişle rölöveye dayanılarak hazırlanır. Erdoğan (2005) “Rölöve bir binanın mevcut durumunun ölçekli çizimlerle (plan, kesit ve görünüşler) anlatımıdır. Rölöve bir proje değildir. Projeye altlık veridir. Rölöve bir yapının, kent dokusunun veya arkeolojik kalıntının yakından incelenmesi, belgelenmesi, mimarlık tarihi açısından değerlendirilmesi ve restorasyon projesinin hazırlanabilmesi için bir araçtır.” dediği yazısında fotogrametri tekniği kullanarak yapmış olduğu rölöve çalışmasını gelişmiş yöntem uygulama örneği olarak detaylı bir şekilde anlatmıştır. Fotogrametrik yöntemler yanında, lazer tarama, CBS, total station gibi araçlar ölçme kampanyalarında kullanılmaktadır.

Birçok disiplin, bilgisayar bilimleri ve teknolojilerden yoğun olarak etkilenmekte ve buna bağlı olarak teorik ve pratik açıdan yeni gelişmeler elde edilmektedir. Kültürel mirasın belgelenmesi ve görselleştirilmesi sürecinde kullanılan yöntem ve tekniklerin geliştirilmesi, gerek mimari koruma uygulamaları, gerekse sanat tarihi, mimarlık tarihi, arkeoloji ve mimarlık araştırmaları açısından önemlidir. Eskiden konusunda uzman ve belirli bir bilgi birikimine sahip mimarlar tarafından yapılan ölçme işlemleri günümüzde harita, jeodezi, fotogrametri gibi disiplinlerin de yardımıyla daha kısa sürede, daha detaylı ve doğru bir şekilde yapılabilmektedir.

Kent gibi yaşayan bir organizmayı tarihi birikimi ve çevresiyle birlikte özelliklerini yitirmeden koruyabilmek disiplinler arası bir çalışma ve iyi bir örgütlenme yanında, maddi kaynak ve iyi bir tarih bilincine sahip, bu konuda duyarlı bir kamuoyu desteği gerektirmektedir. Arkeolojik alanın özelliğine ve korunacak eserlere göre arkeolog, sanat tarihçisi, mimar, kent plancısı, sosyolog, çevrebilimci, haritacı, fotogrametri mühendisi, jeodezi mühendisi gibi birçok disiplinin ortak çalışması bu açıdan önemlidir.

2.3 Günümüz Koruma Yaklaşımları ve Belgeleme Yöntemleri

Tarihi eser, yapı veya alanları koruma, bu eser veya alanlara ait belgeleme çalışmalarının yapılmasını gerektirmektedir. Bunun için tarihi ve arkeolojik çevrede korunmaya değer ne

varsa tespit edilip, bunlarla ilgili tarihsel araştırma ve ölçüm çalışmaları yapılarak, gerekiyorsa restitüsyon ve restorasyon çalışmaları yapılmalıdır. Tarihi çevreyle ilgili teknik dokümanları üretmek ve bu dokümanları oluşturabilmek için gerekli planları hazırlamak ve çalışmaları organize edebilmek gerekir. Bu dokümanlar tarihi eserlere ait geometrik ve biçimsel özellikleri yansıtmalarının yanında eserlerde zamanla meydana gelen değişimler, bozulmalar ve yapılarda oluşan zararları da kapsar. Elde edilen bu dokümanlar yardımıyla tarihi, kültürel ve arkeolojik eser veya alanlarda yapılacak herhangi bir çalışma için ihtiyaç duyulan her türlü bilgiye ulaşmak mümkün olabilmektedir.

Korumaya ait girişimler günümüzdeki mevcut teknolojik araçlar vasıtasıyla desteklenmektedir. Bu araçların kullanılmasıyla şimdiye kadar mümkün olmayan çözümler bulunarak kültürel mirasın korunması, belgelenmesi ve arşivlenmesi daha kolay ve etkin bir şekilde yapılabilmektedir. Mimariden başka disiplinlerden gelen geliştirilmiş teknolojik medyanın kullanımıyla, farklı disiplinlerde meslek sahipleri arasındaki işbirliği sayesinde yapılan nitelikli çalışmalarla, gelecek nesiller için kültürel mirasın iletimi garanti altına alınabilecektir (Duran ve Toz, 2003).

Günümüzde tarihi ve kültürel çevreyi koruma konusu dünya genelinde oldukça ciddi bir şekilde ele alınmakta, üniversiteler, uluslararası kurum ve kuruluşlar başta olmak üzere bu konuda önemli çalışmalar yapmaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte, özellikle son yıllarda koruma çalışmalarında kullanılan yöntem ve tekniklerde paralel olarak gelişme göstermiştir.

- GIS (Coğrafi Bilgi Sistemleri)
- GPS (Global Konum Belirleme Sistemleri)
- Fotogrametri
- Total Station
- Lazer Tarama
- 3B Modelleme, Görselleştirme ve Sunum

Teknik ve yöntemleri sayesinde, tarihi çevrenin belgeleme ve tespit işlemleri kolaylıkla, eskisine göre çok daha kısa sürede yapılabilmektedir.

Uzaktan algılama ve yersel ölçme teknikleri tarihi kültürel mirasın korunmasında, arkeolojik araştırmalarda çok önemli bir yer tutmaktadır. Birçok arkeolojik kazı çalışmalarında, yersel

fotogrametri, yersel ve GPS ölçme teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca hava fotoğraflarından ve uydu görüntülerinden de tarihi kentlerin yerlerinin ve konumlarının belirlenmesinde yararlanılmakta, Jeoinformasyon olarak mekansal ve öznitelik verileri CBS ortamında saklanmaktadır (Demirkesev v.d, 2005).

Yukarıda bahsedilen yöntem ve teknikleri kullanan disiplinlerin birlikte ve koordine bir şekilde çalışması sonucu elde edilen verilerle hazırlanan, tarihi çevrenin yapıldığı dönem ve şimdiki durumunun 3 boyutlu görüntüleri sayesinde, sanal ortamda geçmişi yaşamak ve günümüzle mukayese etmek mümkün olabilmektedir.

2.4 Mimarlık ve Arkeolojide Sanallık

Son yıllarda özellikle sinema, reklam ve çizgi filmlerdeki mimari mekanları ve yaşama alanlarını oluşturmada bilgisayar teknolojileri sıklıkla kullanılmaktadır. Güçlü bir teknolojik altyapısı olan bu çalışmalar, tabii ki sadece filmlerde uygulanmamaktadır. Geçmiş, günümüz ya da gelecek dönemlere ait her türlü mekan, oldukça gerçekçi bir şekilde modellenerek, görsel etki bakımından zengin sunumlarla her yerde karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde, mimarlıkta tasarımdan uygulamaya her aşamada 3B modeller ve görseller kullanılırken, ürün sunumunda ve pazarlanmasında ciddi bir potansiyel oluşmuş durumdadır. Özellikle geçmişe ait yapıların ve şehirlerin ayağa kaldırılması ve 3 boyutlu bir ortamda sunulması mimarların ve arkeologların çalışmalarına farklı bir boyut kazandırmaktadır.

Kuban (1998)'ın dediği gibi, "Toplumun teknolojik düzeyi ile mimarlık arasında doğru bir ilişki vardır." Günümüzde bu ilişki, yapı biçimi ve üretiminin ötesinde mimarın görevli olduğu her yerde gözlenebilmektedir. Mimar eseri tasarlarırken de, onu korurken de her aşamada teknolojiye gelişmeler ve yeniliklere göre yöntem ve metodlarını değiştirmektedir. Aynı şey arkeologlar içinde geçerlidir. Artık arkeologlar daha kazıya başlamadan önce, kazı alanında yapılan ölçüm ve tespitlerden elde edilen verilerle hazırlanan 3B modellerle geçmiş daha iyi algılayarak yorum yapabilmekte, hatta gelişmiş teknolojilerle kazıya sanal olarak müdahale edebilmektedirler. Böylelikle kazı sırasında oluşabilecek tahribatlar da en aza indirgenebilmektedir. Yurt dışındaki üniversitelerde bu konuda yapılmış veya devam eden projeler incelendiğinde, oldukça başarılı çalışmalar yapıldığı gözlemlenmektedir.

Tarihi yapıların dokümantasyonu ve korunması, çağımızda insanlığın ortak sorunu olarak kabul edilen ve üzerinde çok hassas bir şekilde durulmaya başlanan bir olgudur. Mimarların ve arkeologların tarihi eserler üzerinde çalışırken gereksinim duydukları kesin gösterim ve görselleştirmeyi sağlayan 3 boyutlu modeller artık gerçekleştirilebilmektedir. Günümüzde

mimari ve arkeolojik eserlere ve alanlara ait çeşitli yöntemlerle hazırlanan 3B modeller sayesinde geçmişe ait ne varsa belgelenmekten de öte, kendi dönemlerinde ve çevrelerinde, herhangi bir masa üstü bilgisayarında ya da özel ortamlarda deneyimlenebilmektedir.

Dünya genelinde mimari ve arkeolojik yerleşimlerle ilgili hazırlanan 3B modeller ve görseller geçmiş yaşamları ve kültürleri en gerçekçi şekilde yansıtmaktadırlar. Ülkemizde ise mimari projelerin 3B modelleri ve animasyon çalışmalarının ötesinde, arkeoloji ve mimarlık tarihiyle ilgili çalışmalar yok denecek kadar azdır. Yapılanlar da ekonomik veya bilgi eksikliğinden kaynaklanan çeşitli sebeplerle belirli sınırlar çerçevesinde hazırlanabilmiş, yurt dışındaki uygulamalarla kıyaslandığında oldukça ham kalan çalışmalardır. Halbuki günümüzde bilgisayar grafikleri ve teknoloji o kadar gelişmiştir ki, 3B modellerin ekrandan izlenen görüntüsünün yanında, model içinde kullanıcı tercihleri doğrultusunda mekanı ve çevreyi deneyimlemek mümkün olmaktadır. Bunun yanında her geçen gün, 3B modeller daha gerçekçi bir şekilde hazırlanmaktadır.

Sanal ortamlarda kullanıcılar sadece izleyici veya dinleyici değil, aynı zamanda gerçekçi sahnelerin içinde gezebilen, mekanlar arasında kapıları açıp kapayarak geçiş yapabilen, farklı bakış açılarıyla mekanları dolaşabilen, aktif katılımcıdırlar. Özellikle sanal çevrelerde etrafı sahneyle kaplı mekanlarda deneyimlenen, aktif katılım yapılabilinen sanal uçuşlar ve yürümeler, ses ve görüntü efektleriyle desteklenerek, etkileşimli, hissel araçlar yardımıyla sarmalanma duygusu arttırılmış gerçeklik sunmaktadır.

3 MİMARİ ve ARKEOLOJİK SANAL ORTAMLARIN OLUŞTURULMA YÖNTEMLERİ ve SUNUM TEKNİKLERİ

3.1 Planlama

Mimari veya arkeolojik herhangi bir projede proje konusu tanımlandıktan sonra yapılması gereken ilk şey planlamadır. Planlamada oluşturulan çatkiyla proje şekillenir ve süreç kontrol altında tutulur. Projeye ilgili yapılacak olan işlerin planı, yapılması gerekenleri, gerekli maliyeti, zamanı, proje sorumlularının görevlerini, kısacası süreci tanımlar. Bu plana göre ihtiyaçlar doğrultusunda hangi adımda kimin görevli olduğu ve ne yapacağı belirlenerek gerekli organizasyon yapılır. Süreç planları, projenin kapsamını ve niteliğini ortaya koyar.

Arkeolojik ve tarihi yerleşimlerin görselleştirilmesi ve sunulmasıyla ilgili projeler çok fazla sayıda disiplinin birlikte çalışmasını gerektirdiğinden planlama aşaması daha da önem kazanmaktadır. Çünkü bu projelerde arkeoloji, mimarlık, tarih, antropoloji, harita, fotogrametri, şehir planlama, jeodezi ve daha birçok disiplinin koordine bir şekilde birbirleriyle iletişim halinde çalışmaları gerekmektedir.

Arkeolojik yerleşimlerin görselleştirilmesi ve çoklu medyalar aracılığıyla sunulmasıyla ilgili projelerin genel olarak süreci;

- Kaynak toplama,
- Ölçüm ve tespit çalışmaları,
- Verilerin analizi ve organizasyonu,
- Modelleme,
- Görselleştirme,
- Çoklu medyalar aracılığıyla sunum(bilgisayar, web, mobil cihazlar..v.b)

şeklinde planlanmaktadır. Projenin niteliğine ve ihtiyaçlara göre süreç planı uzayıp, kısalmakta ve projenin esas sorumlusu olan disipline ya da projenin yapılış amacına göre proje adımları detaylandırılmaktadır. Bu doğrultuda bakılacak olursa, tezde, yapılmış benzer çalışma örnekleri kapsamında incelenen, İ.T.Ü’de Jeodezi anabilim dalı tarafından yapılan, multimedya ve CBS’nin tarihi dokümantasyon çalışmasına uygulanmasıyla ilgili çalışmada ölçüm ve tespitler önem kazandığı için, ölçme adımının ayrıntılı bir şekilde ele alındığı ve analizlerin de ona göre yapıldığı görülmektedir. UCLA’nın (California Üniversitesi, Los Angeles) hazırlamış olduğu Herodian Tapınak Dağı Modeli ise modelleme ve görselleştirme ağırlıklı bir proje örneği olduğu için süreçte bu doğrultuda şekillenmiş, görsellik ve sunum

önem kazanmıştır.

3.2 Kaynak Araştırması, Veri Toplama, Veri Depolama ve Organizasyon

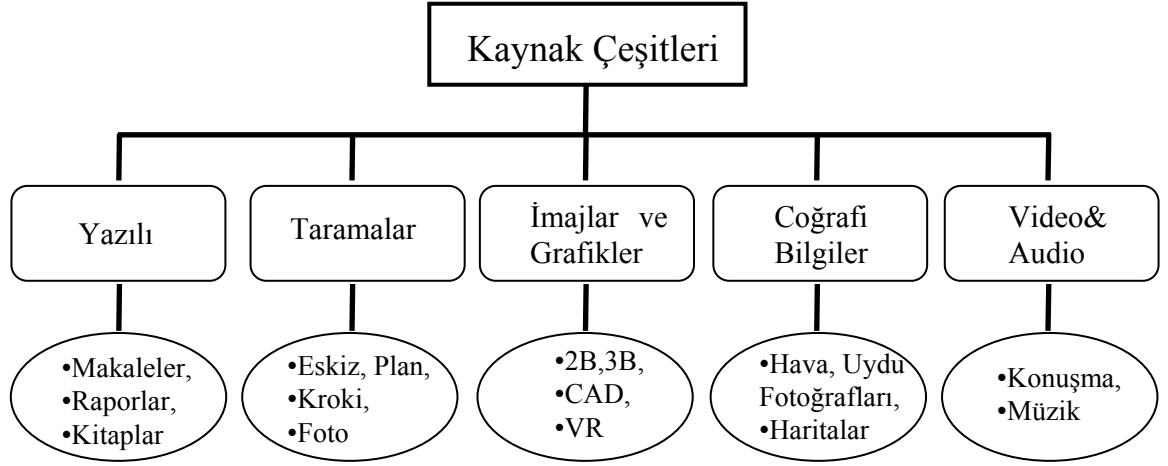
Belirli bir amaçla, bir araya getirilmiş çok sayıda kayıt, bir veri dosyası oluşturmaktadır. Verileri depolayıp gruplandırarak, eş zamanlı, birden çok kullanıcıya yanıt verebilmesi amacıyla, dosyalar ve tablolar şeklinde düzenlenmiş bilgiye veritabanı (database) adı verilmektedir. Veri tabanı sistemiyle, gerektiğinde hemen erişebilen, düzenli bir veri bankası kurulmakta ve veri tekrarları önlenmiş olmaktadır (Gönenç, 2004).

Sürekli değişen ve gelişen teknolojiyle birlikte veri edinme ve depolama yöntemleri değişmekte, buna paralel olarak da kullanılan araçlar da gelişmektedir. Günümüzde eskiye göre daha kısa sürede, daha nitelikli ve daha fazla bilgi edinmek mümkün olmaktadır. Fakat bununla birlikte veri kazanımını sağlayan teknolojiyi kullanacak uzman kişilere ve bu bilgileri depolayıp kullanmak için gelişmiş yazılımlara ve donanımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, bu kadar çok veri çeşitliliği ve farklılığı da beraberinde iyi bir planlama ve organizasyon gerektirmektedir.

Kaynak çalışmalarında öncelikle mevcut veriler araştırılıp, toplanarak, değerlendirilir. Daha sonra eksik ve gerekli verilerin elde edilmesine yönelik çalışmalar yapılır. Veri toplama ve depolama için veritabanı kurmak, süreçte elde edilen farklı verilerin organizasyonu ve kullanımı açısından faydalı ve gereklidir. Güney (2002) tezinde, kendisinin de yer aldığı Seddülbahir-Kumkale Projesi'nde yapılan bütün ölçümlerin "MS Excel"de düzenli olarak tutulduğunu, ayrıca proje kapsamında elde edilen ve üretilen bütün verilerin "MS Access" veritabanında depolandığını belirtmektedir.

3B modele başlamadan önce modelin nasıl hazırlanacağı ve nasıl sunulacağı sorularının yanıtlanması gerekir. Modelin nasıl hazırlanacağı veri yapısıyla, dosya formatlarıyla ve kullanılan medyalarla ilgilidir. Bu üç konunun birbirleriyle ilişkili ve uyum içinde olması gerekir (Zara, 2004). Projede ihtiyaca göre lazer tarama yöntemi, fotogrametrik, başka yöntemler ya da birkaç yöntem birlikte kullanılabilir. Önemli olan bunun baştan belirlenip, gerekli donanımların ve bunlar için gerekli yazılımların elde edilmesidir. Bu nedenle, projenin süreç planı hazırlandıktan sonra toplanan veriler ve elde edilecek diğer verilerin yapılarına uygun araçlar ve yazılımlar belirlenmeli ve eksiklikler giderilmelidir. Aksi takdirde proje sürecinde veri uyumsuzlukları, program çakışmaları, donanım eksikliği gibi birçok problemle karşı karşıya gelinebilir.

Aşağıda Yıldız Teknik Üniversitesi'nde uygulaması devam eden Pedasa Arkeolojik Yerleşimiyle ilgili projede kullanılan ve kullanılması düşünülen kaynak çeşitleri gösterilmektedir. (Şekil 3.1)



Şekil 3.1 Pilot projede kullanılan ve kullanılması düşünülen kaynak çeşitleri

Pedasa Projesinde Şekil 3.1’de gösterilen verilerden, yazılı kaynaklar, yerleşime ait eski plan ve krokiler, hava fotoğrafları ve haritalar mevcut verilerdir. İlk olarak, kitap ve makalelerden elde edilen eski plan, kroki ve fotoğrafların taranarak, dijital ortama aktarımları yapılmıştır. Daha sonra dijital veriler, arkeolojik yerleşim bölgesinde yapılan tespit ve ölçümler doğrultusunda modellenerek, simülasyon hazırlanmıştır. Projede gerekli olan bütün veriler hazırlanan süreç planı doğrultusunda elde edilmektedir.

3.3 Veri Kazanımı ve 3B Yeniden İnşa

Arkeolojik bir alanın bilgisayar destekli görselleştirmesini oluşturabilmek için, öncelikle alanda yapılmış tespit ve ölçümlerin sayısal ortama aktarılması gerekmektedir. Bunun için 3 boyutlu tarayıcılar, lazerli ölçüm cihazları, resim bazlı modelleme yazılımları ile fotogrametrik modelleme gibi teknikler kullanılmaktadır. Her bir teknik, kendine göre farklı hazırlık ve uygulama zorluğu getirir. Bazı tekniklerde çoğunlukla hazır modeller kullanılırken, bazılarında ise model program içinde tek bir çizgiden ya da poligondan yaratılmaktadır. Bunların yanında, modelleme yazılımları ile yüzey örme teknikleri de kullanılabilir. Her teknik için de, ortaya çıkan modelin poligon sayısı, poligonların ve noktaların hatasız bir biçimde birleşmeleri, model yüzey kaplamasındaki ve aydınlatmadaki başarı görselleştirmenin gerçekçiliğini belirler. Çalışmanın her aşaması uzman kişilerce kontrol edilir. Günümüzde, artık izleri bile görünmeyen bazı yapı elemanları, süslemeler,

renkler, arkeolog ve sanat tarihçisi gibi uzman kişilerden alınan bilgiler ve kritikler doğrultusunda modellenebilmektedir. Bu işlemler farklı modelleme tekniklerinin birleşmesi ile tamamlanmaktadır. Örneğin, resim bazlı modelleme teknikleri ile var olan bölümleri modellenen bir yapının, poligon modelleme tekniği ile tamamlaması yapılabilir (Dereli, 2005).

Disiplinler arası yöntem kullanılarak toplanılan verilerin sentezi ile zengin bir görsel sunumun ortaya konulması hem kazısı devam eden çalışmalara yön verme hem de 3B görsellerle antik yerleşimin zihinde daha net bir şekilde yer etmesini sağlayarak anlaşılabilirliğini arttırmaya yardımcı olmaktadır. Bu nedenle farklı yöntemlerle elde edilen veri çeşitliliğinin daha gerçekçi 3B modeller elde etmede çok önemli yeri vardır.

Veri kazanımı ve ölçme yöntem ve tekniklerinin net bir sınıflandırması olmamakla birlikte, farklı başlıklar altında aynı yöntem ve tekniklerden bahsedilebilmektedir. Örneğin, lazer tarama yersel fotogrametri ve hava fotogrametrisi içinde, arkeolojik prospeksiyonda çoğu yöntem uygulamasında, ya da tek başına bir ölçme ve veri kazanım yöntemi olarak sınıflandırılabilir. Bu çalışmada araştırmanın genel kapsamı baz alınarak belirlenen başlıklar altında ilgili yöntem ve teknikler anlatılmış, fakat aynı konulara ilgili farklı başlıklar altında da değinilmiştir.

3.3.1 Arkeolojik Veri Kazanımı

Son yıllarda teknolojik gelişmeler arkeolojik araştırmalarda da bilgi kazanımını ve veri niteliğini arttırıcı, süreci azaltan, önceki yöntemlerin geliştiği, yeni yöntem ve teknikler olarak kendini göstermiştir. Gelişmiş veri kazanım aletleri, yazılımlar ve bilgisayar teknolojisinin kullanılması, arkeolog ve tarih bilimcilerin yorumlamalarını desteklemekte ve kazılara yön vermektedir.

Arkeolojik alanlarda kullanılan ve bozucu etkisi olmayan (non destructive) yöntemlere verilen ad genel olarak “arkeolojik prospeksiyon”dur. Bu bilim dalı dünyada disiplinlerarası bir gelişim göstermiş ve belirli bir zamandan sonra arkeolojik alanlarda prospeksiyon amaçlı yapılan tüm araştırmalar bu genel ad altında tanımlanmaya başlamıştır. Bu araştırma dalı içinde yaygın olarak jeofizik yöntemler kullanılmasına karşın; uzaktan algılama, jeokimya, Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS), konum belirleme (GPS), termal algılama gibi prospeksiyona yönelik dallarda da araştırmalar yapılmaktadır. Günümüzde arkeolojik araştırmalar bu tür tekniklere oldukça fazla gereksinim duymakta ve böylece arkeolojik prospeksiyon bir taraftan kullanım oranını hızla artırırken, diğer taraftan da uygulanan yöntemlerde önemli gelişimler

ortaya çıkmaktadır (Drahor, 2005).

Daha önce de değinildiği gibi veri edinimi ve ölçü alımlarında kullanılan yöntem ve teknikler değişik başlıklar altında, kapsamı artırılıp azaltılarak yer alabilmektedir. Tez kapsamında farklı başlıklar altında adı geçen tekniklerden tekrar bahsedilecektir. Buna göre arkeolojik prospeksiyon yöntemlerini kısaca şöyle özetleyebiliriz:

Jeofizik yöntemler

Jeofizik yöntemler arkeolojik prospeksiyonda en yaygın kullanılan yöntemlerdir. Bunun temel nedeni; arkeolojide kullanılan jeofizik yöntemlerin gömülü arkeolojik nesneleri belirlemede gösterdiği başarı ve hızın yanı sıra, herhangi bir bozucu etki oluşturmada araştırma yapmayı sağlamasıdır. Çoğunlukla kalın bir toprak örtüsüyle kaplı olan arkeolojik alanlarda alanı kazmadan önce iyi bir kazı stratejisi ortaya koymak oldukça zordur. Oysa jeofizik yöntemlerle toprak altında gömülü durumda bulunan bu arkeolojik yapılar onların sahip olduğu değişik fiziksel özelliklerden yararlanarak, görünebilir duruma gelmektedir. Böylece oldukça geniş alanlar üzerinde yapılan kısa süreli jeofizik araştırmalarla, gömülü arkeolojik yapıların uzanımı, dağılımı, derinliği, niteliği, biçimi gibi birçok özelliği ortaya konabilmektedir. Alanda çalışan arkeologlar bu tür bir çalışmadan sonra, oldukça etkili bir kazı stratejisi oluşturabilmekte ve kısa sürede oldukça önemli bulgulara sahip olabilmektedirler. Arkeolojik alanlar insan etkinliğiyle oluştuğundan, birçok fiziksel ve kimyasal değişimlere uğramış alanlardır. Jeofiziğin amacı ise ortamın içerdiği kutuplanma, çekim gücü, ortamın iletkenlik ya da dirençliliği, elektromanyetik dalga ve akustik dalgalara karşı gösterdiği davranış, dielektrik özellikleri gibi fiziksel olgulardan faydalanarak arkeolojik yapıların görünebilirliğini ortaya koymaktır (Drahor, 2005). Arkeolojik alanlarda manyetik, yer radarı (GPR) ve elektrik özdirenç olmak üzere yaygın olarak üç jeofizik yöntem kullanılmaktadır (Drahor, 2006).

Jeokimyasal Çalışmalar

Arkeolojik alanlarda jeofizik araştırmalarla birlikte kullanılan önemli bir diğer arkeolojik prospeksiyon yöntemi de jeokimyasal çalışmalardır. Bu çalışmalarda; fosfat, kalsiyum, magnezyum, potasyum, demir, çinko ve bakır gibi minerallerin toprak içindeki yoğunluğu ve toprağın pH'ı belirlenebilmektedir. Yapılan araştırmalarda, fosfat analizinin bu konuda büyük bir öneme sahip olduğu ve özellikle manyetik duyarlılık (susceptibility), hava fotoğrafları ve arazi gözlemleri ile birlikte kullanıldığında oldukça yorumlanabilir bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur (Drahor, 2005).

Termal algılama

Arkeolojik prospeksiyon çalışmalarında, termal algılama çalışmaları da yaygın olarak kullanılmaktadır. Termal algılama yönteminin temeli, toprağın içine işleyen ya da topraktan dışarıya doğru çıkan ısı akışındaki değişkenliğin, toprak iletkenliği ve ısı kapasiteye bağlı olarak ölçülmesidir (Drahor, 2005). Yüzey üzerinde ve altında bulunan gömülü arkeolojik yapılar, sıcaklık değişiminden etkilendiklerinden dolayı, termal algılayıcılarla belirlenebilmektedirler.

Uzaktan Algılama (Hava fotoğrafları ve Uydu Görüntüleri)

Arkeolojik alanlar ve kalıntılar her zaman kolay ulaşıp, çalışma yapılabilen konumlarda yer almadığından, belgeleme çalışmaları çok zor şartlarda ve uzun sürelerde yapılabilir. Bu durumlarda varsa topografik haritalardan yararlanılabilir, fakat onlar da çoğu zaman güncelleme yapılmadığından doğru veriler elde edilmeyebilir. Son zamanlarda hava fotoğrafları oldukça faydalı sonuçlar vermektedir. Ancak, çoğu hükümet askeri ve güvenlik nedeniyle kısıtlamalar dahilinde hava fotoğraflarının kullanımına izin vermektedir. Son yıllarda ise farklı algılayıcıların kızılötesi ve mikrodalga ışınlarla elde ettiği uygu görüntüleri ise konumsal veri ediniminde hız kazandıran bir teknik olarak özellikle ön çalışmalarda kullanılmaktadır.

Hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri, geniş ölçekli çalışma ve araştırmalarda büyük öneme sahiptir. Bilinmeyen bir bölgenin içerebileceği arkeolojik yerleşmeler, o bölge ile ilgili değişik uydulardan elde edilen görüntüler incelenerek araştırılabilir. Tez kapsamında incelen Pedasa antik yerleşiminde de aynı şekilde çalışmaya başlanmıştır. Çiftlik evlerinin haritaları henüz oluşturulmadığından, Google Earth'den alınan uydu fotoğrafları üzerinde benzer yapıdaki ev tipleri karşılaştırılarak, analiz ve yorumlar yapılmıştır.

Günümüzde balonlar, uçaklar ve sayısal fotoğraf makineleri yardımıyla elde edilen hava fotoğrafları, geniş alanların görüntülenmesini ve bu görüntülerin sayısal yöntemler yardımıyla işlenerek etkili yorum yapılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, hava fotoğrafları yanında, 1960'lı yıllardan sonra ortaya çıkan uydu teknolojisi, her ne kadar görüntüleri hava fotoğrafı görüntülerinden daha düşük ayrımlılığa sahip olsa da, yaşadığı hızlı gelişimin etkisi ile arkeolojik alanların uzaydan sürekli gözlenebilmesine olanak tanımaktadır. Bu arada, uygun mevsim seçimi gibi iklimsel özellikler yanında, kalıntıların yüksekliği, görüntünün alındığı enlem, görüş açısı, yüzeyin doğal renkleri gibi etkenlere arkeolojik bir yerleşimin hava fotoğrafları yoluyla belirlenmesi sürecinde dikkat edilmesi gerekmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) ve Global Konum Belirleme Sistemi (GPS)

Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) sayısal haritaların akıllı duruma getirilmesi ve üzerinde konumsal analizlerin yapılmasını, modellenmesini ve görüntülenmesini sağlayan donanım, yazılım ve yöntemler sistemidir. GIS, sayısal harita teknolojisinin gelişmesi ile birlikte birçok kullanım alanı bulmuştur. Sistemin esası, coğrafi bölgenin istenen bilgileri ile birlikte bilgisayarlarda modellenmesine dayanmaktadır. Bir taraftan bölgenin sayısal haritaları temin edilip, harita üzerinde bulunan nesnelerin birbiri ile olan ilişkileri (topoloji) tanımlanırken, diğer taraftan her nesnenin açıklayıcı bilgisi (yazılı dokümanlar, resimler v.b) grafik ile de ilişkilendirilmektedir. Sistemde sayısal harita üzerinde bulunan her grafik nesnenin, grafik olmayan sözel bilgisi, grafik olmayan bir veri tabanında toplanmaktadır. Böylelikle kullanıcı istediği her bilgiye sistem içinde ulaşabilmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) ve Global Konum Belirleme Sistemi (GPS) gibi kartografik yöntemler, son yıllarda arkeolojik amaçlı araştırmalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri, arkeologların yaptığı birçok işin ve sonucun bir araya getirilerek, bir veri kütüğü içine sokulmasından, sanal bir arkeolojik yerleşimin oluşturulmasına değin bir çok alanda kullanılmaktadır. Arkeologlar için, araştırmalar sırasında zamanın, mekanın, konumun ve çevre verilerinin değerlendirilmesi, tanımlanması ve ilişkilendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Arkeolojik bir çalışmada; çalışılan alanın özenli kazı teknikleri ile kazılması, araştırılması, haritalandırılması, fotoğraflanması, profil çizimleri, arkeolojik prospeksiyon tekniklerinin kullanılması, çıkan malzemelerin değişik tekniklerle yaşlarının belirlenmesi gibi bir çok sonuç, alanın yorumlanması ve yerleşimin geçmişteki biçimine en yakın kurgulanabilmesi için önemlidir. Bu nedenle Coğrafi Bilgi Sistemleri, arkeolojide büyük önem taşımaktadır ve bu tür veriler değerlendirilebilir bir durum almaktadır. Böylece Coğrafi Bilgi Sistemleri, arkeolojiyi uzamsal bir boyuta doğru taşımaktadır. Bu boyut içinde bilgisayar destekli tasarımlar, grafikler ve sanal gerçeklik modellemesi günümüzde yaygınlık kazanmaktadır. Son yıllarda konum belirleme (GPS) aletlerinin duyarlılıklarının artması, bu alandaki teknolojik gelişmeler ve yenilikler yöntemin arkeolojik uygulamalarını oldukça yaygınlaştırmıştır (Drahor, 2005).

Uydu görüntüleri geniş ölçekli çalışmalarda faydalı veriler sunsa da, arkeolojik alanlarda detaylı belgeleme ve ölçümlerde yeterli veriler sağlanamamaktadır. İlgili alan, kalıntı, çok küçük boyutta ya da toprakla veya bitkilerle kaplı olabilmektedir. Bu nedenle, bölgesel araştırma ve konum tespiti için GPS veya takeometre gibi diğer kayıt araçlarına gerek duyulmaktadır (Boehler vd., 2004).

ABD Savunma Bakanlığı tarafından geliştirilen uydulara dayalı bir radyo navigasyon sistemi olan "Global Konum Belirleme Sistemi" ile uygun donanıma sahip kullanıcılar, 3 boyutlu presizyonlu (kesin) konum, navigasyon ve zaman bilgisine, dünyanın her yerinde, günün her saatinde, meteorolojik koşullardan etkilenmeksizin ulaşabilirler. Bu teknikte temel ölçü, sinyalin uydu ve alıcı saatleri arasında yol alma süresidir. Sistem her biri yeryuvarından yaklaşık 20200 km yükseklikte yörüngeye yerleştirilmiş 24 uydudan oluşur. Genel bir koordinat sistemi olan Dünya Jeodezik Sistemi'nde (WGS84) 3 boyutlu konum bilgisi dünyanın her yerinde gün boyu (24 saat) elde edilebilir. Gece ve gündüz ölçme yapılabilen ve ölçülen noktalar arasında görüş aranmayan bu teknik de tek gerek ve yeter şart en az 4 GPS uydusunun aynı anda GPS alıcısının görüş alanına girmesidir. Bu da günümüzde yeryuvarı üzerindeki her noktada, oluşturulmuş olan yörünge sistemi ile sağlanmaktadır (Güney vd., 2001). Kısacası, Dünyadaki Konumu Algılama Sistemi'ne benzer bir anlamı olan GPS sayesinde dünyanın neresinde olunursa olunsun, hangi enlem, boylam ve yükseklikte bulunduğu kolayca bulunabilmektedir.

3.3.2 Ölçüm ve Tespit

Bir projede çalışmadan beklenen doğruluğa göre ölçme yöntemleri ve donanımları belirlenmektedir. Yani proje için gerekli cephe, kesit gibi mimari planlar ve haritaları üretmek için yapılması gereken ölçmelerin doğruluk derecesi belirleyici etkindir. Bazı projelerde arkeolojik prospeksiyon yöntemlerinden de biri olan Global Konum Belirleme Sistemi (GPS, Global Positioning System) yeterli olurken, tarihi, mimari ve arkeolojik yapıların detay alımlarında birbirine çok yakın poligon noktalarında, uydulardan sinyal alınamadığından, diğer tekniklerin yetersiz kaldığı durumlarda ise yersel teknikleri kullanmak daha doğru bilgi edinilmesini sağlamaktadır. Projenin niteliğine göre GPS ya da yersel ölçüm aletlerinden, elektronik takeometre (total station), teodolit, lazer tarayıcı, lazer mesafe ölçer, nivo çeşitleri kullanılarak ölçüm işlemleri tamamlanmaktadır. Çoğu proje birden çok tekniğin birlikte ve entegre bir biçimde uygulanmasını gerektirir. Bu nedenle, birbiriyle uyumlu aletleri kullanıp uygun yazılımları edinmek gerekmektedir. Farklı tekniklerle elde edilen değişik verilerin düzenli olarak kaydedilmesi ve veritabanında depolanması çalışma sürecinin verimi açısından oldukça önemlidir.

Güney (2002) tezinde İ.T.Ü.'de yapılmış, hem "Global Konum Belirleme Sistemi (GPS, Global Positioning System) hem de "Yersel Konum Belirleme Sistemi (TPS, Terrestrial Positioning System)" uygulamalarını oldukça detaylı bir şekilde anlatmıştır. Projede GPS yanında, bina içlerinde bulunan bölümlerde, cephe ölçümlerinde, kalenin iç kısımlarında ya

da yüksek surlara çok yakın olan poligon noktalarının konumlarını belirlemede uydulardan sinyal alınamadığı için yersel ölçmelerle, elektronik takeometre (total station) kullanılarak belirlenmiştir. Proje kapsamında her bir kale için yaklaşık 60 noktalı jeodezik ağ kurulmuş ve bu noktalara dayanılarak yaklaşık 8000 yapı detay noktası TPS ile, yaklaşık 18000 topografya detay noktası da GPS ile ölçülmüştür. TPS'nin kurulamadığı ya da detay noktasının görülemediği veya çelik şeritle alınması gereken ölçülerde “Leica DISTO” (elektronik el uzaklık ölçeri) ölçme aletinden yararlanılmıştır. Bunun dışında kalelerdeki bazı duvar ve cepheler de yersel fotogrametri tekniği ile ölçülmüştür. Resimler amatör bir kamerayla çekilerek düşeye çevirme tekniği uygulanmış ve Autocad ortamına alınarak üzerindeki taşlar tek tek çizilmiştir (Güney, 2002).

Ölçme kampanyaları oldukça dikkat gerektiren çalışmalar olup, disiplinler arası ve kullanılan aletler arasında iyi bir organizasyon, iyi bir uyum, planlı bir çalışma, sürekli kayıt ve kontrol gerektirmektedir. Bu nedenle yapılan çalışmalar sürekli kayıt altında tutulmalı ve düzenli olarak kontrolleri yapılarak, düzeltmeler yapılmalı, eksiklikler giderilmelidir.

Günümüzde, şerit metre, çekül gibi geleneksel yöntemler hala kullanılmakla birlikte, yukarıda anlatıldığı gibi elektronik takeometreler, teodolitler, nivo çeşitleri özellikle rölöve çalışmalarında konusunda uzman mimarlar tarafından tekil olarak ya da farklı yöntem uygulamaları içinde kullanılmaktadır. Tarihi çevre koruma ve belgeleme çalışmalarında birkaç disiplinin birlikte çalışmasını gerektiren fotogrametrik yöntemler ve lazer tarama teknikleriyle de kısa zamanda, daha fazla bilgi kazanımı sağlanmaktadır.

3.3.2.1 Fotogrametrik Yöntem

Tarihi eserleri ile zengin olan ülkemizde çoğu rölöve çalışması mimarlar tarafından klasik yöntemlere göre yapılmaktadır. Aslında, kapsamlı araçlar kullanılarak uzman kişilerce uygulanan fotogrametrik yöntemler klasik yönteme göre önemli derecede bir avantaj sağlamaktadır. Fotogrametrik yöntemler tarihi, kültürel, arkeolojik ve mimari eserlerin rölöve, koruma ve belgelenmesinde kullanıcıya hem hız, hem maliyet, hem hassasiyet, hem de teknolojik olarak üstünlük sağlamaktadır. Klasik ölçme yöntemleriyle yapılmasına olanak bulunmayan birçok çalışma fotogrametrik yöntemle daha kolay ve daha kısa sürede gerçekleştirilebilmektedir. Çalışmalarda mimarla birlikte, harita, jeodezi ve fotogrametri mühendisliğinin yapmış olduğu ortak projelerde oldukça başarılı sonuçlar elde edilmektedir.

Fotogrametri, başlangıçta, yeryüzünün ölçümünü hedef alan Jeodezi Bilimi içinde bir ölçme tekniği olarak düşünülmüş, bu özelliği dolayısı ile fotoğraflar yardımı ile ölçme anlamına

gelmek üzere fotogrametri (photogrammetry: photos:ışık, grama=yazmak, metrein:ölçmek) diye adlandırılmıştır (Bazı kaynaklar fotogrametrik yöntemlerin ilk başta harita bilimi için geliştirildiğini savunmaktadır). Erdoğan (2005) fotogrametriyi “cisimler ve bunların oluşturduğu çevreden yansıyan ışınların şekillendirdiği fotografik görüntülerin ve yaydıkları elektromanyetik enerjinin kayıt, ölçme ve yorumlama işlemleri sonunda, bu cisimler ve çevre hakkında güvenilir bilgilerin elde edildiği bir teknoloji ve bilim dalı” olarak tanımlamaktadır.

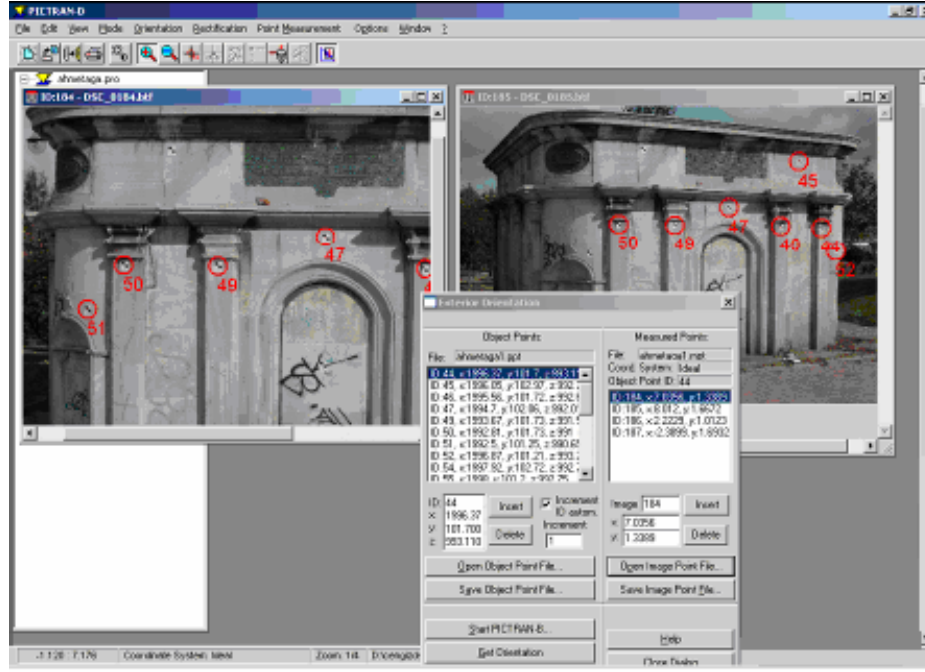
Fotogrametrik yöntemler, değişik ölçeklerde ve çözünürlüklerde, geniş alanların veya tek objelerin, sadece fotogrametrik ölçülerle veya diğer ölçü çeşitlerinin birleşimi ile büyük oranlarda veri sağlamaktadır (Yakar vd., 2005).

Fotogrametri genel olarak aşağıdaki şekilde sınıflandırılır (Marangoz, 2002); [1].

- Uygulama alanına göre
 - o Topografik fotogrametri
 - o Topografik olmayan fotogrametri
 - 1. Yersel fotogrametri
 - 2. Yakın resim fotogrametrisi
 - a. Mimarlık fotogrametrisi
 - b. Blastereometre fotogrametrisi
 - c. Endüstri fotogrametrisi
 - 3. Farklı ortamlar fotogrametrisi
 - 4. Röntgen fotogrametrisi
- Obje büyüklüğüne göre
 - o Mikro fotogrametri
 - o Makro fotogrametri
- Resim çekim noktasının konumuna göre
 - o Hava fotogrametrisi
 - o Yersel fotogrametri

- Değerlendirme yöntemine göre
 - o Grafik (Plançete) fotogrametri
 - o Analog fotogrametri
 - o Analitik fotogrametri
 - o Sayısal (dijital) fotogrametri

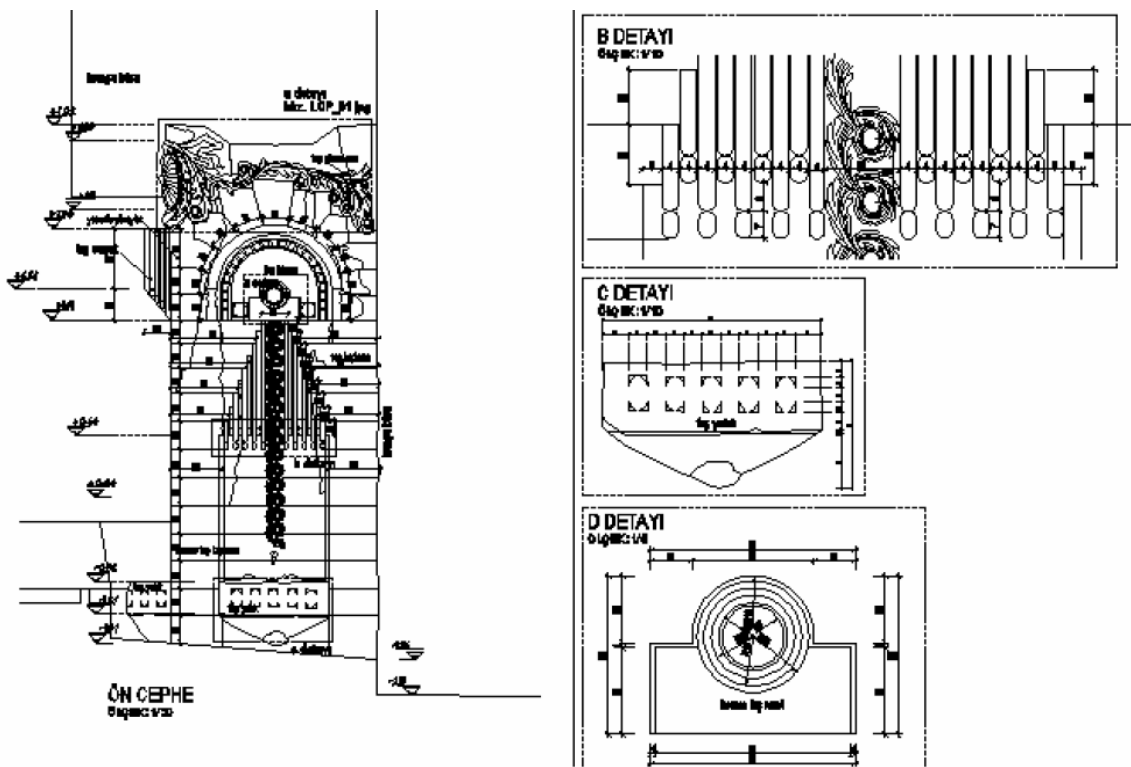
Tarihi yapı rölöve çalışmalarında ölçümlerde daha çok yersel fotogrametri kullanılmaktadır. Yersel fotogrametride kullanılan değerlendirme yöntemleri ile hava fotogrametrisinde kullanılanlar benzerlik göstermektedir. Ancak, hava resim çekme makinelerinde sabit olarak ele alınan iç yöneltme parametrelerinin, yersel fotogrametri uygulamalarında resim çekme makinelerinin özellikleri ve incelik istekleri nedeniyle bilinen olarak ele alınmayıp, dış yöneltmenin diğer parametreleri ile birlikte, her bir resim veya model için birlikte veya önceden belirlenmesi gerekir. Hava fotogrametrisi ile yersel fotogrametri arasındaki diğer önemli fark da yersel fotogrametride bir cismin çok sayıda resminin çekilerek değerlendirilebilmesi olanağının bulunmasıdır. Bu ve özellikle dönük resim çekim eksenli resimlerin kullanılması daha hassas hesap modelleri gerektirmekte, bu nedenle de incelikte önemli bir artış sağlanmaktadır. Ayrıca yersel fotogrametride resim ölçeğinin çok büyük olması ve cismin derinliğinin resim çekim uzaklığına oranının büyüklüğü, resim çekim geometrisi ile ilgili önemli farklılığı oluşturur. Yersel fotogrametrinin diğer bir özelliği de resim çekme (durak) noktası koordinatları X_0 , Y_0 ve Z_0 ' ın jeodezik ya da uydu (GPS) yöntemleriyle çok hassas olarak belirlenebilmesidir (Marangoz, 2002). Şekil 3.2'deki resimde görüldüğü gibi arazi koordinatları 3 boyutlu (X,Y,Z), resim koordinatları (X, Y) şeklindedir (Erdoğan, 2005).



Şekil 3.2 Demet dengelemesi ile arazi ve resim koordinatları arasında matematiksel model oluşturulması (Erdoğan, 2005)

Tarihi, arkeolojik, yapısal ve mimari çalışmalar bir bütün olarak bu yapıları anlamak ve bunların restorasyonu, sağlamlaştırılması ve korunması için bilgi ve yeni teknikler geliştirmek için önemlidir. Yersel fotogrametri tekniği, yıllardır arkeolojik ölçmeler ve tarihi eserlerin dokümantasyonu için kullanılmakta olan bir yöntemdir. Dijital tekniklerin gelişimiyle birlikte fotogrametri mimari eserlerin dokümantasyonu ve korunmasında daha verimli bir yöntem haline gelmiştir (Duran, 2002). Bilgisayarların teknolojik gelişimine paralel olarak ilerleyen sayısal fotogrametride tüm işlem adımları bilgisayar ortamında yapılır. Günümüzde yaygın hale gelmesinden sonra sayısal fotogrametrinin kullanım alanları kapsamında sayısal resimlerin yorumlanması ve işlenmesi ile ilgili olarak birçok uyulama alanı ortaya çıkmıştır (Marangoz, 2002). Alınan fotoğrafların değerlendirilmesi grafik ve sayısal olarak yapılabilir, bu sayede bilinen ölçme metodlarıyla elde edilebilecek detayla kıyaslanmayacak sayıda bilgi bulunabilir. Tarihi yapılarda çoğu kez, bulunan karmaşık şekillerin ölçekli çizimleri klasik metodlarla elde edilemezken, fotogrametrik metodlar bu şekilleri gerçek konumlarında bütün ayrıntılarıyla istenen ölçekte verir (Karşı, 2001). Mimari yapıların rölöve çizimlerini hazırlarken hassas ve güvenilir ölçü bilgileri, kısa sürede elde edilebilir. Bu yöntem, ayrıca analitik belgeleme (yapım özellikleri, bozulmalar, aşınmalar, değişimler, vb.) için de kullanılabilir. Mimari çalışmalarda fotogrametrinin kullanılması ilk kez 1958'de Mimar A. Meydenbauer tarafından olmuştur (Erdoğan, 2005).

Erdoğan'ın (2005) "Tarihi Çeşmelerin Digital Fotogrametrik Yöntemle Rölövelerinin Hazırlanması" projesi ve proje raporu fotogrametrik yöntemle ilgili detaylı ve açıklayıcı bilgiler veren çalışmalardan biridir. Proje kapsamında rölöve çalışmalarında, ilk olarak vaziyet planları hazırlanmıştır. Vaziyet planlarında çeşmelerin oturumları ile birlikte çevresi Total station ile ölçülmüştür. Ayrıca vaziyet planları hazırlanırken Fotogrametrik halihazır haritalardan da yararlanılmıştır. Fotogrametrik ölçüler, Total station ölçüleri ve Klasik ölçüler (Çelik şerit metre, Lazer Metre ölçüleri) den faydalanılarak çeşmelere ait rölöve çizimleri yapılmıştır. Fotogrametrik ölçüler 3B değerlendirme ve resim düşeye çevirme ile 2B değerlendirme şeklinde yapılmıştır. (Şekil 3.3)



Şekil 3.3 Fotogrametrik ölçüler ile hazırlanan rölöve çizimleri (Erdoğan, 2005)

3 boyutlu foto modeller, ayrıntılı ve gerçekçi bir görüntü vermede oldukça etkilidirler. Bu modellerin oluşturulması için, dijital görüntüler gereklidir. Dijital veri elde etme araçlarının gelişmesiyle birlikte, bunların işlenmesi ve sonrasında daha hızlı ve daha gerçekçi modeller üretilebilmek mümkün olmuştur (Duran, 2002). Bir 3 boyutlu foto model, doku bilgisinin cisme ait fotoğraflardan veya diğer optik kayıt sistemlerinden alındığı bir obje modelidir ve iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım, objenin şeklinin saklandığı 3 boyutlu obje modeli olup, bitişik yüzey parçaları objeyi andırır. İkinci kısım ise yüzey parçalarından elde edilen foto dokusudur (Dorffner ve Forkert, 1998).

Fotogrametri gibi çeşitli yöntemlerle elde edilen görüntüler ve model bilgileri daha sonra gelişmiş 3 boyutlu modelleme programlarına aktararak, yüzey kaplamaları ve doku bakımından oldukça gerçekçi modeller oluşturabilmektedir. Uygulamalardaki çeşitlilik beraberinde herhangi bir görselleştirme algoritmasının çalışacağı yazılım ve donanımda da çeşitlilik getirmektedir. Şimdilerde, teknolojinin son ürünleri, grafik ve modelleme yazılımları, en son sunum aletleri ve yüksek performanslı bilgisayarlar her çeşit görselleştirme problemini çözmeye çalışmaktadır.

3.3.2.2 Lazer Tarama

Son yıllarda bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler 3B model oluşturmada sürekli yenilikler getirmektedir. Yersel lazer tarayıcılar 3B modelleme ve ölçü alımlarında etkili bir ölçme teknolojisi olarak mevcut sistemlere rakip veya alternatif olarak hızlı bir gelişim göstermektedir. Özellikle tarihi ve kültürel mirasın korunması, mimari ve arkeolojik ölçüm, arşivleme gibi belgeleme ve 3B modelleme çalışmalarında daha hızlı ve daha pratik olması açısından günümüzde oldukça tercih edilen bir yöntem olmuştur. Yersel lazer tarayıcılar kullanılarak çok kısa bir zaman diliminde binlerce üç boyutlu noktanın kaydedilmesi olanaklı hale gelmiştir.

Lazer tarama sisteminde karmaşık yapıdaki objelerin modellemesi taranan objeden elde edilen nokta kümeleri yardımı ile yapılmaktadır. Nokta kümelerindeki 3B koordinatlara sahip binlerce nokta birkaç dakikada elde edilebilmektedir. Yersel lazer tarama 3B obje modellemede oldukça yeni bir metodken, yersel fotogrametri bu amaç için uzun yıllardır kullanılmaktadır. Yersel lazer tarama teknolojisinin bazı dezavantajları olmasına rağmen önemli avantajları da vardır. Bu avantajlar 3B noktaların doğrudan elde edilmesi, düzensiz yapıdaki objelerin tanımlanmasında oldukça etkili olması ve sonuçların kısa sürede elde edilmesi olarak sıralanabilir. Mesafe sınırlaması, görüntü maliyetinin yüksek olması ve objeye ait öz nitelik verilerinin elde edilememesi başlıca dezavantajlarıdır (Demir vd., 2004).

Yersel lazer tarama teknolojisinin en önemli bileşeni olan yersel lazer tarayıcı, yatay ve düşey yönde dönebilen bir mekanizmaya sahiptir. Bazı yersel lazer tarayıcılar kapalı mekânlar ve orta mesafelerde (100 m ye kadar) uygun olurken bazı yersel lazer tarayıcılar açık mekanlarda ve daha uzun mesafelerde daha uygundur. Bu nedenle uygulamaya bağlı olarak en uygun yersel lazer tarayıcının seçilmesi gerekir (Yılmaz ve Yakar, 2006).

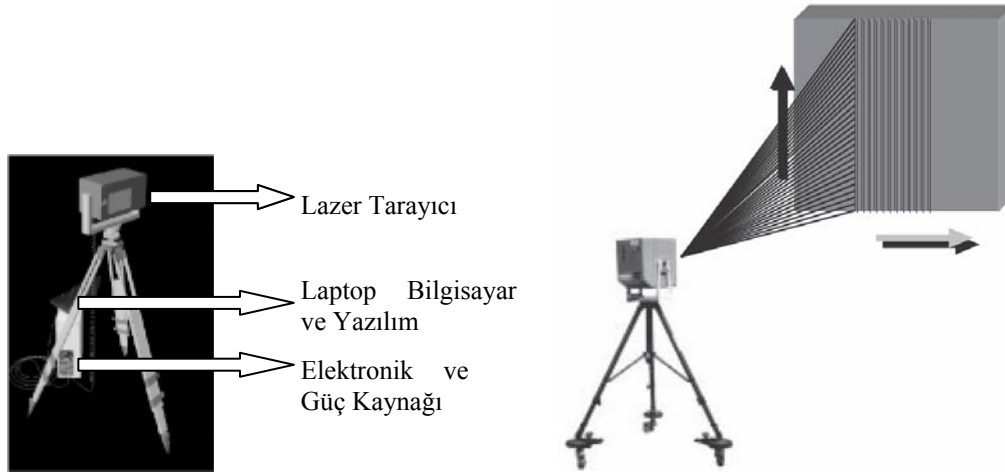
Yersel lazer tarayıcılar teknik özelliklerine göre aşağıdaki gibi sıralanabilir (Yılmaz ve Yakar, 2006).

- Tarama hızı, lazer ölçme sisteminin örnekleme oranı
- Görüş alanı
- Konumsal çözünürlük (mesela görüş alanında taranan nokta sayısı)
- Mesafe ölçme sisteminin doğruluğu
- Diğer aletlerle (Kamera, GPS gibi) kombinasyonu

Lazer tarayıcılarda lazer ışık kaynağının yatay ve düşey hareketlerinin ne kadarlık bir açısal ayırma gücü ile belirlendiği ve saniyede kaydettiği üç boyutlu nokta sayısı lazer tarayıcı seçiminde önemli kriterlerdir. Ölçme, belgeleme ve üç boyutlu modelleme amaçlı kullanılan ve ticari olarak pazarlanan lazer tarayıcı sistemlerin çoğu lazer ışınının kaynaktan çıkış ve dönüş süreleri arasındaki zamanın ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. Bunlara tip tarayıcılara örnek olarak Mensi firması GS 100, GS 200 modelleri, Leica firması HDS 2500, 3000 modelleri ve Riegl firması LMS-Z210i, LMS-Z360i, LMS-Z420i modelleri verilebilir (Yastıklı, 2005).

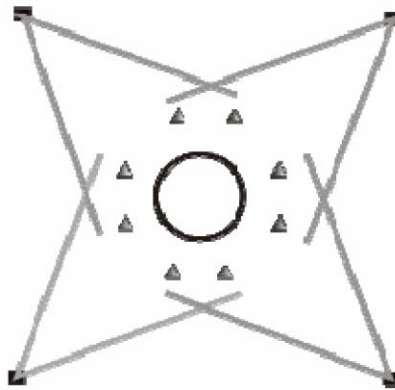
Yersel lazer tarama teknolojisinde kullanılan yersel lazer tarayıcı birkaç saniyede binlerce noktayı elde edebilen motorize bir Total station olarak dikkate alınabilir. Lazer tarayıcı çalıştırıldığında ölçülen noktalar dahili kutupsal bir koordinat sisteminde koordinatlandırılır. (Yılmaz ve Yakar, 2006). Şekil 3.4'te lazer tarayıcı ve tarama süreci gösterilmektedir. Lazer tarama süreci aşağıdaki gibidir (Anderson-Wilk, 2001):

- Alan veya yapı hedeflenir
- Alan veya yapı taranır ve “nokta bulutu yaratılır”
- Noktalar renklendirilir
- Yüzeyler oluşturulur
- Taramalar birleştirilir ve sanal veritabanı oluşturulur
- Son olarak da detaylı 3B model yaratılır.



Şekil 3.4 Lazer tarayıcı (solda) ve tarama süreci (sağda) (Anderson-Wilk, 2001)

Tek bir tarayıcıdan elde edilen veriler, binanın ya da objenin sadece tarayıcının kapsadığı bölümüyle ilgilidir. Bu nedenle, obje yüzeyinin tam olarak taranabilmesi için genellikle tarama işleminin farklı noktalardan yapılmasında fayda vardır (Şekil 3.5)(Impyeong vd., 2004). Farklı noktalardan taranan obje yüzeylerinin hassas bir şekilde birleştirilmesi için, taramalarda obje köşelerinde bindirme olmasına dikkat edilmelidir. (Yılmaz ve Yakar, 2006).



■ Lazer tarayıcı istasyonları ▲ Yer kontrol noktaları

Şekil 3.5 Lazer tarayıcı ve yer kontrol noktalarının konumu (Impyeong vd., 2004)

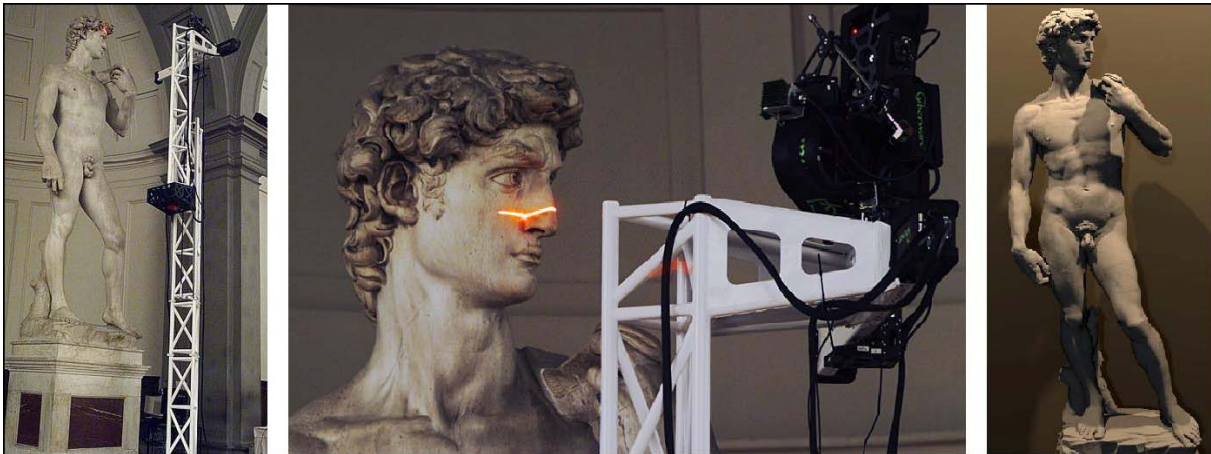
Yersel lazer taramanın kullanımına bir örnek olarak YTU Beşiktaş Kampüsü'ndeki Fen Bilimleri Enstitüsü olarak kullanılan Çukursaray'ın ön cephesinde yapılan çalışmayı gösterebiliriz. Tarama işlemi Mensi GS 100 lazer tarayıcı kullanılarak üç farklı istasyondan yapılmıştır. Aşağıda farklı istasyonlardan alınan üç boyutlu nokta kümesinin küre şeklindeki kontrol noktaları ile birleştirilip sınıflandırılarak farklı gri değerlerle gösterilmiş hali ve

kamera ile alınan fotoğraf yardımıyla nokta bulutunun fotoğraftaki renk bilgileri yardımıyla renklendirilmiş hali görülmektedir. Tarama sürecinde kamera ile fotoğraf alımı sırasındaki ışık koşulları, gölge vb. özelliklerin üç boyutlu nokta kümesinin renklendirilmesini doğrudan etkileyeceği dikkate alınmıştır (Şekil 3.6) (Yastıklı, 2005).



Şekil 3.6 Yersel lazer tarayıcı ile taranan Çukursaray'ın gri tonlar (solda) ve yapay renklerle (sağda) sunumu (Yastıklı, 2005)

Tarihi ve kültürel mirasın korunmasında 3B taramalar belgeleme, arşivleme çalışmalarında büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Elle ölçülemeyecek sayıda detay oldukça kısa sürede 3B olarak elde edilebilmektedir. Şekil 3.7'de 1989-99 yılları arasında Stanford Üniversitesi tarafından ünlü Michelangelo eserlerinin belgeleme çalışmaları sırasında yapılan, Michelangelo'nun 5 metre yüksekliğindeki Davut Heykeli'nin lazer tarama görüntüleri ve render edilmiş görüntüsü görülmektedir (Şekil 3.7) (Moller, 2006).



Şekil 3.7 Davut Heykeli'nin lazer tarama görüntüleri (solda ve ortada) ve render edilmiş görüntüsü (sağda) görülmektedir (Moller, 2006)

Günümüzde 3B tarayıcılar sayesinde geleneksel yöntemlerle haftalar ya da aylar süren ölçüm, tespit ve belgeleme çalışmaları nesnenin taranıp hızlı prototipleme ve yüksek hızda işleme yöntemleri ile kopyalanması ile sadece birkaç günde tamamlanabilmektedir. 3B tarayıcının ürettiği nokta bulutları, temel 3B formunu oluşturmakta kullanılarak, her nokta için alınan renk bilgisi de eklenip dokular yaratılarak, yüzeyler kaplanabilmektedir. Daha sonra bu bilgiler 3B modelleme programlarına aktarılarak isteğe uygun bir biçimde üzerinde çalışma yapılabilmektedir. Bu aktarım işlemi 3B tarayıcılarla elde edilen objenin 3B modelinin ağırlığından ve işleminin zorluğundan kaynaklanmaktadır. 3B modelleme programları model üzerinde gerekli işlemleri yapmaya izin vermekte ve modelin gerçekçi görünüm kazanmasını sağlamaktadırlar.

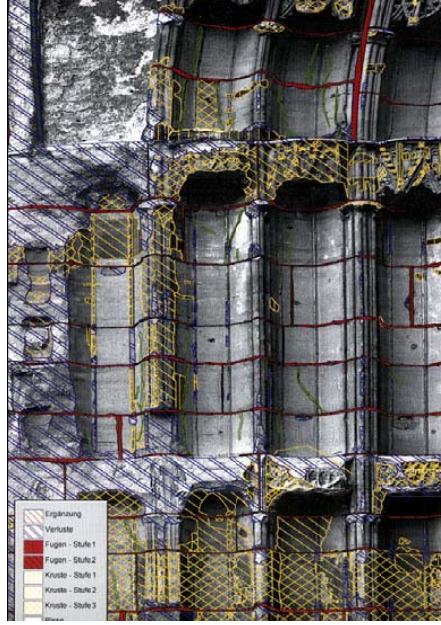
3.3.3 Kamera Çekimleri

Fotoğraftan ve video sahnelerinden de görüntü kazanımı yapılarak, model için gerekli veri elde edilebilmektedir. Modellenecek nesneler ile ilgili bilgi, çekilen fotoğraflardan elde edilmek istendiğinde öncelikle, ortam ayarlarının yapılması (kalibrasyon), daha sonra modelin geometrisinin ve yüzey görüntüsünün çıkarılması gerekir.

Görüntüden bilgi kazanımında yapıların, objelerin çoklu görüntüleri çekilen sahnelerdeki imaj dizileri arasından seçilip, daha sonra açı, çizgi, mesafe gibi düzeltmeleri yapılarak kullanılabilir ve işlenebilir hale gelmektedir. Herhangi bir el kamerasıyla yapılan çekimlerde, daha önceden kamera kalibrasyonu yapılmadığından bu işlemler yapılmaktadır, çekim öncesi ayarlar yapılırsa çok fazla düzeltme yapmaya gerek kalmaz. Daha sonra düzeltilen çoklu gösterimler eşleştirilip, uygun yazılımlara aktarılıp, sayısallaştırılarak, 3 boyutlu geometrik model hazırlanmış olur. İstenirse fotoğraf çekimlerinde olduğu gibi orijinal dokular haritalandırılarak gerçekçi görünüm elde edilebilmektedir.

Kamera çekimlerinden bir veya birkaç görüntüden veri kazanmak için bu görüntülerin düzeltilmesi ve iyi bir şekilde işlenmesi gerekir. Çekimlerden elde edilen fotoğraf üzerindeki perspektif görüntü, seçilen bir düzlemin sınırlarının tanımlanması yoluyla düzeltilmektedir. Sonuç ürünün ölçekli olması için en az dört kontrol noktası tanımlanması gerekir. Çeşitli CAD yazılım paketleri, görüntü işleme araçlarına sahiptirler. Bu araçlar görüntü düzeltimi yapmakla birlikte, makine içindeki çarpıklıkları hesaba katmamaktadır. Yaygın olarak kullanılan bir düzeltim yazılımı Rolleimetric MSR'dır. Ayrıca ELSP [15], Photoplan gibi yazılımlar da kullanılmaktadır. Düzeltim işleminin yanı sıra, analitik bilgi aktarımı sağlayan donanıma sahip yazılımlar da piyasada mevcuttur.

‘Metigomap’ buna iyi bir örnektir. Bu yazılım (Şekil 3.8), mimari koruma alanının çözümleme araçlarını göz önüne alarak; malzemeler, bozulmalar, değişimler gibi farklı temalara ait veri gruplarının sınıflandırılıp, düzeltilmiş görüntü üzerinde haritalandırılmasına olanak vermektedir (Tutan, 2004).



Şekil 3.8 Düzeltim ve çözümleyici bilgi işleme işlerini birleşik olarak yapabilen bir yazılım (metigomap) ile gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu elde edilen bir bozulma gösterimi (Tutan, 2004)

Çekimlerden elde edilen görüntüler düzeltilip işlenerek, sayısallaştırıldıktan sonra model üretiminde ya da kaplama malzemesi olarak kullanılabilir.

3.4 3B Modelleme, Görselleştirme ve Sunum

Geçmişe, günümüze ya da geleceğe ait mekanların veya alanların bilgisayar ortamında oluşturulma süreci günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte daha da karmaşık bir hal almaktadır. Bu karmaşa, daha gerçekçi model, daha gerçekçi ışık, daha gerçekçi doku etkisi elde etmek için her geçen gün yeni yazılımların, plug-in'lerin ya da donanımların ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır. Hazırlanan modellerin bilgisayarda ya da başka medyalarda izlenebilen animasyon kliplerinin yanında, oluşturulan mekanlar içinde gezinmeyi sağlayan yeni teknikler ve yöntemlerin ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda bilgisayar modeli içinde yapılan bu gezinmelere etkileşim ve hissel boyut kazandırılarak, kullanıcıların tamamen sarmalanması ve deneyimi en gerçekçi şekilde yaşaması için yapılan çalışmalar önem kazanmıştır.

Son zamanlarda, özellikle sinema, reklam ve çizgi film endüstrisinde, sanal oyuncular ve mimari mekanlar oluşturmak için kullanılan bilgisayar teknolojileri büyük bir değişim ve gelişim içindedir. Dijital kameralar, yazılım ve donanımlar, sanal mekanlar, dijital efektler görsel medyayı yeniden şekillendirmektedir. Bilgisayar teknolojileri, sanal gerçeklik tasarımdan üretime, üretim sürecinin simülasyonundan, ürünün simülasyonuna her alanda hızla gelişim göstermektedir.

Bilgisayar grafikleri ve teknolojinin mimarlık, tarih ve arkeoloji alanındaki kullanımı, hem bilimsel araştırmalar açısından, hem de insanların geçmişle kurduğu bağ ve etkileşim boyutu düşünüldüğünde ciddi önem taşımaktadır. Günümüzde var olmayan ve asla var olmayacak veya ulaşılması zor arkeolojik, mimari yerleşimleri, orada yaşamış uygarlıkların kültürlerini yansıtan gerçekçi ortamlarda, halkıyla, mimari dokusuyla, bitkileriyle, sanki o yüzyılda yaşıyormuş ve oradaymış gibi deneyimleme imkanı bulunabilmektedir. Ziyaretçi, geçmişe doğru yapmış olduğu bu yolculukta rotasını kendi tercihleri doğrultusunda belirleyebilmektedir. Hatta kapıları açıp tarihi yapıların içine girebilmekte veya antik yerleşimleri kuşbakışı izleyebilmektedir (Gaitatzes v.d, 2001; Roussou, 2001).

Görsel bir ürün olarak karşımıza çıkan bilgisayar modellerinin hazırlık aşaması da bilgisayar grafikleri ve teknolojiye gelişmeyle paralel olarak değişim göstermektedir. Temel prensip aynı kalmakla birlikte, çalışmanın amacına, sonuç ürünün gerçekliğine, bilgi ve donanım birikimine bağlı olarak yöntem ve teknikler de değişmektedir. Tez kapsamında esas olarak arkeolojik ve mimari yerleşimlerin modellenmesi ve sunumu kıstas alındığından süreç anlatımları bu yönde yapılmıştır. Tezde, bu tür çalışmalarda uygulanan teknikler genel olarak anlatılmakla birlikte, ağırlıklı olarak örnek projede uygulanacak yöntem doğrultusunda anlatım yapılmıştır. Bu bağlamda ilk olarak 3B arazi oluşturma, daha sonra 3B modelleme süreci anlatılmış ve bu süreçteki, 2B referans çizimleri, modelleme, kaplama, renklendirme, ışıklandırma, render adımları ve tekniklerinden bahsedilmiştir.

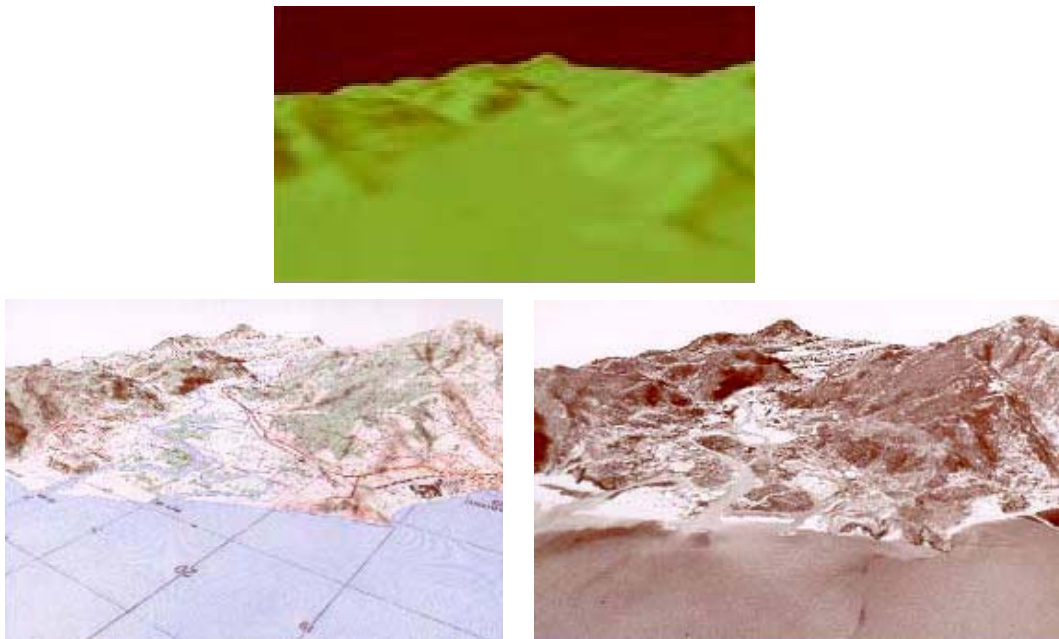
3.4.1 3B Arazi Modeli Oluşturma

Mimari yapıların, arkeolojik kalıntıların ve tarihi binaların ait oldukları çevreyle, topografyayla birlikte modellenmeleri hem bütünü algılama, hem görsellik, hem de sunum açısından önemlidir. Özellikle, kent ölçeği gibi büyük ölçekli çalışmalar, geniş alana yayılmış ve arazi koşullarının ön plana çıktığı arkeolojik alanlar ya da eğimli arazide tasarlanmış konut dizileri için hazırlanan modellerde mimari yapıların ve eserlerin, bulundukları araziyle birlikte modellenmesi modelin bütününe algılama ve anlama açısından önemlidir.

Sayısal Arazi Modeli (Digital Terrain Model, DTM), genel modelleme yazılım paketleri olanaklarıyla veya özel olarak arazi modellemek için geliştirilmiş yazılımları kullanarak, çeşitli yöntemlerle hazırlanabilmektedir. 3B arazi modeli oluşturmak için piyasada 3D Studio Max, Maya, AutoCAD, Quest3D, ArcInfo, ArcView, TerraVista, Tree Pro, Terragen, Vue d'Esprit, Bryce, MojoWorld, WorldBuilder, Xfrog gibi bir çok yazılım mevcuttur. Burada önemli olan, çalışma bütününde kullanılan farklı modelleme yazılımlarının birbirleriyle olan uyumu ve birbirini desteklemesidir.

Arazi modeli için gerekli coğrafi veri kazanımı çeşitli kaynaklardan elde edilebilmektedir.

- Eski haritalar
 - o Askeri araştırmalar için hazırlanmış haritalar
 - o Topografik haritalar
 - o Eski 3B harita görüntüleri
- Güncellenmiş vektörel veya raster veri setlerinden oluşan haritalar
- Güncellenmiş hava fotoğrafları
- Uydu görüntülerinden elde edilen verilerdir. Bu kaynaklar niteliklerine göre modelleme sürecinde kullanılmaktadır.



Şekil 3.9 Zonguldak Filyos Vadisinin sayısal yükseklik modeli SYM'si, üç boyutlu ortofotosu ve görselleştirilmiş haritası (Akçın ve Erkan, 2002)

Şekil 3.9’da uzaktan algılama teknikleri kullanılarak oluşturulmuş 3B topografya modeli örneği görülmektedir. Böyle bir uygulamada, ağaç çeşitleri ve binalar için birer şablon model oluşturulmakta ve bu şablon modeller görüntü üzerinde aranarak otomatik sayısallaştırma ve modelleme yapılmaktadır (Akçın ve Erkan, 2002).

Arazi model çalışmasında, eski haritalar, çizimler, haritacıların arazide yapmış olduğu ölçümler sonucunda elde ettikleri vektör bazlı sayısal haritalar altlık olarak kullanılabilir. Eski haritalar taranıp, sayısallaştırılarak, arazi eğrileri orijinal yüksekliklerine getirilebilir, ya da mevcut haritalardaki eğriler uçları kapalı sürekli eğrilere dönüştürülüp yükseklik verilebilir.

Son yıllarda haritacılar tarafından hazırlanan arazi haritaları, sadece 2 boyutlu çizim değil, x, y, z koordinatları belli sayısal yükseklik eğrileri olan 3 boyutlu arazi modelidir. Fakat bu haritalar oldukça ağır, açılıp, çalışılması güç dosya boyutlarına sahiptir. Dijital haritalar, haritacıların kullandıkları yazılımların olanaklarıyla hazırlanmış, kimi yerlerde uçları açık yüzlerce eğri ve çok sayıda üçgen yüzeyden oluşan yüklü dosyalardır. Bu nedenle haritaların işlenebilmesi için, öncelikle haritadaki yükseklik eğrilerinin kapalı eğrilere dönüştürülmesi ve de poligon sayılarının düşürülmesi gerekmektedir. Bu aşamadan sonra, haritadaki istenilen noktalar arasında kesit alma, ekleme-çıkarma, görüş analizleri yapma, arazi modeli üzerine görüntü kaplama gibi uygulamalar yapılabilir ve arazi modeli kontur, tel örgü ya da kaplanmış olarak görülebirlirler.

Arazi modelleri üzerine hava fotoğrafı veya uydu fotoğrafı kaplanabilir ya da topografya verileri model üzerine işlenebilir. Örneğin, Google Earth’den alınan, Photoshop’ta düzeltmeleri yapılmış görüntü ile mevcut arazi modeli karşılaştırılıp, yüzeyi kaplanmış 3B sayısal arazi modeli hazırlanabilir. Kullanılan yazılımın olanakları doğrultusunda bitki örtüsü, yollar, kaldırımlar, çevre verileri eklenerek gerçekçi modeller elde edilebilir. Daha sonra aynı yazılım paketinde veya başka bir yazılımda arazi modeli ve üzerinde yer alacak bina ya da arkeolojik bir alansa kalıntılar yerleştirilerek gerçekçi ve görsel sunumu zengin bir model elde edilebilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, haritadaki sayısal yükseklik eğrilerinin sürekli oluşu, kopukluk olmaması ve modeldeki poligon sayısının düşük olmasıdır. Eğriler sürekli olmazsa kaplama yapılamaz, ayrıca gerçek zamanlı bir simülasyon hazırlanacaksa ya da bir oyun motoru içinde bu model kullanılacaksa, modelin poligon sayısının da düşük olması gerekir.

Arkeolojik alanlarda yapılan çalışmalarda eski haritaları kullanarak hazırlanan modeller ve mevcut topografyanın modeli; araştırmacılara alanın eski durumu ve günümüz koşullarını

karşılaştırıp, daha sağlıklı analiz ve yorum yapma imkanı sağlamaktadır. Ayrıca hazırlanan çoklu zamanlı modeller sayesinde uzman dışı kişilerin de daha kolay bir şekilde mekansal verileri anlaması sağlanabilmektedir.

3.4.2 3B Modelleme Süreci

3.4.2.1 2B Referans Çizimleri

Modelleme sürecinde hazırlanacak modelin niteliğine ve kurguya göre çeşitli referanslar toplamak ya da hazırlamak gerekebilir. Arkeolojik veya tarihi eser ve yapılarla ilgili yapılan projelerde referanslar, eski arşiv bilgileri, önceden yapılmış çalışmalar, mevcut durum tespitlerinden oluşmaktadır. Mevcut durum tespiti alanda yapılan rölöveler, fotoğraf -kamera çekimleri ve ölçüm çalışmalarıdır. Ölçüm çalışmalarında fotogrametrik ya da lazer tarama gibi gelişmiş tekniklerle veri kazanımı yapıp bilgisayar ortamında dijital veri elde edilebilir ya da klasik yöntemlerle alınan ölçülerle saha çalışmasında çizilen eskizlerin de bilgisayar ortamına aktarımı yapılabilir. Veri kazanımı, önceki bölümlerde ayrıntılı bir şekilde anlatılan, ölçüm ve tespit çalışmalarında gelişmiş teknolojik aletler sayesinde çok kısa zamanda ve kolaylıkla yapılabilir. Fakat bu aletler oldukça pahalı olduğundan ve uzman kişiler tarafından kullanılması gerektiğinden henüz çok yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu nedenle, özellikle ön çalışmalarda halen klasik yöntemler kullanılmaktadır.

Sahada yapılan fotoğraf ve kamere çekimleri, doku tespitleri, krokiler, eskizler, hazırlanan çizimler, hepsi model için birer referanstır. Saha çalışmalarında alınan ölçüler AutoCAD gibi 2B programlarda dijitalleştirilerek, modele altlık olarak kullanılır. Fotoğraflar hem 2B çizimler hem de 3B model için altlık olarak kullanılabilir. Bunun yanında, Photoshop gibi 2B foto-editör programlarında düzeltilen fotoğraflar ise, ayrıca kaplama malzemesi olarak modelde kullanılabilir.

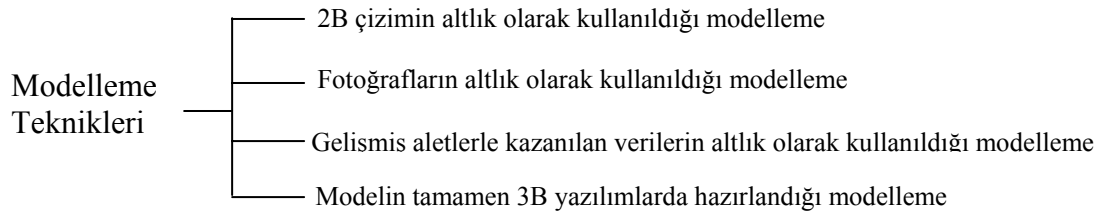
Tez kapsamında pilot çalışma alanı olarak seçilen Bodrum Pedasa Çiftlik Evi'nde saha çalışmasında alınan ölçülerle AutoCAD'de hazırlanan çizimler, Alman arkeolog Radt'ın (1970) kitabındaki Evcil Ören çizimleriyle karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Fotoğraflar Photoshop'ta birleştirilerek sahadaki eskiz çizimleriyle birlikte kesit çıkarımında kullanılmıştır. Daha sonra Radt'ın kesitiyle karşılaştırılarak yorum getirilmiştir. Çeşitli alternatif çizimler yapıp karşılaştırılarak elde edilen plan ve kesitlerle 3B model altlığı hazırlanmıştır. Sahada çekilen fotoğraflar da Photoshop'ta hazırlanarak doku ve kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır. Projenin ayrıntılı süreci 6. Bölümde anlatılmıştır.

3.4.2.2 Modelleme

Mimari bir projenin ya da arkeolojik bir alanın bilgisayar ortamında hazırlanması oldukça uzun ve zor bir süreçtir. Bu süreçte gerekli olan bilgi kazanımının nasıl yapıldığı önceki bölümlerde ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştı. Bu bölümde ve sonrasında model oluşturma ve görselleştirme adımları üzerinde durulacaktır.

Bilgisayar ortamında üç boyutlu model hazırlamak için ne modelleneceğinin kararı verildikten sonra, zaman, maliyet, teknik ekip ve projeden beklenenler doğrultusunda bunun hangi yöntemlerle yapılabileceğinin kararını vermek gerekir. Bu parametrelerin her biri süreci ve çıkan ürünün kalitesini etkilemektedir.

Sanal ortamda üç boyutlu bir objeyi oluşturma'nın çeşitli yöntemleri vardır.



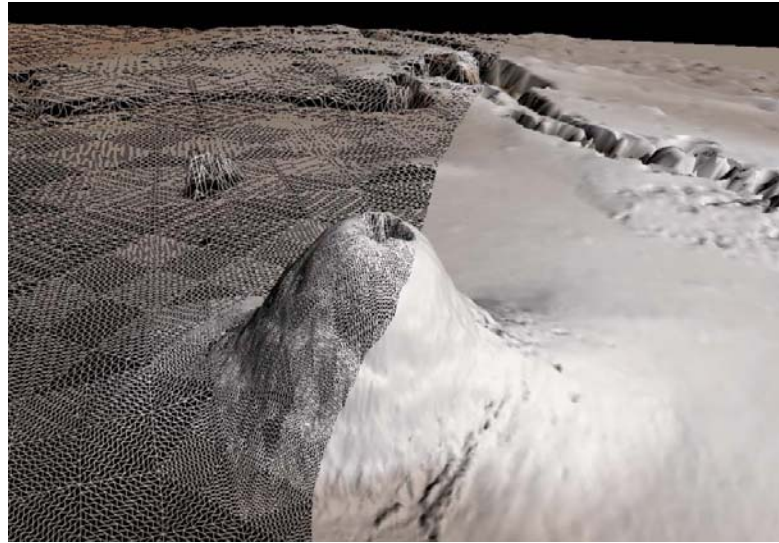
Şekil 3.10 Modelleme teknikleri

- Üç boyutlu model oluşturmak için, hazırlanacak modelin iki boyutlu çizimleri kullanılabilir. Bu işlem program olanaklarında aynı yazılım içinde ya da iki boyutlu çizim uyumlu başka bir yazılıma aktarılarak gerçekleştirilir. Burada, 2B çizgilerin uçlarının kapalı olmasına ve metrik çalışılacaksa aktarım sırasında ölçek ve layer ayarlarına dikkat edilmelidir.
- Modellenecek objenin farklı açılardan resmi varsa, bunlar da model için altlık olarak kullanılabilir. Örneğin, arkeolojik bir alanda her hangi bir objenin değişik açılardan fotoğrafları çekilip, daha sonra bunların Photoshop gibi bir yazılımlarda yatay ve düşey çizgi ayarları yapıp, üç boyutlu yazılımda ön, yan, plan görünüşe yapıştırılırsa, direk resim üzerinden oransal modelleme yapılabilir. Böyle bir çalışma ölçek ayarları bakımından çok tanımlı olmasa da, önceden alınan ölçülere referans verilerek ölçeklendirilebilir ve detaylandırılabilir.
- Arkeolojik ve tarihi alanda gelişmiş aletlerle yapılan ölçümlerden elde edilen veriler uygun yazılımlara aktararak, işlenebilir ve üç boyutlu model elde edilebilir.
- Modelin her aşaması üç boyutlu modelleme için geliştirilen yazılımlarda

hazırlanabilir. Bilgisayar modeli tel çerçeve (wireframe) ya da katı model olarak hazırlanabilir. Tabi istenirse her iki şekilde de çalışılabilir. (Şekil 3.11) Tel çerçeve modellemede her şey çizgisel olarak görülür, katı modellemede ise objeler yüzeyleriyle tanımlanır. En basit şekilde iki veya üç boyutlu primitif şekillere ya da formlara yapılan müdahaleyle modellemeye başlanabilir. Bunlar boolean işlemleri adı verilen ekleme çıkarma işlemleri ya da, primitiflere (küp, küre gibi) döndürme, bükme, uzatma gibi değiştiriciler ekleyerek yapılan işlemlerdir. Ayrıca, çizgilerle oluşturulan yüzeylerden de bir model elde edilebilir.

Günümüzde artık yazılımlar objeye çok rahatlıkla müdahale edebilmeyi sağlamaktadır. Modeller hazırlandıktan sonra da ışık, boyama, doku kaplama, kamera yerleştirme ve render işlemleri yapılarak istenilen nitelikte ürün elde edilebilir. Bazı projelerde çevre de modellenirken, bazılarında elde edilen son görselin üzerine ağaç, çiçek, insan, araba imajları eklenerek bütünlük etkisi yaratılmaktadır. Gerçek zamanlı bir projede ise düşük poligona sahip yüzeylere boyama ve kaplama işlemleri yapılarak her şey detay seviyeli olarak modellenmektedir. Dikkat edilmesi gereken nokta, senaryoya uygun tekniği baştan belirleyip, gerekli referansları da bu doğrultu da elde etmektir.

Modelleme tekniklerinde genel mantık aynıdır, fakat yazılım paketleri içindeki adları ya da değiştiricilerin aldıkları adlar değişebilir. En çok kullanılan modelleme teknikleri; Nurbs (eğrilerle), poligonlarla (çokgenlerle) ve yüzeylerle yapılanlardır. Model hazırlanırken bu teknikler birlikte de kullanılabilir. Ayrıca, Detay Düzeyli Modelleme(level of detail ,Lod) gibi tekniklerle model kontrol altında tutulabilir.



Şekil 3.11 Modelin tel çerçeve ve katı model olarak gösterimi (van Dam, 2006)

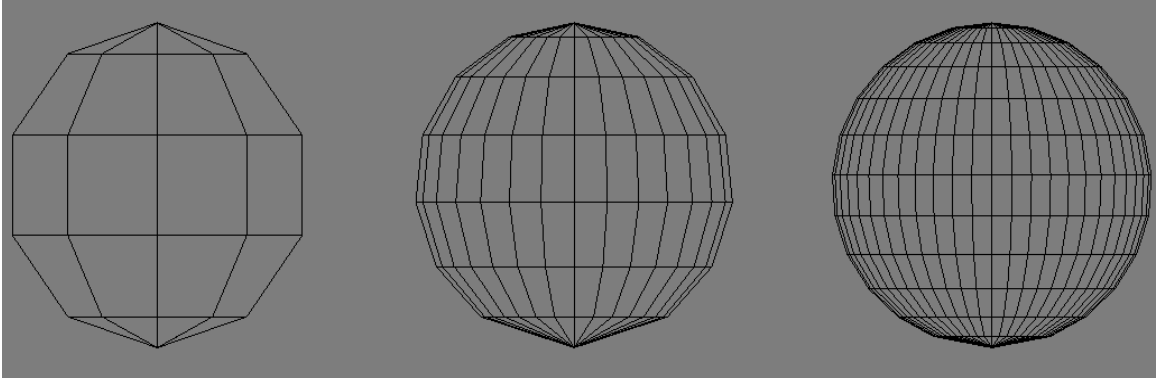
Modelleme hangi amaçla yapılacak olursa olsun uygun çözünürlük için en iyi hale getirmek önemlidir. Modellerdeki gereksiz ayrıntılar, uzun ekran güncellemeleri, yavaş hesaplama zamanları iş akışını aksatır. Modellerde gerekli ayrıntı düzeyini kontrol altında tutulmalıdır. Oyun ve simülasyonlarda kritik bir öneme sahip olan saniyedeki kare sayısı değeri, modellemede kullanılan poligon sayısına bağlıdır. Bu yüzden bu projeler mümkün olduğu kadar az poligonla modellenerek ve ayrıntılar doku kaplama yöntemi ile verilmektedir. Poligonal modelleme bu açıdan oldukça başarılı çözümler sunmaktadır. Poligonal (çokgen) modellemede objenin yüzeyleri saptamak ve bunları birleştirmek için bir dizi küçük noktaya başvurulmaktadır. Ayrıca, poligonal modelleme ile modeldeki poligon sayısını kontrol altında tutmak, kullanılan makineden, programdan ve modelden iyi performans elde etmeye yardımcı olmaktadır.

Bilgisayar grafiğinde kullanılan en popüler çizim primitifleri olan poligonlar özel grafik donanımı ile çok çabuk boyanabilir ve herhangi bir modeli kolayca tanımlayabilirler. Bazı durumlarda üç boyutlu bir modeli doğru bir şekilde tanımlamak için çok sayıda poligon kullanmak gerekebilir. Örneğin, bir küreyi modellemek için birkaç bin poligon kullanmak gerekebilir. Mevcut modelleme sistemlerinde detaylı modeller sofistike modelleme teknikleri (serbest form deformasyon, konstrüktif katı geometri vb.) geometrik primitiflere uygulanarak elde ya da gerçek fiziksel nesneler üç boyutlu tarayıcılar kullanılarak da elde edilmektedir. Her iki durumda da bu detaylı modellerin depolanması transfer edilmesi ve grafik ekranlarda gösterilmesi zorlaşmaktadır. Model karmaşıklığı (poligon sayısı) ile donanım performansı arasındaki farklılığı azaltmak için poligonal basitleştirme yapmak gerekmektedir. Böylece, modeller çok çabuk çizilip, değişik gereksinimlere göre modellerin değişik detaylardaki versiyonları kalite ve zaman kıstasları göz önüne alınarak kullanılabilir (Güdükbay, 1998).

Gerçek zamanlı simülasyonlarda, oyunlarda kullanılan modellerin düşük sayıda poligon içermesi çok önemlidir. Modelleme yapılırken baştan itibaren poligon sayısının kontrol altında tutulması gerekir. Her ne kadar poligon sayısı gözetilmeden modelleme yapıldıktan sonra da bazı programlar aracılığı ile poligon sayısının düşürülmesi de sağlanabilse de, genelde poligon sayısını kontrol altında tutarak modelleme yapmak daha çok tercih edilen yöntemdir ve her koşulda daha iyi ürün elde edilmektedir.

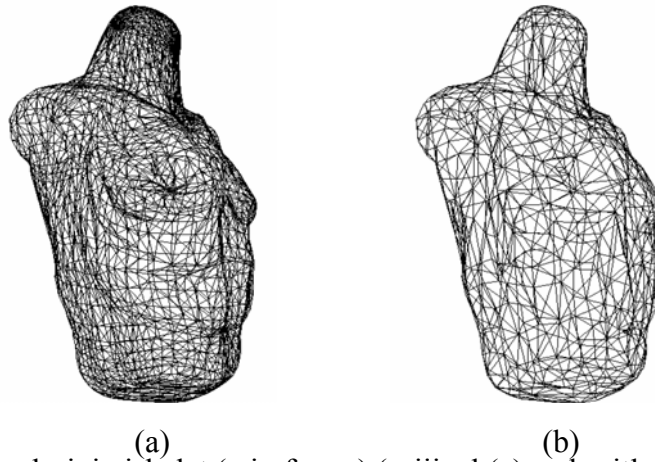
Düşük poligonlu modeller daha az sayıda üçgene sahiptir ve model hatları daha keskin olarak gözükür. Modelin poligon sayısı yükseldikçe model daha pürüzsüz ve daha detaylı gözükür. (Şekil 3.12) Bununla birlikte dosya boyutu da artar. Düşük ve yüksek poligonlu modeller

farklı tekniklerde kullanılmak için hazırlanılır ve genelde objeler hem düşük hem de yüksek poligonlu olarak yaratılır. Kullanım yerine, hazırlanan tekniğe ve detay seviyesine göre objenin düşük ve yüksek poligonlu model sayısı değişir.

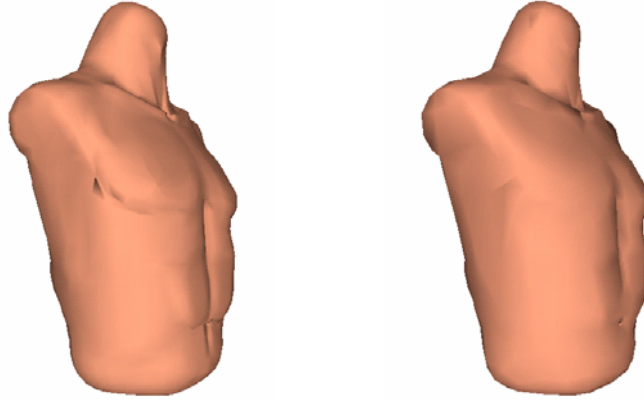


Şekil 3.12 Farklı poligon sayılarına sahip kürelerin görünüşleri(soldaki 80, ortaki 180, sağdaki 550 poligona sahip)

Aşağıda bir insan gövdesi modelinin yandan görünüşünün iskelet ve boyanmış görüntüleri verilmiştir (Şekil 3.13; Şekil 3.14). Orijinal gövde modeli 3716 adet üçgenden oluşmaktadır. Basitleştirilmiş model ise 1080 üçgen içermektedir. Poligon sayısı yaklaşık olarak 1/4 oranına indiği halde modelin şekil ve görüntüsü orijinalinden ayırt edilemeyecek kalitede olduğu görülmektedir (Güdükbay, 1998). Bu tarz modeller oyunlarda, sanal şehir çalışmalarında, simülasyonlarda, gerçek zamanlı gösterimlerde farklı teknik uygulamaları için hazırlanmakta ve böylece hafıza ve render süresi kazancı sağlanmaktadır.



Şekil 3.13 İnsan gövdesinin iskelet (wireframe) (orijinal (a) ve basitleştirilmiş (b)) modeli (Güdükbay, 1998)



Şekil 3.14 İnsan gövdesinin boyanmış (shaded) yandan görünüşü (orijinal (a) basitleştirilmiş (b)) (Güdükbay, 1998)

NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline) modelleme tekniğinde, objenin yüzeyini çizen her bir eğrinin baştan oluşturulmaktadır. Bu teknikte, çizilen pürüzsüz eğrilerle oluşturulan yüzeyler ile istenilen formda obje yaratılabilmektedir. NURBS eğrileri sayesinde, bir objenin kritik bir bölgesinden verilen yatay ve düşey kesitler yardımı ile, bütün bir model yapmak mümkün olmaktadır. Bu yöntem; organik, sıvı ve plastik objelerin, eğik yüzeylerin ya da farklı formların yaratılmasını büyük oranda kolaylaştırmakta ve yüksek kalitede model hazırlanmasını sağlamaktadır.

Gerçek zamanlı modelde kullanıcının serbest dolaşım özgürlüğünden dolayı her bina elemanının mümkün olduğunca yüksek detay düzeyinde modellenmesi gerekmektedir. Yakın ya da uzak objeler aynı yüksek detay seviyesinde gösterilirse, bilgisayar bunu kaldıramaz, düşük poligonlu olması da gerçekçiliğini azaltmaktadır. O nedenle her biri diğerinden daha karmaşık, birbirine bağlı bir dizi model serisi hazırlanır. Simülasyon boyunca kullanıcın objeden uzaklığı hangi detay düzeyinin gösterileceğini belirler. En yakına gelindiğinde en karmaşık detay seviyesi gösterilir. Yapılan işlem modelin detay seviyesini (Level of Detail) kontrol altında tutmaktır.

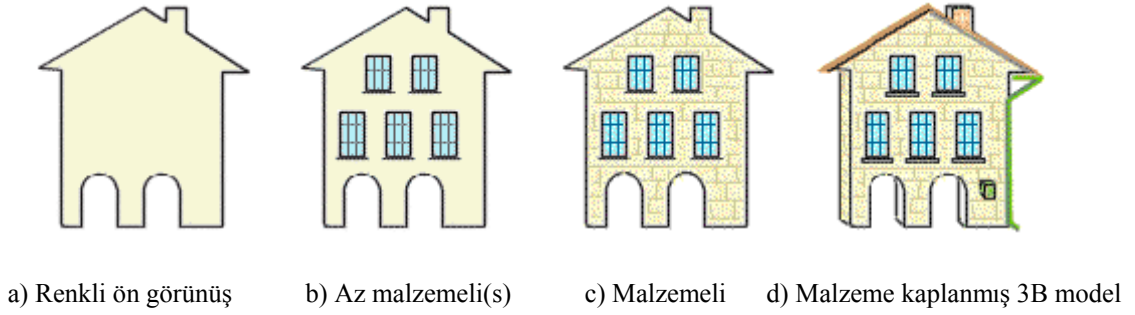
Lod (Level of Detail), genellikle 3B modellerin, kamera açısının yaklaşması ya da uzaklaşması ile poligon sayılarının azalıp çoğalarak, detay seviyelerinin de doğru orantılı olarak azalıp çoğalması olayında kullanılan bir terimdir. Herhangi bir animasyon, simülasyon ya da oyunda bu teknik kullanılacaksa önceden aynı objenin en düşüktü en yükseğe farklı poligon sayılarına sahip modellerinin hazırlanması gerekmektedir. Kameranın objeye olan mesafesine göre, en düşük ya da yüksek poligon sayısına sahip olan modeli ekranda görülecektir.

UCLA'nın hazırlamış olduğu Herodian Tapınak Dağı simülasyonunda, Kral Stoa modeli bu teknikle hazırlanmıştır. (Şekil 3.15) Bu modelde, her sütun 200 metre uzaklıkta 6 basit üçgen, en yakın olan 5 m metre uzaklıkta toplam 828 üçgenden oluşan beş farklı detay düzeyinde modellenmiştir. Buna göre bilgisayar sütunu göstermek için her 33 milyonsaniyede 20,868 render almak zorundadır. Bunun yerine sütun tek detay seviyesinde (en yüksekinde) yapılsaydı, bilgisayar buna ek olarak aynı sahnede 113,280 üçgen render etmek zorunda kalacaktı. [2]



Şekil 3.15 5 Farklı detay düzeyinde hazırlanan sütun modeli [2]

Detay düzeyli modelleme sanal gerçeklik uygulamalarından biri olan sanal şehir çalışmalarında da çok sık kullanılan bir tekniktir. Özellikle masaüstü bilgisayarları ile internet üzerinden gezilebilen sanal şehir modellerinin, kullanıcının gerçek zamanlı dolaşımı esnasında bilgisayarı çok yormayacak, hızlı render alabilecek şekilde hazırlanması gerekir. Detay düzeyli modellemede, obje kullanıcıdan uzakta ise, ekranda objenin basitleştirilmiş hali gözüktür ve o render edilir, bu da her bina için oldukça fazla sayıdaki poligon hesaplanması ihtiyacını ortadan kaldırır. Sanal şehirlerle ilgili yaptıkları çalışmalarda Zara vd. (2001) sanal evleri dört aşamalı olarak detaylandırmış ve kullanıcının uzaklığına göre ev modelinin en basitten en karmaşığa sahnede görünmesini sağlamışlardır. (Şekil 3.16) Çalışmada, basitleştirilmiş görünüm iyi gözükmemeye başladığında bir üst detaylı modelin sahnede görünmesi sağlanmıştır. Böylece hafıza ve hız kazanımı sağlanarak, performans artırılmıştır. (Zara vd., 2001).



Şekil 3.16 Sanal evlerin 4 farklı poligon sayısına sahip olarak hazırlanmış modelleri (Zara vd., 2001)

Özellikle etkileşim ortamı olan oyunlarda, simülasyonlarda ve arazi modellerinde karmaşık yapılarından dolayı detay düzeyi oldukça önemlidir. Düzenli olarak ölçüm yapılmalı ve yüzey sayıları kontrol altında tutulmalıdır. Modelin detay seviyesini azaltmak için geometri üzerinde bazı oynamalar yapılabilir. Kenarlar, vertexler, üçgenler ya da poligonlar elle birleştirilerek ya da kaldırılarak model hafifletilebilir. Hazır programlar yardımıyla modelin poligon sayıları düşürülebilir.

Ayrıca üç boyutlu grafik uygulamalarında, görünür yüzey tespiti de yapılması gerekmektedir. Ekranda görüntülenmesi gereken ve gerekmeyen yerler tespit edilerek, görülür kılınır veya saklanır. Gerçek zamanlı görüntüler elde etmek ya da gerçekçi görüntüler elde etmek için kullanılan yöntemler farklıdır. Geliştirilen algoritmalarla ekrandaki görüntülerin sıralaması yapılarak, görünür detaylı bilgi elde edilmektedir.

3.4.2.3 Kaplama ve Renklendirme

Modellemeye genelde basit objelerden başlanılır ve daha sonra bunların üzerinde değişiklikler yapılarak nesneler modellenir. Tüm 3B çizim programlarında küp, küre, silindir, koni gibi primitif şekiller hazır olarak bulunur. Ham model hazırlandıktan sonra, modellemenin en önemli adımlarından biri olan kaplama ve boyama işlemleri yapılır. Obje modelleme de olduğu gibi, kaplama ve boyama için de bir sürü teknik geliştirilmiştir. Gerçek zamanlı sanal gerçeklik uygulamalarında kullanılan modelleme ve kaplama teknikleri herhangi bir tek kare ya da animasyon için kullanılanlardan farklıdır. Çünkü gerçek zamanlı modellerde render hızı ve performans çok önemlidir. Detay düzeyli modelleme, poligonal modelleme gibi tekniklerden modelleme bölümünde bahsedilmişti. Bunların yanında, oyun ve simülasyon gibi gerçek zaman uygulamalarda kaplama aşamasında ise değişik malzeme bilgileri (parlaklık, yansıma, renk, girinti, çıkıntı, eğim, yükseklik) harmanlanarak elde edilen kaplama az

poligonlu modelde pişirilmektedir.

Modelleme esnasında genellikle elle çizilmiş referans resimler ya da fotoğraflar kullanılır. Çeşitli açılardan (ön, arka yan gibi) çizilmiş/çekilmiş resimler/fotolar 3B çizim programında görüntülenir ve bu resimler referans olarak kullanılarak, model hazırlanır. Modeldenmiş objelerin üstüne hazırlanan dokuları kaplayabilmek için dokunun hangi kısımlarının modelin neresine kaplanacağını belirtmesi gerekir. Bu işlem için geliştirilmiş özel programlar da vardır, fakat 3B programlar kendi olanaklarıyla da bu işlemler yapılabilir. Örneğin, 3ds Max’de bu işlem UVW Unwrap değiştiricisi ile yapılabilir. UVW değiştiricisi ile, doku kaplamalarının düzlemsel, silindirik, küresel, kutu, yüzeye dik, kameraya dik veya koordinat sistemine dik olup olmadığı belirtilerek, UVW Unwrap değiştiricisi ile, doku haritalaması, yüzeye ait kontrol noktalarının konumuna bağlı olarak şekillendirilebilir.

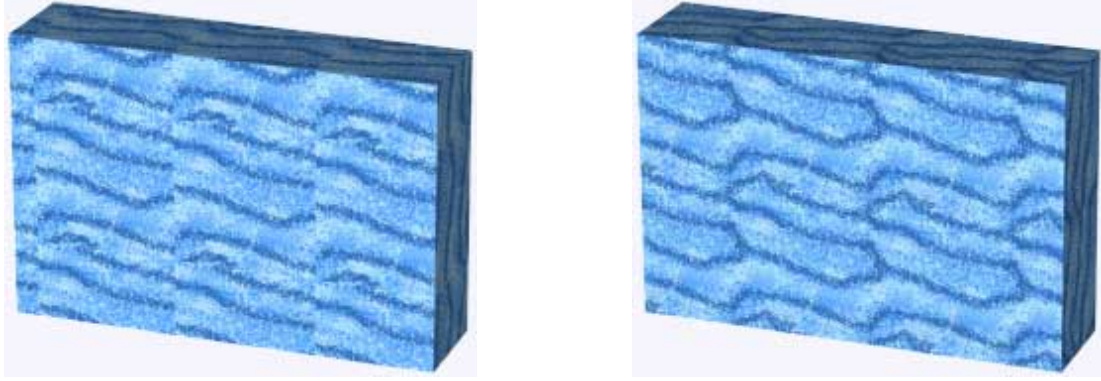
Doku kaplama yöntemi kullanılarak, iki boyutlu resimlerin ya da prosedürel yöntemlerle tanımlanmış dokuların obje yüzeyi üzerine kaplanması yoluyla ayrıntılı yüzeylerin oluşturulması mümkündür. Örneğin, taş kaplamadan oluşmuş bir duvarın her ayrıntısını birçok poligonla modellemek yerine, taş kaplı bir duvar resmi tek bir poligonun üzerine kaplanabilir. Böylece daha gerçekçi sonuçlar daha hızlı, daha kolay ve daha az bellek kullanılarak elde edilir (Çetin ve Güdükbay, 2006).

3B programlarda yüzey özelliklerinin belirtilmesi ve yüzeylerin dokularının atanması sürecinde, sahnede kullanılan modellerin rengini, yüzeylerinde kullanılmak istenen dokuyu, modellerin meydana geldiği materyalleri, değişik yüzey özelliklerinden yararlanarak elde edebilir. Gerçek hayatta her madde, ışığa değişik şekillerde tepki vermektedir. Mesela bazıları ışığı emer, bazıları ise oldukça sert olduklarından ışığı güçlü bir şekilde yansıtabilirler. Bazı maddeler ise ışığın geçmesine izin vererek, şeffaf görünüşler elde etmemizi sağlar. Bunlar gibi birçok özelliği programlarda canlandırmak için gerekli tüm araçlar günümüzde mevcuttur. Bu araçlardan faydalanarak gerçek hayattaki gibi gerçekçi görüntüler elde edilebilir.

Taranmış, fotoğrafı çekilmiş ya da çizilmiş doku resimlerinin 3 boyutlu yüzeye kaplama malzemesi olarak hazırlama işlemleri 2B programlarda yapılmaktadır. Resimlerin ışık, gölge, renk ayarları yapılarak tekrar eden dokular hazırlanabildiği gibi tamamen 2B programın olanaklarıyla da doku oluşturulabilmektedir.

Dokuların en önemli özelliklerinden biri kaplandığı yüzeyde tekrar edebilmesidir. Buna “tiling” denir. “Tile” (dizme) özelliği ile küçük bir doku parçası, yan yana, alt alta dizilerek

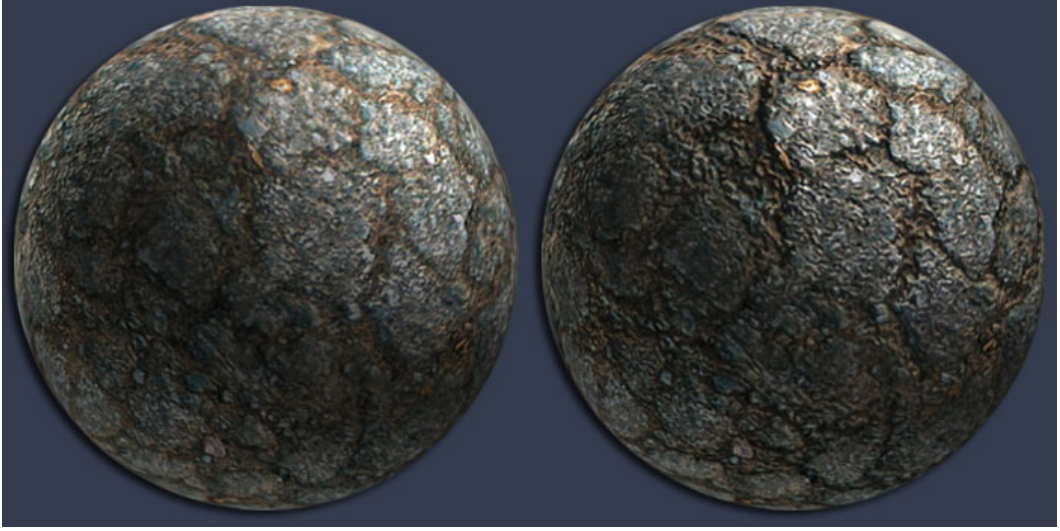
bütün bir doku izlenimi verilebilmektedir. Bu sayede gerçek kaplama etkisi verilebilmektedir. Aksi takdirde, çok büyük bir alana küçük bir doku yayıldığında bulanık ve istenilmeyen bir görüntü ortaya çıkmaktadır. Burada, doku parçalarının yan yana dizildiği kenarlarla bir bütün oluşturup oluşturmadığına dikkat edilmesi gerekmektedir. Tekrar eden doku parçaları birbirini takip etmezse bütün bir doku izlenimini vermez.



Şekil 3.17 Doku tekrarı yapılmamış (soldaki) ve yapılmış (sağdaki) kaplama örnekleri [3]

Modele doku kaplama aşamasında, “**normal mapping**” ve “**bump mapping**” gibi tekniklerle doku üretmek için görünmesi istenen her türlü detayın modellenmesi gerekir. Yani bu dokuları üretmek için oyunda ya da simülasyonda kullanılacak olan modele göre daha detaylı bir model yapmak gerekmektedir. Gerçekçi ve kaliteli bir model hazırlamak için bu tekniklerin kullanmakta fayda vardır.

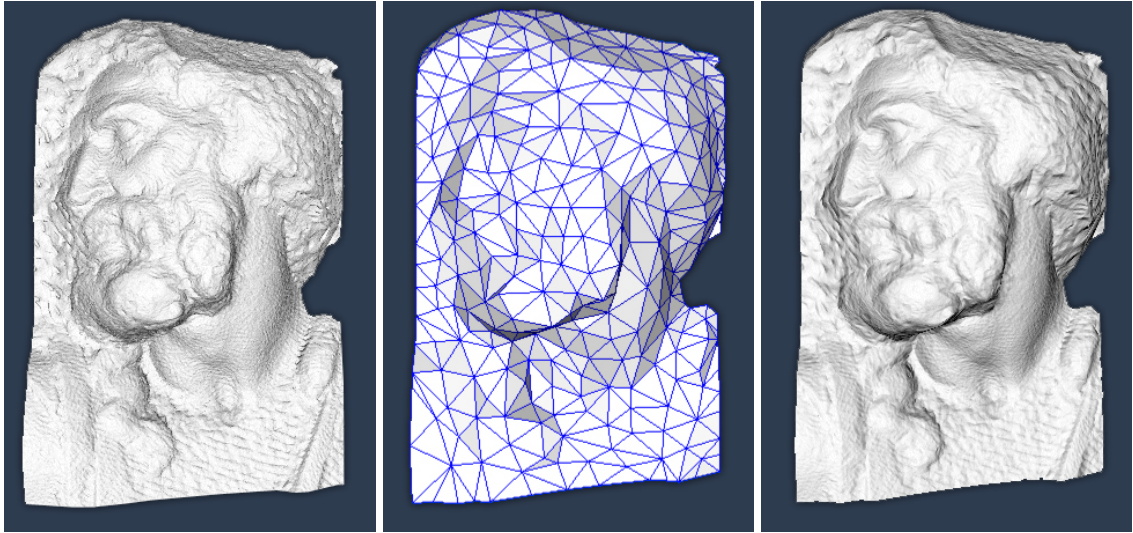
Normal mapping oldukça yeni bir teknik olup, herhangi bir yüzeyde pürüz, girintili çıkıntılı bir doku oluşturmak için kullanılan **bump map**in yerini almıştır. “**normal map**”e “**normal bump map**” de denmektedir. Blinn, 1978 yılında, nesnenin geometrik yapısını değiştirmeden nesneye pütürlü, girintili çıkıntılı ya da kırışmış görünümü vermek için bump mapping yöntemini geliştirmiştir. Bu yöntemde, aydınlanma hesaplamalarında kullanılan normal vektörü, nesneye kaplanan dokuya bağlı olarak değiştirilir. Blinn’in yöntemin önemli bir dezavantajı, nesnenin silüetinin düzgün gözükmemesidir. Pütür kaplama nesnenin geometrisini değiştirmedeğinden dolayı, nesnenin silüet görüntüsü de değişmez (Çetin ve Güdükbay, 2006). **Bump map**de ışık değerlerine göre alçak ve yüksek bölgeler boyanarak girinti ve çıkıntı etkisi verilmeye çalışılır. Ayrıca **bump map** 16 bit ve gri ton değerlerinde çalışılırken, “**normal map**”de 24 bit (16 milyon renk) ve RGB ile CMYK değerlerinde çalışılabilir. Şekil 3.18’de görülen renklendirilmiş ve **bump map** verilerek hazırlanan malzeme ve bu malzemeye **normal map** uygulandıktan sonraki görüntüsü, **bump map** ve **normal map** arasındaki farkı ortaya koymaktadır.



Şekil 3.18 Malzeme topuna renk+bump map ve renk+bump map+ normal map uygulama örneği [4]

“**Normal map**” doku tipi, yüksek detaylı modellerin yüzey formlarının kaplama sırasında düşük detaylı yüzeylere uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Bu sayede, sahneler kaplama aşamasında detay kaybı hissedilmeden sadeleştirilmektedir. Bu yeni doku tipini hazırlarken 2 boyutlu boyama programlarında kullanılacak dokuların oluşturulması ve yüksek detay seviyesi içeren nesnelerin yüzey formu görsel dosyalarına (jpg, tga, tiff vd.) aktarılması gerekmektedir. Daha sonra, ilk işlemde oluşturulan görsel dosyalar **normal map** doku tipine atanarak, hızlı kaplama sürelerinde yüksek kaliteli çıktılar elde edilmektedir.

Şekil 3.19’de görüldüğü gibi düşük poligon sayılı modele normal map tekniğiyle kaplanan doku ile 4 milyon poligonlu orijinal modeli arasında bir fark olmamakla birlikte, bu şekilde hazırlanan modelin kullanılmasıyla hem modelin gerçekçiliği artırılmış olmakta, hem de hafıza ve gerçek zamanlı render süresi kazancı sağlanabilmektedir. Aksi takdirde 4 milyon poligona sahip birkaç modelin gerçek zamanlı simülasyonda kullanılması düşünülemez.



Orijinal hali
(4 milyon üçgen)

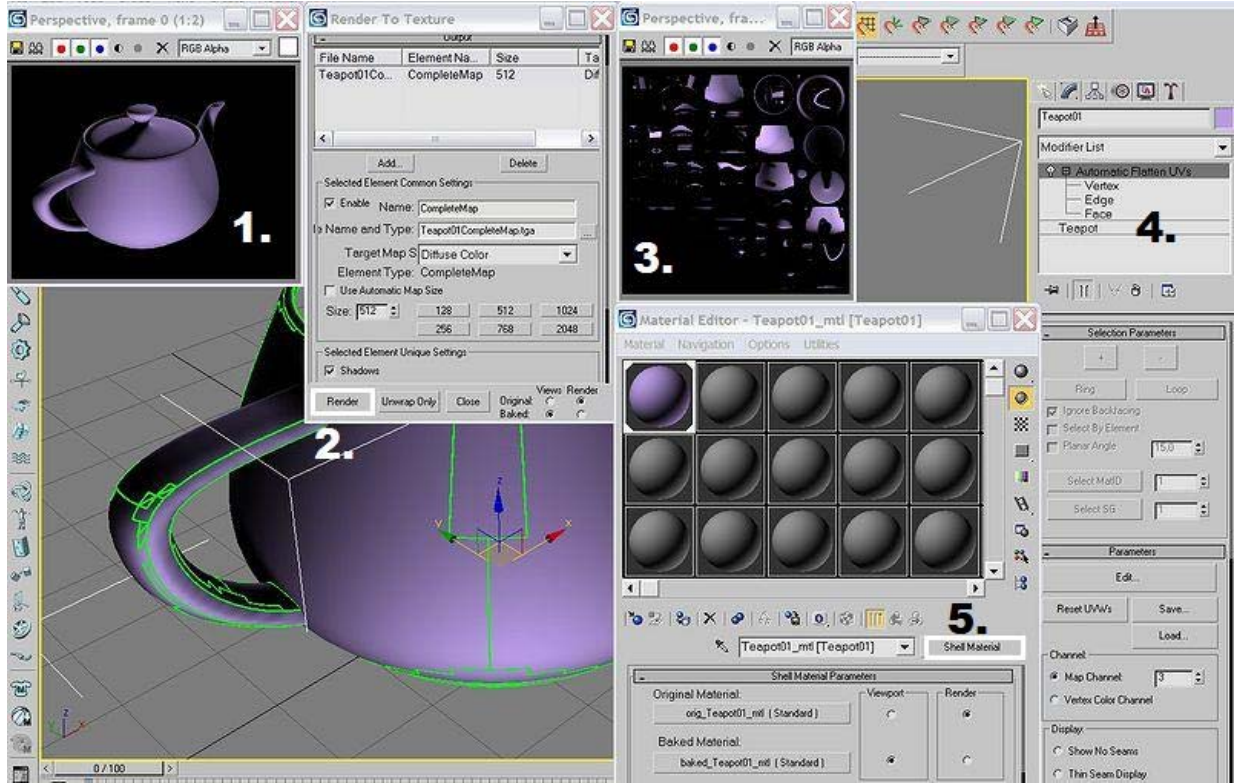
Basitleştirilmiş hali(500
Üçgen)

Basitleştirilmiş Haline Normal
Map Uygulanmış Görüntüsü
(500 Üçgen)

Şekil 3.19 Normal map örneği [5]

Oyunlarda genelde düşük poligonlu (low poly) modeller kullanılır. Ancak, detay seviyesi fazla olmadığından bu tür modeller çok gerçekçi görünmezler. Yeni oyunlarda **normal map** tekniği sayesinde yüksek poligonlu model bilgileri referans alınarak düşük poligonlu modele gömülerek detaylı ve daha gerçekçi modeller hazırlanabilmektedir. Ayrıca, **normal map** kullanımı 3B sahnenin karmaşıklığını azaltarak render süresini kısaltmakta ve gelişmiş performans sağlamaktadır.

Objenin modeli ve 2 boyutlu programlarda kaplaması hazırlandıktan sonra, ışık, gölge, parlaklık gibi değerleri de hesaplanarak bütün bu özelliklerin hepsi pişirilmektedir. **Doku pişirme (texture baking)** denilen bu işlem render süresini ciddi boyutlarda kısaltmaktadır. Doku pişirme çalışması yapılarak nesnenin doku, ışık, gölge gibi nitelikleri nesne için bir kaplama olarak kaydedilebilmektedir. 3ds Max'de **Render to Texture (Şekil 3.20)** aracı ile yüzeylerin form, ışık, gölge, parlaklık, yansıma özellikleri dokuyu oluşturan görsel dosyalara aktarılıp, daha sonra malzeme olarak objeye verilebilmektedir. “**Render to Texture**” işlemi sırasında pişirilecek olan doku özellikleri hazırlanır ve sonra da “render” edilir, yani bütün özellikler **pişirilir (baking)**. Bir nesnenin malzemesi pişirildikten sonra, nesne tüm ışıklardan, hariç tutulabilir ve ışıklandırma, gölgeler, yansımalar, veya prosedürel kaplamalar için hesaplama yapılmasına gerek kalmaz. Sadece hareketli ve gerekli objeler için ışık ve gölge değeri hesaplatılarak, render hızı artırılabilir.



Şekil 3.20 3ds max'de render to texture arayüzü [6]

3.4.2.4 Işıklandırma

Oluşturulan sahneler, sınırsız sayıda noktasal, spot, doğrusal ve alanı tanımlı ışık kaynakları ile aydınlatılabilir. Burada önemli olan gerçekçi bir görüntü elde etmek için ışık-nesne etkileşimini ve özelliklerini iyi bilmektir. Bu nedenle, ışık kaynakları ve malzeme özellikleri hakkında doğru bilgilere sahip olmak gerekmektedir. Her ışık kaynağının farklı aydınlatma değeri ve aydınlatma şekli, her malzemenin farklı yansıma değeri vardır.

Sahneде bulunan yüzeyler hem ışık kaynakları tarafından doğrudan hem de diğer yüzeyler tarafından yansıtılan fotonlar tarafından dolaylı olarak aydınlatılırlar. Yani ışık kaynaklarının aydınlatma değerleri verilirken sahnede bulunan nesnelerin birbirleri arasındaki ışık etkileşimlerinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Gerçek hayattaki ışık etkisini bilgisayar modelinde yakalamak oldukça zordur. Aydınlatma modeli ışık rengi, yoğunluğu, yüzey rengi, yüzey normalleri, ışığın ve nesnenin konumu, kaynağın çeşidi gibi bir sürü değişkene bağlıdır.

Klasik render yöntemlerinde sadece ışığın çarptığı yüzeyler aydınlatılır (Direct Illumination, DI). Ama gerçek hayatta ışık ilk çarptığı yüzeyde durmayıp, yüzeylerden sekerek, aydınlatmaya devam eder. Bunu bilgisayarda elde etmemizi sağlayan aydınlatma modeli ise

Global Illumination'dır (GI). GI'nin hesaplanması için farklı yöntemler vardır. GI, DI'a göre çok daha gerçekçi sonuç verirken, hesaplaması çok daha uzun sürer. Çünkü Direct Illumination'da ışığın bir noktadan sonra aydınlatma etkisi hesaplanmazken, GI'de çok daha karmaşık ilişkiler ve ışının yayılması göz önüne alınmak zorundadır. Aydınlatmada çevre ışığı (Ambient Light) çok önemlidir. Ambient Occlusion ise, tam GI hesaplaması yapmadan, ortamın aydınlatma (ambient) etkisini canlandırmayı sağlayan bir tekniktir (Çetin ve Güdükbay, 2006). Ambient Occlusion'da sahnede bulunan tüm nesnelerin ortam ışığından aynı oranda etkilenmediği düşüncesinden hareket edilmektedir. Bu teknikte, ışıktan çok, aydınlatılan yüzeyin ne kadar ışık alabileceği saptanmaya çalışılmaktadır. Bunların yanında, objelerdeki yansıma yüzey özelliğine göre dağınık (diffuse) veya düzgün (specular) olabilmektedir. Şekil 3.21'de Mueller vd.'nin (2004) Sagalassos'da yapmış oldukları çalışmadaki ışık denemeleri ve etkileri görülmektedir.

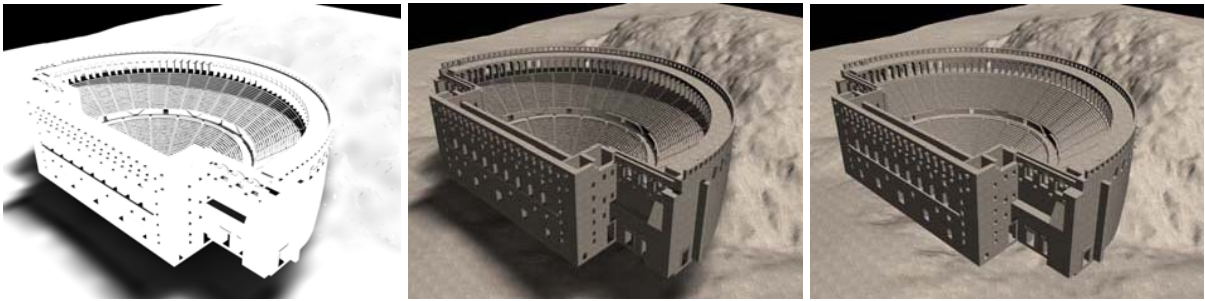


Şekil 3.21 'Global İllumination'(yukarıda) ve 'Ambient Occlusion'(aşağıda) tekniklerinin karşılaştırması (Mueller vd. 2004)

3 boyutlu yazılım paketleri içindeki ışık kaynakları yanında, piyasada gerçekçi ışıklandırmalar için yazılmış bir sürü plug-in, script ve hatta sadece ışıklandırma için tasarlanmış programlar mevcuttur. Burada önemli olan ışık, malzeme ve renk bilgisine sahip olup, yazılım paketleri içindeki veya eklentilerdeki doğru ışık kaynaklarını bulup, kullanabilmektir.

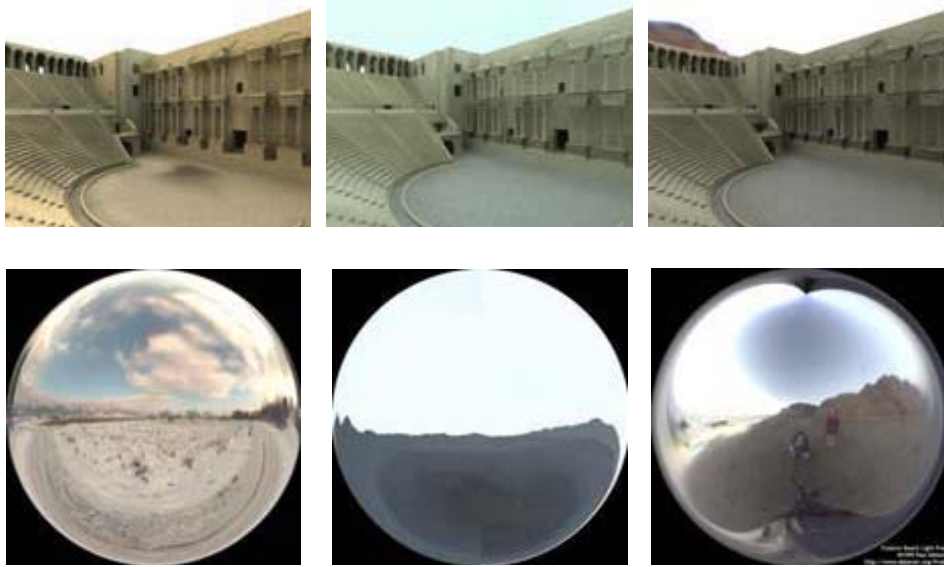
Işık-nesne ilişkisinde doğru ışık kaynağı seçimi nesne dokusu, konumu, rengi, nesnenin diğer nesnelerle olan ilişkisi gibi bir çok değişkene de bağlı bir seçimdir. Kimi yüzeyler ışığı yansıtır, kimi emer, renkli bir yüzeyi aydınlatan ışığın tayfsal özellikleri değiştiğinde, yüzeyin görünen rengi de değişir. Ayrıca, ışık ve beraberinde gelen yansıma ve gölge hesapları oldukça fazla zaman alan bir süreçtir.

Tarihi yapıların görsel simülasyonları hazırlanırken yapıdaki gereçlerin ve aydınlatmada kullanılan ışık kaynaklarının renksel ve ışıksal özelliklerini olabildiğince gerçek durumlarında yansıtılmak istenir. Bu nedenle de farklı programlar kullanarak bu gerçekçilik sağlanmaya çalışılır. Yılız Teknik Üniversitesinin Restorasyon Bölümünün, Aspendos Tiyatrosu'nda yapmış olduğu uygulamada gerekli veriler elde edildikten sonra 3ds Max ve Photoshop programlarını kullanarak yapının üç boyutlu modeli oluşturulmuştur. Işıklandırma aşamasında Antalya Bölgesinin gün ışığına ilişkin verileri göz önüne alınarak söz konusu üç boyutlu modele yayınlık ışık (gök ışığı; diffuse map) ve baskın doğrultulu ışık (güneş+gök; light map) olmak üzere iki ayrı yaklaşım uygulanmış ve gerçek zamanlı (real time) görüntüler elde edilmiştir. Aspendos tiyatrosunun yayınlık ve baskın doğrultulu ışıklar için gerçek zamanlı dokulandırılmış durumlarına (diffusemap and Lightmap and real time, multi-texturing) ilişkin örnekler Şekil 3.22'de gösterilmiştir (Unver vd., 2005).



Şekil 3.22 Aspendos Tiyatrosunun baskın doğrultulu ve yayınlık ışık için ve gerçek zamanlı dokulandırılmış yaklaşımları (Unver vd., 2005)

Ayrıca, projede yayınlık ve baskın doğrultulu günışığının gerçek zamanlı simülasyonu için yeni renklendirme ve aydınlatma teknikleri (High Dinamic Range, HDR ve Image Based Lighting, IBL) araştırılmış ve yeni bir program geliştirilmiştir. (Şekil 3.23) Böylece, aydınlatan ışık tayfının değişmesine bağlı olarak yüzeylerdeki renksel değişimler (yüzeylerin değişik görünen renkleri) ile aydınlatan ışığın doğrultu özelliklerinin değişmesine bağlı olarak gölge özelliklerindeki değişimleri ve bu bağlamda değişik doku görünümelerini gerçek zamanlı olarak izlemek olanaklı olmuştur (Unver vd., 2005).



Şekil 3.23 HDR- IBL aydınlatma durumu (MIRALab – University of Geneva)

Oyun ve simülasyon modellerinde sabit objelerde ışık, gölge ve yansıma özellikleri diğer özelliklerle birlikte pişirilip oluşturulan yeni kaplama içinde gömülerek objeye kaplandığından ve ışıklandırmalardan hariç tutulduğundan, bu objeler için dolaşım sırasında ayrı bir ışık hesabı yapılmamaktadır. Hareketli nesneler için gerçek zamanlı ışık, yansıma ve gölge hesaplaması yapılması yeterli olmaktadır. Sonuç üründe bütün nesnelerde ışık ve gölge etkisi görülebilmektedir.

3.4.2.5 Rendering

Eskiden tasarlanan binaların imal edilmesi sonucunda nasıl görüneceği elle çizilen perspektiflerle anlatılırdı, günümüzde ise tasarımcı ve kullanıcı arasındaki iletişim ihtiyacını karşılamak için bilgisayar ortamında hazırlanan modellerin render denilen resim çıktıları sayesinde görüntüler üretilmekte ve fikirler etkin bir şekilde aktarılabilir. Rendering

Render, hazırlanan modelin ekranda tek görüntü kareleri olarak gözükmesi için yapılan işlem, süreç, aşama, komut, modeli resim haline dönüştürme, ifade etme, anlatma, resmetme, yapay görüntü üretme, mimari görselleştirme, görselleştirme, sunum gibi bir çok anlamda kullanılmakla birlikte net bir karşılığı henüz bulunamamıştır. Günümüzde ise render denildiği zaman foto-gerçekçi görüntü üretimi akla gelmekle birlikte, rendering bununla sınırlı değildir.

Görsel algı dış dünya hakkında insana oldukça fazla bilgi sağlar. Nesnelerin form, doku, renk, konum gibi bilgileri nesne- ışık etkileşimi sonucunda netlik kazanır. Görsel sistem bu sentezi yapar. Işık geliş açısına göre nesne yüzeyleri değişik parlaklıklarda görünür. Bilgisayar

grafiklerinde ilk önceleri her bir yüzey, yüzeyin orta noktasının ışık kaynağı ile olan açısına bakılarak tek bir tonda boyanmış, fakat cismin değişik noktalarının ışıkla olan açısı farklı olduğundan başarılı sonuçlar alınamamıştır. 1971’de Henri Gouraud, 1975’te de Bui Tuong-Phong kendi isimleriyle anılan tonlama yöntemlerini geliştirmişlerdir (Özdaş, 2005).

Çizelge 3.1 Render ve tonlandırma yöntemlerinin tarihsel gelişim tablosu

Yöntemin Adı	Yöntemi Geliştiren	Yöntemin Geliştirilme Tarihi
Gouraud Yöntemi	Henri Gouraud	1971
Phong Tonlandırma Yöntemi	Bui Tuong-Phong	1975
Bump Kaplama	James Blinn	1976
Işın İzleme (raytracing)	Turner Whitted	1980

Gerçek zamanlı render yapan donanımların çoğu halen Gouraud yöntemi kullanmaktadır. Gouraud tonlandırma yöntemi basit ve hızlı bir yöntemdir. Bu yöntemde yüzeylerin (genelde üçgen) köşelerindeki aydınlanma hesaplanır, aradaki alan ise bu değerler kullanılarak yumuşak geçiş yapacak şekilde hızlıca doldurulur. Fakat bu yöntem kullanıldığı zaman düzgün ve pürüzsüz yüzeylerde gözlenen düzgün yansıma bileşeni çoğunlukla yanlış hesaplandığından yanlış görüntüler ve canlandırmalarda rahatsız edici aydınlık değişimleri gözlenir. Phong tonlandırma yöntemi Gouraud tonlandırma yöntemine göre daha düzgün ve kaliteli sonuçlar verir. Ancak Phong tonlandırma yönteminde görüntülenen her piksel için aydınlanma hesaplanması düzlemsel parçalardan oluşturulmuş eğri yüzeylerin Gouraud’a göre daha yumuşak ve doğru görünmesini sağlarken, yönteminin çok daha yavaş olmasına neden olmaktadır. Günümüzde donanımlar bu hesapları otomatik olarak yapmaktadır (Özdaş, 2005; Çetin ve Güdükbay, 2006).

1976 ise James Blinn phong shader ve doku kaplamasının öğelerini birleştirerek bump kaplamasını oluşturmuştur. Blinn, Phong tonlamada yüzey normalleri hatalı bir şekilde bozulması ve iki boyutlu resimlerin üç boyutlu yüzeyler üzerine duvar kağıdı gibi kaplanabilmesinden yola çıkıp, normalleri bozarak (pürüzsüz bir görünüm yerine) girintili çıkıntılı bir görünüm elde etmek için gri ölçekli resim kullanma fikrini geliştirmiştir. Bu

teknikte, Gouraud ve phong shading de olduğu gibi nesne geometrisi etkilenmemekte ve uygulama nesnenin silüetinde ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte Blinn'in buluşu üç boyutlu render işlemine yeni bir gerçekçilik kazandırmıştır. Gereken durumlarda doku ve bump kaplamaları bir arada kullanılarak orta derecede ayrıntılı bir üç boyutlu modelle birleştiklerinde gerçekçi üç boyutlu rendering işlemleri elde edilebilmektedir. [7]

1980 yılında ise Turner Whitted ışın izleme (raytracing) adında yeni bir render tekniği geliştirmiştir. Bu teknik kameranın render düzleminde çalışarak sonuç resmine ait her bir pikseli sanal sahneye kadar izlemektedir. Işınlara sahneye doğru sekerek yüzeylere veya ışıklara çarpıp ve buna uygun olarak da piksellerin rengini değiştirmektedir. Işınları yansıtan ve kıran yüzeyler - piksellerin rengini değiştiren daha fazla sayıda ışın oluşturmaktadırlar. Daha fazla hesaplama gerektirmesine rağmen bu teknikle daha gerçekçi ve hassas yansıma ve kırılma sonuçları elde edilir. Işın izleme özellikle krom ve cam yüzeyler için kullanılmaktadır. [7]

Render işlemi modelin son halinin ve emeğin görüntüsü olduğu için bunun kalitesi, aynı zamanda başarının da boyutunu göstermektedir. Modelleme tekniklerinde olduğu gibi render teknikleri de sürekli değişmekte ve gelişmektedir. Son yıllarda bilgisayar teknolojisindeki ve beraberindeki bilgisayar grafiklerindeki gelişmeler render motorlarında da bir sürü yenilik getirmiştir. Her geçen gün yazılımların render motorlarındaki özelliklerinin değişmesi ve gelişmesi görüntü kalitesini ve çıktı süresini ciddi ölçüde etkilemektedir.

Render işlemi sırasında süreyi hızlandırmak ve render kalitesini arttırmak için, önceki bölümlerde ayrıntılı bir şekilde anlatıldığı gibi, gelişmiş modelleme, kaplama (**Doku pişirme-texture baking**) ve ışıklandırma teknikleri geliştirilmiştir. Bunların yanında, bilgisayarın donanım ve yazılım gücü de render süresini etkileyen önemli faktörlerdendir. Karmaşık modellerde, oyun ve simülasyonlarda hızlı bir render için iyi bir işlemci, hafıza ve ekran kartı gerekir.

Genel olarak yazılım paketleri içinde kendi render motorları bulunmaktadır. Fakat bazı programlar model hazırlamada başarılı sonuç alınabilirken, renderda istenilen sonuç alınamamaktadır. Bu gibi durumlarda modelin hazırlanması, kaplanması, ışıklandırılması ya da render edilmesi farklı programlarda yapıp, sonuç ürünler birleştirilmektedir. Modelden beklenen performansa, sonuç ürünün niteliğine, nasıl bir ürün elde etmek istendiğine (animasyon, gerçekçi), bütçeye ve yazılımla olan uyumuna göre hangi render motorunun kullanılacağına karar verilmektedir.

3 boyutlu oyun programlarının kendi render motorları içinde render alınabildiği gibi, bu programlara plug-in veya script eklenerek veya özel olarak program yazılarak render da alınabilir. Piyasada render almak için yazılmış programlarda vardır. Örneğin, 3ds Max programında Mental Ray Render Motoruyla ya da programa V-Ray gibi bir plug-in eklenerek V-Ray Render Motoru ile render yapılabilmektedir. V-Ray Renderer, Brasil r/s, Maxwell Render, Final Render piyasada en çok kullanılan render motorlarıdır.

3.4.3 Görselleştirme

Geçmişe ait ve geçmiş herkesin aynı şekilde algılayıp, en iyi şekilde anlayabildiği belgeler görsel olanlardır. Görsel bilgilerin evrensel bir boyutu vardır ve herkes bu bilgileri anlayabilir. Eski bir uygarlığa ait yazılı bir belge çevirisi yapılmadığı sürece dönemle ilgili çok fazla bir bilgi vermez, fakat resimler, heykeller, kağıt ya da kumaş üzerine çizilmiş illüstrasyonlar gibi görsel belgeler herkes için daha çok şey ifade eder.

Düşünceyi ya da var olanı görselleştirme çabası eskiden beri insanoğlunun yaşama deneyimini aktarmadaki en etkili yoldur. İnsanoğlu kendi gerçekliğini, yani maddi dünyayı kavrayabilmek için özgür üretim süreci içinde sanat eserlerinde önceleri maddi dünyayı taklit etme, sonraları da benzerini yaratma çabası içine girmiştir. Bu çabanın değerlendirilmesinde de en benzeyen en üstün olarak nitelendirilmektedir. Günümüzde bilgisayar grafikleri, yapay zeka mantığıyla gerçek ya da hayal edilen dünyaları sanal ortamlarda oluşturarak düşünceleri gerçeğe en yakın şekilde görselleştirme ve hatta bu dünyalara müdahale etme çabası içindedirler.

Gelişen toplumların çoğunluğu, şimdilerde, daha çok kullanıcı kolaylığına, daha etkili servis desteğine önem veren, kullanıcı yetkisini ve insan etkileşimini destekleyen, kullanıcıya yardımcı teknolojiler geliştirme çabasındadırlar. Bu nedenle teknolojik gelişmeler günden güne her sektörde kendini göstermektedir. Bilgisayar teknolojilerinin gelişmesinden sonra, görselleştirme tekniklerine olan ihtiyaçlar da yavaş yavaş artmaktadır. Şimdilerde, üç boyutlu senaryoların ve dünyaların görselleştirilmesi başlı başına bir sektör olarak büyük bir gelişme ve büyüme içindedir. Herhangi bir görselleştirme algoritmasının çalışacağı donanım ve yazılım da uygulama alanlarında olduğu gibi çeşitlilik göstermektedir. Grafik çalışma istasyonları, gelişmiş sunum aletleri ve yüksek performanslı bilgisayarlar her çeşit görselleştirme problemini çözmeye çalışmaktadır.

Günümüzde mimarlar tasarım düşüncelerini kullanıcılara aktarırken eskiden olduğu gibi iki boyutlu eskiz ve perspektif çizimler yerine bilgisayar ortamında hazırlanmış ve projenin

bitmiş halini, gerçeğe çok yakın bir şekilde gösteren resim çıktılarını kullanmaktadır. Hatta projenin yaşam senaryolarıyla birlikte hazırlanan modelleri içinde mekan deneyimini kullanıcılarla birlikte yaşamakta ve karşılıklı fikir alışverişinde bulunabilmektedirler. Aynı şekilde arkeologlar da sorgulamalarını eskinin yeniden inşa edildiği bilgisayar modellemelerinde yapabilmekte ve insanlar da hazırlanan bu modeller sayesinde geçmişle ilgili önemli bilgilere de sahip olabilmektedir. Bu tarz uygulamalar uzman kişilerin ürün anlatımı ve sunumunda, uzman dışı kullanıcılarla kurduğu iletişimde ürünü algılama ve anlama açısından oldukça önemlidir.

Bütün bu teknolojik gelişmelere paralel olarak, mimari görselleştirmenin çevreyi algılama ve tanımlamadaki önemi de artmaktadır. Farklı veri setlerinin görselleştirilmesi sağlanarak anlaşılabilirlik arttırılmak istenmektedir. Bilgisayar ortamında sabit (resim, illüstrasyon, çizim) ya da hareketli (animasyon, simülasyon) şekilde hazırlanan görseller her alanda etkili bir şekilde kullanılmakta ve insanların görsellik beklentileri günden güne artmaktadır. Şimdilerde, sinema, reklam, klip çekimleri, mimari, arkeoloji gibi çoğu alanda görsellik sınır tanımamaktadır. Bu nedenle, gerçekçi sunumlar, animasyonlar, panoramik görüntüler, karakter simülasyonları, özel grafik efektleri, sanal uçuşlar, yürümeler gibi görselleştirme ve sunum uygulamalarıyla ilgili çalışmalar günden güne önem kazanmaktadır.

3.4.3.1 Sabit Görüntüler

Kamera görüntüsünden ya da fotoğraf çekimlerinden de sabit görüntü kazanımı sağlanabilir. Bunun yanında, 2 boyutlu programlardan ya da 3 boyutlu programlarda hazırlanan modellerin görüntü çıktısının alınmasıyla da sabit görseller elde edilebilir.

2B programlarda ya da 3B programlarda hazırlanan sabit görseller kullanılacağı ortama göre uygun formatta kaydedilerek ihtiyaç doğrultusunda kullanılmaktadır. Program “vektör”(AutoCAD, CorelDRAW gibi) ya da “pixel” (Photoshop gibi) tabanlı olabilir. Önemli olan görselin hazırlandığı yazılım ve sunulacağı ortam uyumudur. Örneğin Photoshop’ta hazırlanan sabit görüntü olan resim .jpg formatında kaydedilip, AutoCAD’ de altlık olarak kullanılabilir. Daha sonra AutoCAD’de hazırlanan 2B çizim 3ds Max’de .dxf formatında açılıp, üzerinde çalışılarak, render edilmekte ve sabit bir görsel ürün elde edilebilmektedir.

Çeşitli platform, format ve donanımlarda hazırlanan görsellerin görüntü kaliteleri aynı değildir. Sonuç ürününün kalitesi farklı ortamlardaki görüntünün nasıl olması gerektiği üzerine düşünülmesi ile arttırılabilir. Ayrıca, bilgisayarda renk oluşumu, kullanılan ekran kartı

ve monitöre bağılı olup, donanım kalitesine göre önemli derecede renk farklılıkları ile karşılaşmaktadır. Kullanıcının sonuç ürününden beklentisine göre kontrast, çözünürlük ve renk dengesini ayarlaması gerekmektedir. İnternet üzerindeki paylaşımlarda, internet tarayıcılarının da desteklediğı GIF (Graphics Interchange Format) ve JPEG (Joint Photographic Exchange Group) grafik dosya formatları çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna karşılık 3ds Max programı gibi 3B yazılımları GIF dosya formatı desteklememektedir. Kaplama gibi uygulamalarda genel olarak .bmp, .jpg, .tif, .png uzantılı dosyalar kullanılmaktadır. Burada dosya uzantılarının kullanılacakları diğere yazılımlarla uyumlu olmasına dikkat edilmelidir.

Sabit görseller hareketli görüntüler içine gömülü olarak da işlenebilir. Simulasyon içinde dolaşırken etkileşimli ortamda ek bilgiler verilmek istenebilir. Bunun için ek bilgi verilmek istenen yerlere belirleyici işaretler konup, işaretler üzerine basıldığında metin, resim ya da sesli bilgiler verilebilir. Örneğin, tarihi bir yapının görseli içinde dolaşılıyorsa eski resimleri ekranda gösterilebilir ya da başka sayfalara link atılıp ziyaretçinin daha fazla bilgi edinilmesi sağlanabilir. Bu tarz çoklu ortamlar, arttırılmış algılama yöntemleri sayesinde anlaşılabilirliği da arttırmaktadır.

İnternet ortamında sabit ya da hareketli harita görüntüleri üzerindeki belirli alanlardaki etkileşimle açıklayıcı metinlere ya da değişik görüntülere erişmek de mümkün olmaktadır. Örneğin, Google Earth’de tanımlanmış şehirlerin üzerindeki belirleyici işaretlere basılınca şehir hakkında yazılı ve görsel bilgiler edinebilmektedir. Hatta şimdilerde ortama hareketli görüntüler de eklenebilmektedir.

3.4.3.2 Hareketli Görüntüler

Hareketli görseller, sabit görüntülere zaman boyutunun verilerek yan yana dizilmelerinden oluşan görüntü dizileridir. Sabit görüntüleri çeşitli yöntem ve tekniklerle elde etmek mümkündür. Bilgisayar ortamında hazırlananları 2 boyutlu programlarda elde edilen görseller yine 2 boyutlu programlarda hareketlendirilebilir. İmage Ready ya da Flash gibi 2 boyutlu programlarla hareketli görüntüler kolaylıkla elde edilebilmektedir. Ya da 3 boyutlu programlarda hazırlanan modellerin resim çıktıları çeşitli formatlarda, yayınlanacağı sisteme göre render edilerek hareketli görüntüler hazırlanabilir.

Hareketli görüntüleri oluşturan en küçük birimler **frame** yani **kare**dir. Görüntüler arasındaki geçiş ayarları iyi yapıldığı sürece göz bu geçişleri algılamaz ve ekranda sürekli bir hareket izlenir. Resim kareleri hızlı bir şekilde ardı ardına oynatarak hareketli görüntü elde edilir. Görüntünün yayınlanacağı sisteme göre saniyede gösterilmesi gereken kare sayısı (FPS -

Frame Per Second) değişmektedir. Ülkemizde de kullanılan ve Avrupa Yayın Birliği'nin kabul ettiği, dünya çapında kabul görmüş yayın standardı olan PAL (Phase Alternating Line) sisteminde bir saniyede peşi sıra 25 sabit resim karesi üretmek gerekmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkan yayın standardı olan NTSC (National Television Standards Committee) sisteminde ekranda saniyede 30 kare görüntü geçmesi gerekmektedir. Filmlerde ise saniyede 24 frame gösterilerek görüntü oluşmaktadır. Animasyonlar hazırlarken harekete başlamadan önce hangi sistemde kaydedilecekse ona göre FPS ayarı yapılır. Daha sonra sahne hareketleri verilir ve render edilir. Gerçek zamanlı simülasyonlarda ise yürüme ya da uçuş sırasında render motoru sürekli render alır ve saniyedeki render sayısı çok daha fazladır.

3.4.3.2.1 Canlandırma (Animasyon)

İlerleyen teknoloji ve beraberinde artan beklentiler her geçen gün görselliği daha da ön plana çıkarmaktadır. Özellikle sinema, reklam ve çizgi film sektörlerinde son yıllarda yoğun bir şekilde bilgisayar grafik ve animasyonlarına yer vermesi, bilgisayar oyunları ve eğlence sektörünün eskiye oranla dev adımlarla büyümesi dikkatlerin 3B programlarına çevrilmesine sebep olmuştur. Her geçen gün bu programlarla hazırlanan filmlere, reklamlara, kliplere olan ilgi daha da artmaktadır. Dolayısıyla 3B animasyon ve grafikler her geçen gün daha da önem kazanmaktadır.

Animasyonda bir nesneyi hareket halinde gösteren birçok durağan görüntü yaratılarak bu görüntüleri hızla arka arkaya oynatılıp nesnenin gerçekten hareket ettiğini düşünmemizi sağlanmaya çalışılır. Video kameralar da canlı hareketini yüksek hızla kaydedip hızla oynatır. Göz yanılmasıyla bu tip cihazların çektiği yüksek hızlı durağan resimler hareketli olarak algılanır. Ancak, canlı görüntü kayıt etme ile canlandırma arasındaki fark görüntünün üretilme biçimidir. Hareketin sabitlenmesi için canlı görüntüleri daha sonradan oynatmak amacıyla kaydeden bir kamera kullanılır, fakat canlandırmanın temel tekniği her görüntünün kare kare oluşturulması ve sonra bu karelerin tek tek fotoğraflanarak arka arkaya oynatılmasıdır. Canlandırmayı hazırlayan kişi bir hareketin aşağı yukarı kaç kere olacağını tahmin ettiği gibi hareketin hangi evresinin hangi kareye karşılık geleceğini de iyi bilmelidir. Animasyonda hareketi ve zamanı iyi tanımlamak gerekir.

Canlandırma sisteminin işleyişini, Turan'ın (2002), Mitchell'in (1991) tanımını referans alarak söylediği “ üç boyutlu modeller x,y,z (voxel) denilen üç boyutlu koordinat bilgilerini sanal ortama taşır, tasarımcı bu koordinatlara sahip modele T (zaman) değişkenini eklediğinde modele zaman kavramı da yüklenmiş olmaktadır. Bununla beraber model x,y,z,t (hypervoxel) denilen dört

boyutlu koordinat bilgilerine sahiptir. T değişkenine farklı değerler verildiğinde de üç boyutlu model hareket etmiş olur” sözleri net bir şekilde açıklamaktadır (Turan, 2002).

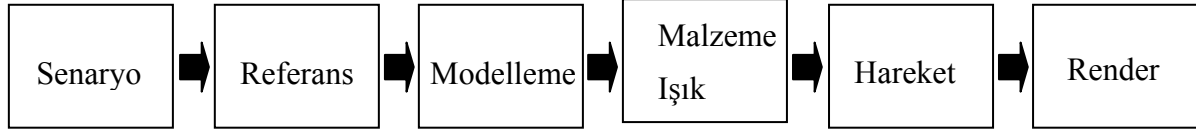
Canlandırma daha çok çizgi sinemada yapılmaktadır. Çizgi canlandırmada, hikayeyi oluşturan her kare, animatörler tarafından tek tek çizilir, boyanır ve fotoğraflanır. 1930’lu yıllardan itibaren, Walt Disney Stüdyolarının da çok büyük etkisiyle, çizgi canlandırma gelişerek sektörleşmiş ve kalabalık kitlelere ulaşmaya başlamıştır. Çizgi canlandırmada kullanılan geleneksel canlandırma prensipleri daha sonra bilgisayarla canlandırma tekniklerine de uygulanmıştır. Bilgisayarla canlandırma, bilgisayar destekli canlandırma (computer assisted animation) ve bilgisayarla yapılan canlandırma (computer generated animation) olarak ikiye ayrılır. Bilgisayarla yapılan canlandırma da 2 boyutlu veya 3 boyutlu programlar aracılığıyla yapılır (Bulgurcu ve Aydın, 2002; GÜDÜKBAY ve ÇETİN, 2006).

3B canlandırmada karakterlerin ve sahneyi oluşturan kamera, ışık vd.lerinin hareketleri ve canlandırılma işlemleri yapılır. 3B yazılımlarda çeşitli yöntemlerle animasyon hazırlanabilir. En basit olarak herhangi bir canlandırmanın başlangıç ve bitiş noktalarındaki değerleri girilip, aradaki karelerin yazılım tarafından doldurulduğu **key frame** (anahtar kare) yöntemi ile ya da formül tanımlayarak veya yazılımdaki gerçek, dinamik ya da tanecik sistemlerini kullanarak prosedürel yöntemle animasyon hazırlanabilir. Genelde canlandırma hazırlanırken bir kaç teknik birlikte kullanılır. Örneğin, keyframe yöntemiyle üretilmiş bir karakter animasyonunda karakterin bir yüzeye çarpması ve düşmesi prosedürel yöntemle çözülebilir. Animasyon hazırlamak için yazılım paketleri oldukça fazla seçenek sunmaktadır. Hazır script ve plug-inlerle de bazı animasyonları yapmak oldukça kolaydır.

Son zamanlarda neredeyse tüm bilgisayar oyunlarındaki karakterlerin hareketlerinin gerçekçiliği giderek artmaktadır. Bunun yapılmasını ve canlıların hareketlerini alarak bunları bilgisayar canlandırmalarında kullanılmasını sağlayan tekniğe **Motion Capture** (hareket yakalama) denilmektedir. Bu teknikte, aktörün üzerine bağlanan belirli alıcı ya da vericiler sayesinde kişinin yaptığı hareketler kayıt edilmekte, daha sonra bu veriler bilgisayar canlandırmalarında kullanılmak amacıyla düzenlenmektedir. Motion Capture sistemleri Manyetik ve Optik olarak ikiye ayrılmaktadır. Optik olanlarda ışık ve oldukça hızlı görüntü yakalayan hassas kameralar sayesinde kişinin üzerindeki algılama noktaları tespit edilerek hareketler kayıt edilmektedir. Manyetik motion capture sistemlerinde ise aktörün üzerindeki belirli noktalara kablolarla alıcılar yerleştirilmektedir.

Genel olarak animasyon için gerekli ham görüntü elde etme süreci; senaryonun kurgulanması,

gerekli malzeme ve kaynakların elde edilip, referansların toplanması, modelleme, modele malzeme giydirmeye, ışıklandırma, kamera ayarları, hareket verme ve render alma şeklinde gelişir. (Şekil 3.24) Bu süreçte araya bazı girdiler olabilir, dışardan destek alınabilir, gerekirse formül yazılabilir, ya da bu aşamalar iç içe de geçebilir. Fakat genel çatkı benzerdir.



Şekil 3.24 Genel olarak animasyonda ham görüntü elde etme süreci

Animasyon hazırlama sürecinde elde edilen ham görüntüler daha sonra senaryoya göre bir araya getirilerek montaj aşamasına geçilir. Bu aşamada hazırlanan animasyon modeline, ses ve görüntü efektleri, metin yazıları gibi ekranda gösterilmek istenen ne varsa eklenerek animasyonun gösterileceği ortama ve medyaya göre uygun formatta kaydedilir.

3.4.3.2.2 Benzetim (Simülasyon)

Benzetim (simülasyon) gerçek sistemlere ait davranışların sanal ortamda deneyimlendiği bir çeşit modelleme tekniğidir. Teorik ya da gerçek olan şeyler sanal ortamda gerçekte öyleymiş gibi benzetim yapılarak, sonuçları gözlemlenir ve yorumlanır.

Gerek eğitim, gerek araştırma, gerek askeri, gerek tıp, gerekse mimari çoğu alanda pek çok araştırmayı normal şartlarda ve gerçek fiziki ortamlarda yapmak oldukça pahalı ve risklidir. Bu nedenle gerekli ortam ve şartların sanal bir mekanda ya da arayüzde oluşturularak, sonuçların değerlendirilmesi için simülasyon sistemlerinden faydalanılmaktadır. Bu şekilde bilgisayarda oluşturulan üç boyutlu sanal gerçeklik ortamları, değişik birçok platformda kullanılarak fiziksel ortamların olası riskleri ortadan kaldırılabilmektedir (Göktaş v.d, 2006).

Günümüzde bilgisayar teknolojilerindeki gelişim, sanal ortamda kültürel mirasın tespiti ve belgelenmesinin yanı sıra sanal koruma, sanal restitüsyon, sanal rekonstrüksiyon gibi imkanlar da sağlamaktadır. Bu sayede tarihi yapıları, özgün kullanım dönemlerindeki gibi ait oldukları çevreyle birlikte orijinal halleriyle sanal ortamlarda canlandırmak da mümkün olabilmektedir. Son yıllarda tarihi ve arkeolojik mimari yapıların, yaşamların bilgisayar ortamında hazırlanan benzetimleri sayesinde hem koruma ve belgeleme çalışmaları farklı bir boyut kazanmıştır hem de yapılan çalışmalar sayesinde herkesin ilgisi bu yöne çekilerek tarih bilincinin geliştirilmesi sağlanmıştır.

Gerçek zamanlı simülasyonlar diğer modelleme tekniklerine göre daha yeni fakat her alanda

kendini hızlı bir şekilde göstermeye başlayan daha etkili bir modelleme tekniğidir. Çünkü kullanıcılar bu teknikle hazırlanan modellerde diğer modellerden farklı olarak, deneyimlerini kendi tercihleri ve yönlendirmeleri doğrultusunda edinmektedirler. Kişinin sanal ortamda istediği yöne kendi yönlendirmesi ve tercihi ile gitmesi, modele etkileşimli olarak gerçek zamanlı müdahale edebilmesi bu modellerin önemini arttırmaktadır.

Daha çok eğitim ve araştırma amaçlı ya da oyunlar için hazırlanan bu modellemede kullanılan teknikler diğerlerinden farklıdır. Gerçek zamanlı simülasyonlarda modelleme, kaplama, ışıklandırma model içinde gerçek zamanlı dolaşıma izin verecek ölçülerde hazırlanır. Gelişmiş modelleme, kaplama, ışıklandırma ve render teknikleri kullanmak gerekir. Modelleme ve oyun bölümünde bu tekniklerle ilgili ayrıntılı bilgiler verilmektedir.

Sanal Gezinti Uygulamaları: Yürüme, Kuşbakışı Gösterim ve Sanal Uçuşlar

Animasyonlardaki hızlı gelişim sonucu sanal ortamlardaki gezinti ve uçuşlar da mümkün olmuştur. İlk başlarda CAD paketlerinin yetenekleriyle sınırlı olan bu gösterimler şimdilerde oldukça gerçekçi ve etkileşimli ortamlarda yaşanan deneyimlerle herkesin ilgisini çekmektedir.

Sanal gezinti uygulamaları, mimari projelerin tasarım ve gerçek inşa aşamalarının görselleştirilmesinde, katılımcıların işbirlikçi bir şekilde tasarım görevlerine yerinden veya uzaktan katılmalarını sağlayarak yardımcı olmaktadır (Ayanoğlu, 2006).

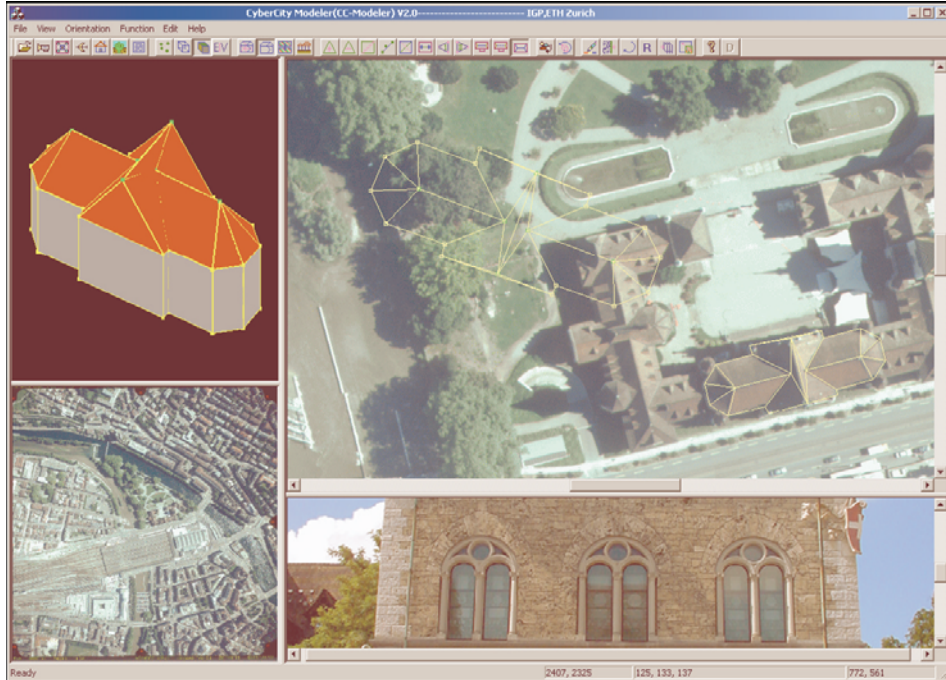
Sanal gerçeklik modelleme dili (Virtual Reality Modeling Language, VRML) üç boyutlu grafik ve çoklu ortam özelliklerini aynı platformda birleştirip kullanılmasını sağlayan bir dil tanımıdır. VRML üç boyutlu sanal ortamların oluşturulabilmesi için kullanılan standart dillerden farklıdır. VRML ile gerçek anlamdaki üç boyutluluk olmasa da kullanıcılara üç boyut hissi veren dünyaların web sayfalarına eklenmesi sağlanabilmektedir. Yazı, ses ve resimlere ek olarak üç boyutlu ortamlarda gezilebilmekte ve kullanıcı tarafından tanımlanan ortamlarda diğer kullanıcılarla paylaşım yapılabilmektedir.

Burada hem gerçek mekanların üç boyutlu modellerinden hem de ortamda kurulan gerçek zamanlı etkileşimli ilişkilerden söz edebilmektedir. Ortamdaki bu ilişkiler hareket olgusuyla sağlanmaktadır. VRML ile kullanıcının ekrandaki görüntüye yaklaşp, uzaklaşması, dönmesi, eğilmesi, hareket etmesi ve görüntü içinde yürümesi sağlanmaktadır. Bilgisayar ortamında yaratılan bu sanal çevrede kullanıcı, hem görsel olarak hem de hareket olgusu ile mekanı ve çevreyi algılayabilmektedir (Özen, 2006). Ortam etkileşimi sayesinde kullanıcıya sanal olarak

bilgisayarda yaratılan sanal ortamda yaşıyor hissi verilebilmektedir. Şimdilerde arttırılmış gerçeklik uygulamaları ile de sanal ortamda tamamen sarmalanarak maksimum gerçeklik hissiyle mekan içinde dolaşmak ve ortamla etkileşimde bulunmak mümkün olabilmektedir. VRML ile ilgili daha ayrıntılı bilgi Web bölümünde anlatılmıştır.

Yürüme, karmaşık 3B sanal modellerin gerçek zamanlı görselleştirmelerinde kullanılan en etkili ve çok beğenilen bir yazılım uygulamasıdır. Bu tür uygulamalarda yazılım bilgisayar ortamında hazırlanan yüklü, karmaşık 3B modeli yürüme esnasında render etmektedir. Yürüme uygulamaları mimari proje sunumlarında, sanal müzelerde, mimaride, eğitimde, gerçek zamanlı sanal ilk yardım, güvenlik ve bakım çalışmalarında, çoklu kullanıcıların katılım yapabildiği ortamlar sunmaktadır.

3B kurgulanmış modellerin gösteriminde ve sunumunda sanal uçuşlar ve kuş bakışı gösterimler de kullanılmaktadır. Özellikle tarihi, mevcut ya da tasarlanan sanal yapıları, şehirleri ve kentleri sanal ortamlarda dolaşırken kuşbakışı gösterimler ve gezinimler oldukça etkileyici ve tanımlayıcı olmaktadır (Şekil 3.25) (Ulm, 2003). Bu uygulamalar 3B programlarda hazırlanan modeller, animasyonlar, simülasyonlar aracılığıyla ve panoramik görüntülerle yapılabilmektedir.

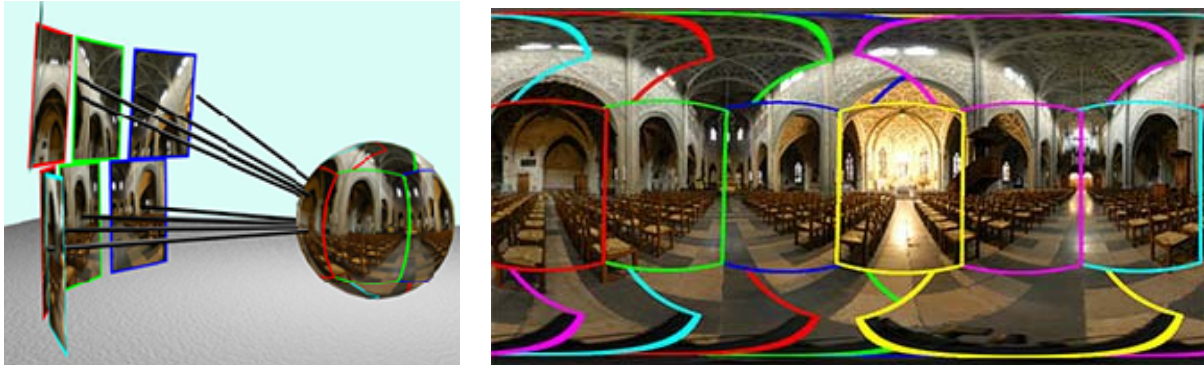


Şekil 3.25 Sanal ortamda kuşbakışı gösterim ve gezinim (Ulm, 2003)

Panoramik Görüntüler

Panoramik görüntüler çok popüler görselleştirme araçlarından biridir. 3B model görsellerine göre hem hazırlanması daha kolaydır ve hem de 3B mekan algısı yaratılabilmektedir. Kullanıcı klavye ve fare yardımı ile belirli bir noktadan 360^0 dönerek çekilen sıralı fotoğraflardan elde edilen panoramik görüntüler içinde 360^0 dönerek, aşağı-yukarı bakıp, görüntüye yaklaşıp uzaklaşarak görsel olarak mekansal deneyim yaşatabilmektedir.

Panoramik görüntüler, 360^0 'lık panoramik bir görüntüyü farklı ortamlara aktarma yeteneği olan 3B sunum ve CAD uygulamaları aracılığı ile de oluşturulabilirler. Video kamera, dijital fotoğraf makinesi, balıkgözü lens, panoramik kamera gibi araçlarla elde edilen birbirinin devamı olan ya da foto küre (yansıtıcı küre) (Şekil 3.26) kullanılarak çekilen görüntüler tek bir panorama oluşturmak için değişik programlar kullanılarak birbirlerine bağlanıp, düz, silindir, küre, küp şeklinde kaydedilebilirler. 3ds max gibi 3B programlarda ise model hazırladıktan sonra kamerayı sahnenin genelde görüntü alınabilinen bir noktasına koyarak “Panorama Exporter” ile yapılan işlemler sonucunda elde panoramik görüntü elde edilmekte ve Silindirik (Cylinder), Küre (Sphere) veya Quicktime VR olarak istenilen formatta kaydedilerek, panoramik kaplama malzemesi olarak da kullanılabilmektedir.



Şekil 3.26 Foto küre çekim örneği [8]

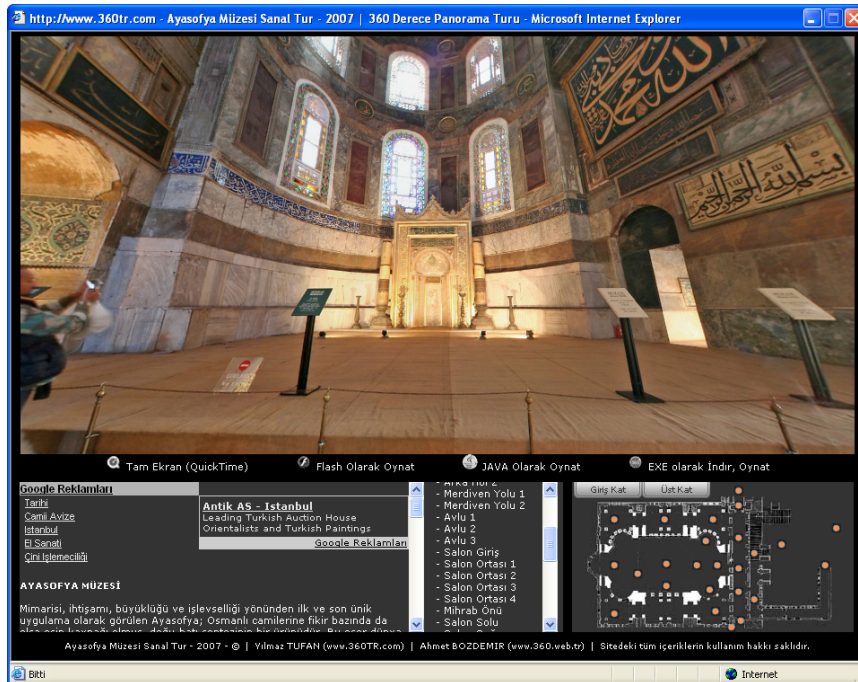


Şekil 3.27 Panorama tipleri: düz, silindir, küre, küp [9]

Panoramik görüntüler, silindirik, küre veya QTVR (Quick Time Virtual Reality-Kısa Süreli Sanal Gerçeklik) şeklinde oluşturulabilir. “QTVR (Quick Time Virtual Reality-Kısa Süreli Sanal Gerçeklik) panoramalar, uzaydaki tek bir noktadan, düğüm olarak adlandırılan merkezi gözlem noktasından çevreye doğru olan görüntülerdir” (Yakar vd., 2005).

Günümüzde, çoğu QTVR geliştiricileri 768x512 çözünürlüğünde kaynak görüntüler kullanmaktadır. Bunlar, sonuç QTVR panoramaları 500–800 KB büyüklüğündeki bir komşulukta yaratarak (lenslere bağlı olarak), düşük seviyeli makinelerde bile yeterli tekrarlama imkanı sağlamaktadırlar. Sonuç QTVR panoramalar, Adobe Photoshop gibi bir piksel editleme programında hacimleri küçültülerek, internet gibi ortamlarda çalıştırmak için küçük boyutlara getirilebilmektedir (Yakar vd., 2005).

Panoramik görüntüler daha çok mekan temsillerinde kullanılmaktadır. Otel, restaurant gibi mekanların ya da gezilecek yerlerin panoramik görüntüleri ile o yere gitmeden mekan hakkında bilgi sahibi olunabilmekte ve panoramik görüntü ile mekan algılanabilmektedir. Bir çok internet sitesinde oldukça iyi çözünürlükte yayınlanan mekanların panoramik görüntüleri izlenebilmektedir. Örneğin, <http://www.360tr.com/> ve <http://mekanlar.nurris.org/> siteleri Türkiye’deki bir çok yerin ve mekanın panoramik görüntüleri oldukça iyi çözünürlükte yayınlanmaktadır. Görüntüler QuickTime, Flash ve Java olarak Web üzerinde ya da EXE olarak indirilip oynatılabilmektedir. (Şekil 3.28)



Şekil 3.28 Ayasofya’nın panoramik görüntülerinin yer aldığı sitenin arayüzü [10]

Nurris sitesinde ise onlarca mekan belirlenen başlıklar altında gezilebilmektedir. (Şekil 3.28) Bu site yayınlanan panoramaların çekimlerinde ön, arka, sağ, sol, üst ve alt olmak üzere altı resim çekilmiştir. 2003 ve 2004 çekimlerinde Nikon 5000 + Fisheye FC-E8 lens kullanılmış, 2005 ve 2006 senesi fotoğrafları Nikon D70 + Fisheye DX 10.5 ile çekilmiş. Yatay altı, bir üst ve iki alt olmak üzere dokuz açıdan her açıda değişik aydınlatma süresi kullanılarak, üç adet resim çekilmiştir. Çünkü bir üç boyutlu mekân için toplam 27 resim çekmek gerekmektedir. Bu resimleri çekerken fotoğraf makinesinin odak noktası etrafında dönmesi için ayaklık ve panoramik kafa kullanılması gerekmektedir. Resim çekerken makineyi titretmemek için uzaktan kumanda kullanılmıştır. Değişen gölgeler, hareket halindeki bulutlar vs. çekim işlemini zorlaştıran unsurları da dikkat etmek gerekmektedir. Resim çekme işlemi bittikten sonra bunları bilgisayarda birleştirmek için çeşitli formül ve denklemler kullanılarak lens hataları, ton farklılıkları giderilip ve resimler üst üste gelecek şekilde konuşlandırılarak tüm mekânı kapsayan, 360x180 derecelik panoramik fotoğraflar elde edilmiştir.



Şekil 3.29 Nurris sitesindeki panorama örnekleri [11]

3.5 Etkileşimli Çoklu Sunum Ortamları

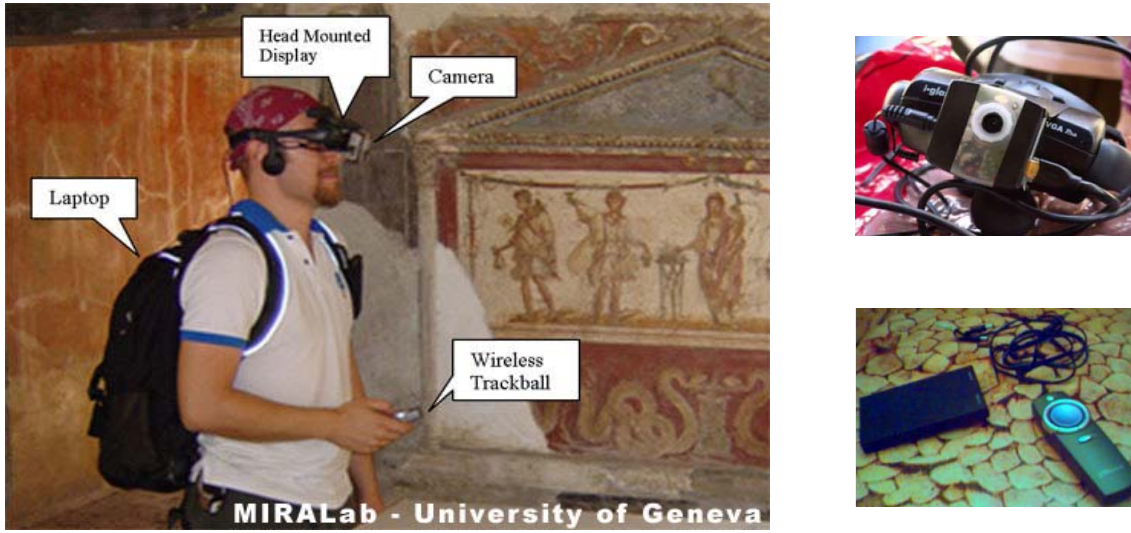
Gelişen teknolojiyle birlikte sunum ortamları da çeşitlilik göstermektedir. İleri sunum teknikleri kullanılarak görselleştirilen veriler, mimari nesnenin mevcut durumunu ve geçmiş

ya da geleceğe yönelik varsayımsal durumları betimlemek için kullanılabilir. Bu çok zamanlı aktarımlar, mimari koruma alanı için önemli olan, restitüsyon, restorasyon gibi aşamaların da betimlenmesi açısından önemlidir. Hazırlanan simülasyonlardaki serbest dolaşım özgürlüğü, sanal ortamlarda gezerken ekrana gelen yazılı ve sesli bilgiler, görüntüler, etkileşimli haritalarla mekan ölçeğine inebilen ayrıntılı bilgiler, mekan algısını artırıcı aletler sayesinde her geçen gün ortam etkileşimi maksimum düzeyde sağlanmaya çalışılarak, anlaşılabilirlik ve ulaşılabilirlik arttırılmaya çalışılmaktadır.

Gerek etkileşimli simülasyonlar, gerek animasyonlar, gerekse oyunlarda ses ve görüntü kurgusu çok önemlidir. Bir sahneden başka bir sahneye geçiş, mekan değişimleri, ortam sesleri, kullanıcı ve hareketli objelerin sesleri, fon müziği, renkler, sahne kurgusu... bütün bunlar oyunun, simülasyonun ya da animasyonun en önemli ve kilit noktalarıdır. Bunlar arasındaki uyum kullanıcıyı tetikler ve ilgiyi çeker. Nasıl ki, bir mimarın bir müzik okulu projesini tanıtırken hazırlamış olduğu animasyonda, kameranın açısı, yürüyüş hızı, önemli bakış açılarındaki duraklamalar, arka fona yerleştirilmiş projeye uygun bir fon müziği nasıl etkili bir sunum sağlarsa, aynı şekilde bir oyunda da ekrandaki butonların şeklinden, oyun içindeki ses efektlerine, sahneler arasındaki geçişlerden, renklere ses ve görüntü kurgusu oldukça önemlidir.

Bilgisayar ortamında ürün hazırlamak ya da ürün sunumları hazırlamak için piyasada mevcut bir sürü yazılım bulunmaktadır. Neyi, kime ve niçin hazırlandığına bağlı olarak kullanılacak yazılımlar ve sunulacağı ortam belirlenmektedir. Günümüzde, ister yazılı, ister görsel, ister sesli olsun başta belirlenen kurguya göre uygun yazılım ve medyalar kullanarak istenen sunumu hazırlamak mümkün olmaktadır. Adobe Flash'da iki boyutlu görüntü efektleri verilmiş, TurnTool'da üç boyutlu dolaşım olanağı sağlanmış bir projeyi Visual Basic arayüzünde bir araya getirerek görsel bakımdan zengin bir sunum sağlanabilmektedir.

Değişik platformlarda hazırlanmış ve farklı sunumlara sahip çalışma ürünleri farklı ortamlarda ve medyalarda sunulmaktadır. Ürünün niteliğine ve amaca göre Web, kiosk makinesi, cep bilgisayarı ya da özel tasarlanmış medyalarla izlenebilen sanal gerçek sunumlarla farklı deneyimler yaşanabilmektedir. Aşağıda değişik sanal ortam ve arttırılmış gerçeklik uygulama örnekleri ile sunum medyalarının örnekleri görülmektedir. (Şekil 3.30) (Şekil 3.31) (Şekil 3.32)



Şekil 3.30 Mobil AR-Life simülasyon sistemi (Papagiannakis vd., 2005)

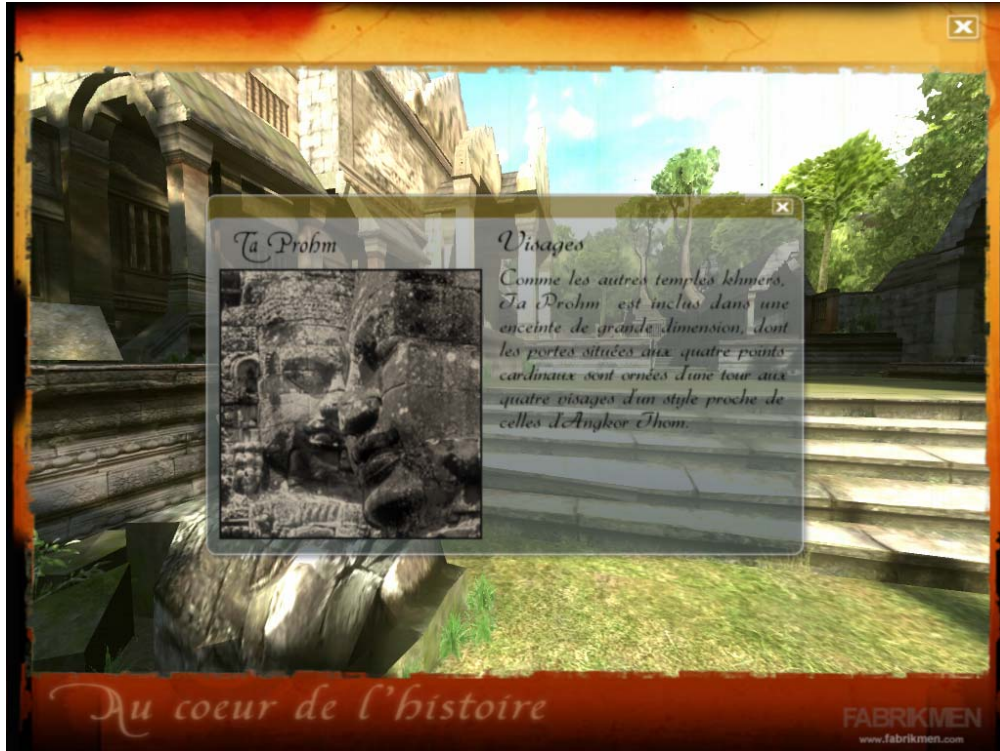


Şekil 3.31 Sanal gözlük (solda), mevcut görüntü üstündeki sanal görüntü (ortada), mobil cep rehberi (sağda) (Vlahakis , 2004)



Şekil 3.32 3B Sanal ekran ve sanal ortam örnekleri [12]

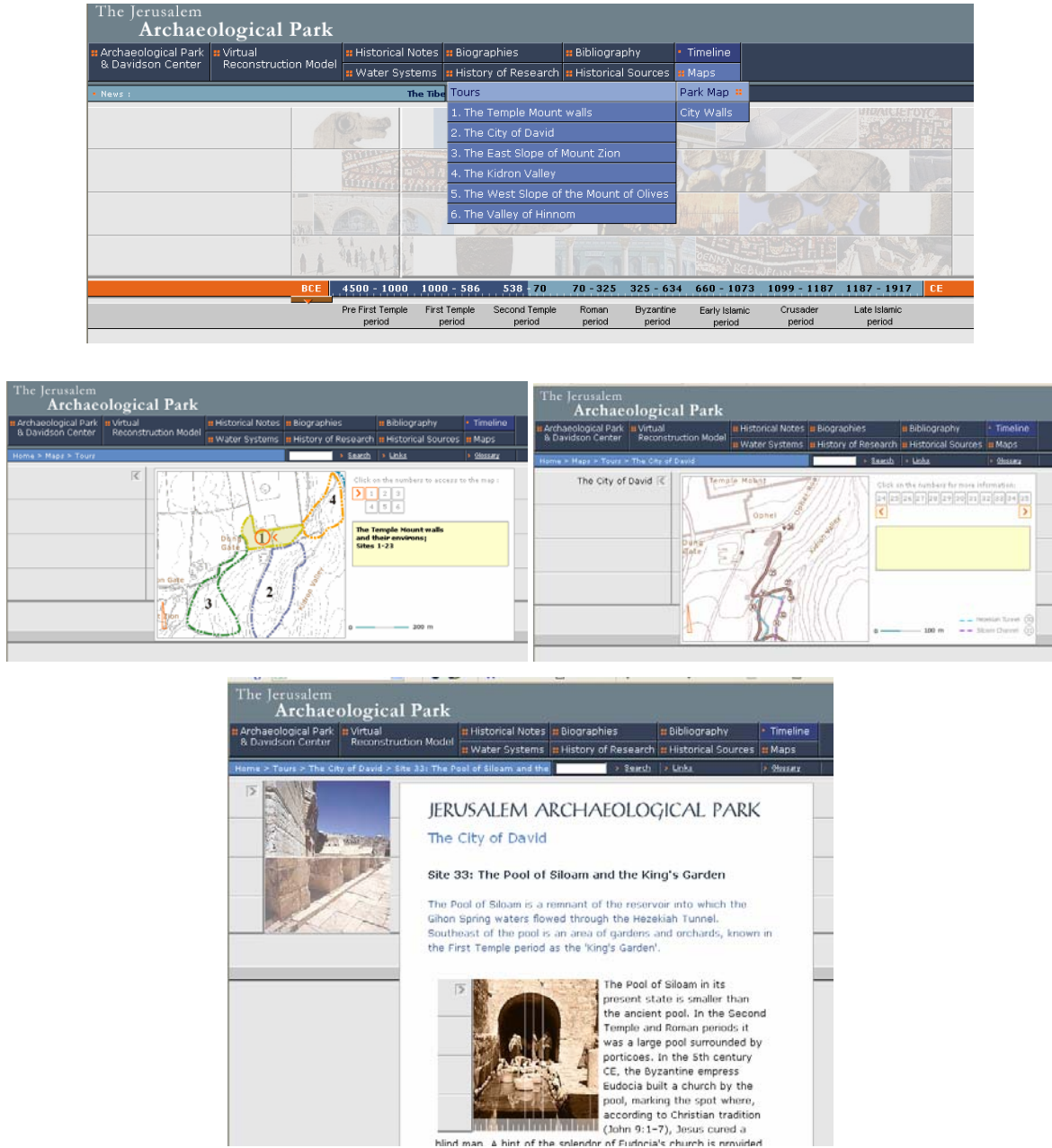
Günümüzde çoğu gerçek zamanlı model, simülasyon ve oyun uygulamasına internet üzerinden erişilebilmektedir. Angkor Tapınakları için geçtiğimiz yıl sonlarına doğru Quest3D programı ile hazırlanan, tarihi mekanlar arasında dolaşırken, ekrana yazılı-sesli metin bilgileri ve resimlerin gömülü olduğu simülasyon çalışması oldukça başarılı uygulamalardan biridir. Simülasyonun .exe dosyası internet üzerinden indirilip, model içinde dolaşılabilir. Hazırlanan simülasyon, benzer çalışmalarla kıyaslandığında, modeller, renkler, gerçeklik, malzeme, ışık ve arayüz tasarımı açısından oldukça başarılıdır. Çalışmada, simülasyon içinde dolaşım sırasında, önemli noktalara yaklaşıncı, ekrana çıkan bilgi verici yazılarla sunum zenginleştirilmiştir. (Şekil 3.33)(Simülasyonun .exe dosyası <http://www.fabrikmen.com/InOut/Ankor/AnkorII.exe> adresinden elde edilebilmektedir)



Şekil 3.33 Angkor Tapınaklarının Quest3D yazılımında hazırlanmış simülasyonundan mekanda dolaşım sırasında ekrana gelen bilgi görüntüsü [13]

UCLA'nın Kudüs Arkeolojik Parkı için yapmış olduğu çalışmaların yer aldığı internet sitesi de iyi hazırlanmış bir Web sunum ortamı örneğidir. Web sitesinin kurgusu da ortam tasarımı kurgusundaki başarıyı ortaya koymaktadır (Web ortamlarının özellikleri ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılacaktır). Siteden bölgeyle ilgili tarihi bilgiler kronolojik sırayla elde edilebildiği gibi, modelin 360 derece panoramik görüntülerine, modelleme süreciyle ilgili bilgilere ve açıklamalı metinlere ulaşılabilir. Ayrıca, sitede sabit görüntü ve metin

bilgisi içeren haritalar da mevcuttur. Haritalarda, Arkeolojik Parkın harita görüntüsü üzerinde 6 gezi rotası belirlenmiş ve her bir tur kendi içinde detaylandırılmıştır. Mekanlarla etkileşim ekrandaki kutucuklar yardımıyla sağlanmakta ve numaralı kutucuklara basılınca yazılı metin ve resim bilgisi ekrana gelmektedir. (Şekil 3.34) Parkın 3B etkileşimli simülasyonu ve Parkla ilgili bütün bilgiler, farklı sunum ortamlarının yer aldığı, Arkeolojik Parkın ortasında kurulan Davidson Merkezinde, değişik platformlarda sunulmaktadır.



Şekil 3.34 UCLA Kudüs Arkeolojik Parkı harita görüntüleri [14]

“Üç boyulu görsel modeller ile oluşturulan sanal ortamlar, tasarımda sanal gerçeklik simülasyonlarının kullanılması ile, içerisinde hareket edilebilen, görsel, işitsel ve mekan

içerisinde hareket edilmesine bağlı, gerçek mekan-zaman etkileşimli, mekansal deneyimin yaşandığı ortamlar halini almışlardır. Böylelikle sanal ortam görsel bir eleman olmaktan çıkıp, çoklu duyum ile algılanabilen ortam halini alabilmiştir “(Özen, 2006).

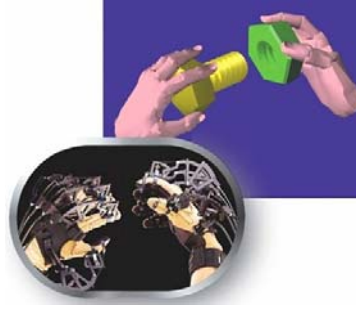
“Sanal gerçeklik, kullanıcının, görsel, duygusal, dokunmayla, koku ve tatla algılanan hissel seçeneklerle etkileşimde bulunarak, gerçek zaman simülasyonlarıyla ilişkilendirilmesidir” (Kayabaşı, 2005). Sanal gerçeklikte (Virtual Reality-VR) sanal bir dünyada gerçek zamanlı olarak kişinin bir veya birden çok duyusuna hitap edilerek, kullanıcı hareketleri ile dinamik bir ortamla karşılıklı iletişim olanağı tanınmaktadır. Sanal gerçeklik sistemlerini diğer sistemlerden ayıran en önemli özellik kullanıcının hareketi ile gerçek zamanlı bir etkileşim içerisinde olmasıdır (Özen, 2006). Bilgisayarda yaratılan bu sanal ortamda katılımcı kendi kontrolünde istediğe yere gidip, karşılıklı etkileşimde bulunabilir. Sanal gerçeklik, bir teknolojiden ziyade bir tecrübe olarak, siber-uzaydaki görüntülerle karşılıklı ve etkileşimli bir iletişimdir. Şu ana dek eğlence dünyasından, medikal alanda karmaşık bilimsel deneylere kadar, çok geniş bir sahada pek çok uygulama alanı bulmuştur (Bayraktar ve Kaleli, 2007). Günümüzde ise her alanda ve ortamda “sanal gerçeklik” deyiimi sıklıkla kullanılmaktadır.

Ünür (2001), sanal gerçekliği yaratılmasında kullanılan metod ve nedene bağlı olarak dört başlık altında incelemiştir. Bunlar; Sarmal Sanal Gerçeklik, Benzetimsel Sanal Gerçeklik, İzdüşümsel Sanal Gerçeklik ve Garaj Sanal Gerçeklik olarak adlandırılmıştır. Sarmal Sanal Gerçeklikte kullanıcı, “cybergear” denilen monitörlü kask, data eldivenleri, kulaklık ve data giysilerini giyerek tamamen siber uzaya girmektedir. Bu sayede kullanıcı dış dünyadan koparak, sanal gerçeklik ile sarmalanıp, üç boyutlu manzarayı görüp, sesleri duyabilmekte ve objelerle etkileşim kurabilmektedir. Benzetimsel Sanal Gerçeklikte, kullanıcı, gerçek bir aracın fiziki olarak yapılmış modelinin içine girmektedir. İzdüşümsel Sanal Gerçeklikte, kullanıcının kendisi değil de bilgisayarın ürettiği görüntüsü sanal gerçekliğin dünyasına girmektedir. Kullanıcı büyük bir projeksiyon perdesini önünde durmakta ve bilgisayar kullanıcın izdüşüm hareketlerini takip etmektedir. Garaj Sanal Gerçeklikte ise kullanıcılar, genellikle bilgisayarlarını ve bazı genel araçları kullanarak siber uzaya girme yollarını kendilerini yaratırlar (Ünür, 2001).

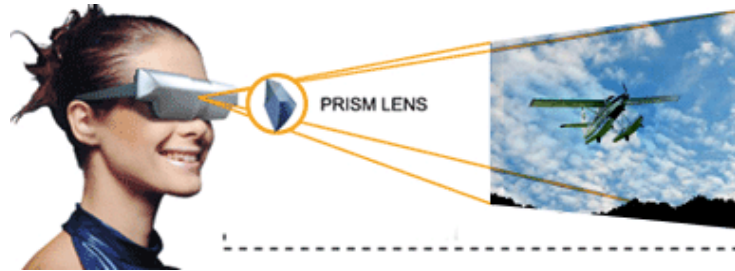
Bir sanal gerçeklik sisteminde, gerçek zamanda hareket edebilmek için güçlü bilgisayarlara gerek vardır. Burada bilgisayarlar, objelere ait üç boyutlu geometrilere ilişkin veri tabanlarına ulaşmaya olanak tanıyan, tüm duyu algılama aletlerini ve donanımlarını koordine edecek, uygulama programlarını çalıştıran birer görüntü yaratıcı (Reality Engine) olarak görev yapmaktadır (Bayraktar ve Kaleli, 2007). Sanal gerçeklik uygulamaları ile ilgili olarak

geliştirilen duyuusal ve hissel sistemlerinin tasarımında gerçeğe en yakın algılamanın sağlanması çalışılmaktadır.

Sanal Gerçeklik sistemleri beş duyuya da hitap edecek şekilde tasarlanmaktadır. Kasklar, Data Gloves olarak adlandırılan özel eldivenler, dokunma sistemleri, üç boyutlu ses sağlayan sistemler, joystick, üç boyutlu gözlükler, vücudun bazı noktalarına takılan kablo ve aletler gibi araçlarla, Dome (kubbe tipi) ekran, Vr Simulator ve Vr Kürelerle gerçekçilik hissi maksimum düzeyde verilmeye çalışılmaktadır. Bu sayede çoklu ortamda maksimum etkileşim sağlanmaya çalışılmaktadır.



Şekil 3.35 Sanal eldiven [15]



Şekil 3.36 Sanal gözlük ve görüntü oluşumu [16]



Şekil 3.37 Sanal ortam ve etkileşim uygulaması [17]



Şekil 3.38 Tıpta sanal gerçeklik uygulaması [18]



Şekil 3.39 Uçak Simulatörü [19]



Şekil 3.40 Araba simülatörü [20]



Şekil 3.41 Dome (kubbe tipi) ekran [21]



Şekil 3.42 Dome (kubbe tipi) oyun kaskı [22]

Sanal gerçeklik sistemleri içinde sarmal görüntülerin yaratılması ve gösterilmesi için Başa Takılı Sunum Sistemleri (Head-Mounted Display, HMD), Tüm Yönlü-Yönlendirilmiş Dürbün Monitör (Binocular Omni-Orientation Monitorp, BOOM) ve Otomatik Sanal Çevre (Cave Automatic Virtual Environment, CAVE) olarak adlandırılan sistemler geliştirilmiştir.

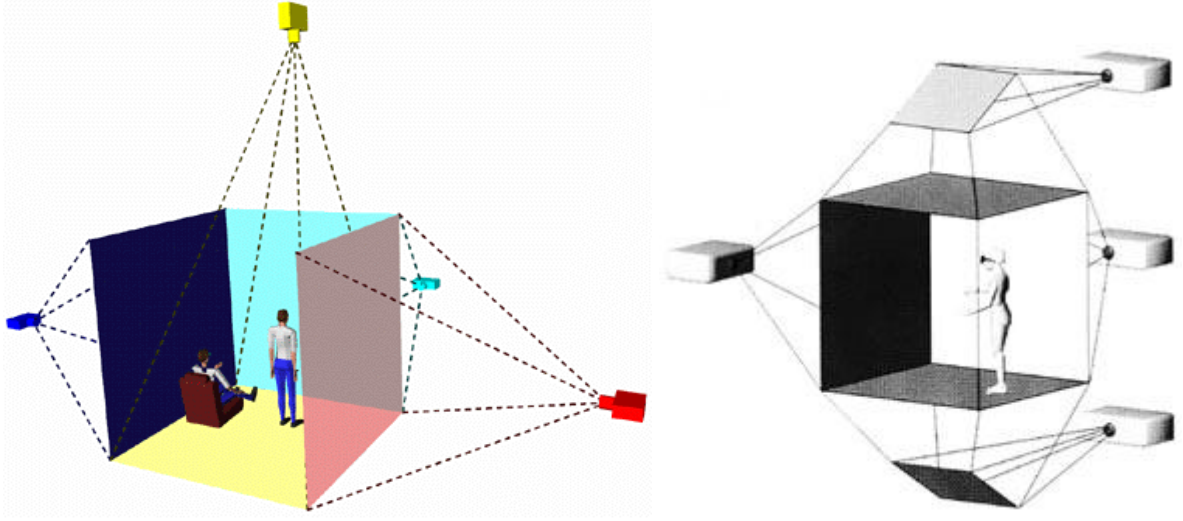
Sanal gerçeklik sistemlerinden HMD sistemleri, içlerine başın hareketini takip eden sensörler yerleştirilmiş sanal gerçeklik başlığı, veri kaskı ya da monitörlü kask gibi çeşitli isimler verilen aygıtlar olup, başı ve gözü örten üç boyutlu alıcılar sayesinde üç boyutlu görüş alanı sağlamaktadırlar. Bu aygıtlar kulaklıklarla birlikte kullanılmaktadır.

“BOOM, stereoskopik bir gösterim aletidir. BOOM, HMD’ye çok benzeyen bir sistemdir. Farkı kaskın olmamasıdır. Görüntü kutusu iki mafsallı hareketli kola takılmıştır. Ekran ve optik sistemler bir kutunun içine yerleştirilmiştir. Kullanıcı iki göz deliğinden kutunun içindeki dünyaya bakmakata ve kuytu istediği yöne hareket ettirebilmektedir. Başın izlenmesi, kutuyu tutan kolların bağlantı duyargaçları (sensor) ile sağlanmaktadır” (Ünür, 2001).



Şekil 3.43 BOOM sistemleri [23]

CAVE, denilen oda ölçeğinde ise duvar ve zemine stereo görüntülerin projeksiyonla yansıtıldığı bir küpün içinde adım atılarak dolaşılabilen aygıt, kullanıcıya “orada, datanın içinde olma” duygusunu ve keyfini yaşatmaktadır. Birden çok kişinin sistemin içine girebilmesi, yapılan hareketlerde kısıtlama olmaması ve gelişmiş bilgisayarlarla bağlantılı olarak sanal çevre ile kullanıcın etkileşimli iletişim içinde bulunmasına olanak vermesi CAVE sisteminin en önemli özellikleridir (Ünür, 2001).



Şekil 3.44 CAVE sistemi [24]

Bunların yanında Sanal Gerçeklik Küresi (VirtualSphere) (Şekil 3.45) de tüm sanal gerçeklik uygulamaları için basit bir çözüm sunmaktadır. Sanal gerçeklik küresi, sanal gerçeklik gözlüğü gibi aygıtlardan farklı olarak, içinde bulunulan ortamın sınırlarını da ortadan kaldırmaktadır. Kürenin içerisinde istenilen yöne istenildiği gibi yürüyüp koşarken, küre dönerek içerdeki kullanıcıyı olduğu yerde tutmaktadır.



Şekil 3.45 Sanal gerçeklik küresi [25]

Sanal ortamlarda sanal gerçeklik sunum sistemleri ve araçları ile kişilerin etkileşimli bir şekilde bilgisayar ortamında hazırlanan simülasyonlarla iletişim ve etkileşim kurması sağlanabilmektedir. Bu nedenle birçok alanda olduğu gibi, mimari yapıların ve çevrelerin simülasyonlarında da sanal ortamın olanaklarından faydalanılmaktadır. Son yıllarda bilgisayar teknolojileri bu konuda büyük bir gelişim göstermiştir. Antik kentlerin etkileşimli 3 boyutlu simülasyonlarının sanal ortamdaki sunumları, kişileri geçmişe doğru uzun bir yolculuğa götürerek, onlara yaşamadıkları bir çağa gidip, geçmişi yaşama ve bugünle mukayese etme imkanı sunmaktadır.

Sanal çevreler ve sistemler günümüzde çalışma ortamlarını farklı bir platforma taşımış olmakla birlikte, yeni ve etkileşimli bir çalışma ve iletişim ortamı sunmaktadır. Bu platformlar hem bilgi paylaşımını hızlandırmakta hem de projelerin anlaşılabilirliğini artırarak verimli bir çalışma sistemi sağlamaktadır. (Şekil 3.46)



Şekil 3.46 Sanal ortamda çalışma platformu örnekleri [26]

Sanal çevredeki bilgi paylaşımının ve çalışmaların en fazla yapıldığı ortam internettir. Günümüzde çoğu şirket farklı coğrafyalardan farklı firmalarla ortak çalışmalar yapmakta,

kimi zaman alıcı, kimi satıcı konumunda, şirketle ilgili çoğu işi internet üzerinden takip edebilmektedir.

Sanal çevredeki bütün gelişmeler “sınır” kavramını git gide ortadan kaldırmaktadır. Sanal gerçeklik sistemleri, zaman, mekan, coğrafya... bütün sınırları ortadan kaldırmaktadır. İçinde bulunduğumuz teknoloji ve bilgi çağında sanal çevrelerin ve sitemlerin sunmuş olduğu bütün bu yenilikler ve gelişmeler beraberinde zor ve yorucu bir takip gerektirmektedir. Bu nedenle daha çok çalışmak, daha çok araştırma yapmak ve edinilen bilgileri uygulamak gerekmektedir. Tez kapsamında yapılan çalışmalar da düşünceyle yapılmıştır.

3.5.1 Gerçek Zamanlı Etkileşimli Simülasyonlar

Gerçek zamanlı simülasyonlar bilgisayar animasyonlarından oldukça farklıdır. Animasyonlar daha önceden belirlenmiş ve render edilmiş imaj dizilerinin her saniyede 24-25 kare gösteriminden oluşan sabit bir yol üzerindeki illüzyondur. Modeli oluşturmak için gereken zaman dışında, her animasyon karesinin renderi için ayrı bir zaman gerekmektedir. Sahnenin karmaşıklığına göre, tekil her kare renderinin süresi değişir ve sonuç animasyon kullanıcı etkileşiminde çok sınırlı kalır. Bunun tersine, gerçek zamanlı modelin her karesi etkileşim anında render alınmakta, bu da kullanıcıyı modellenen çevreyi keşfetmekte tamamen özgür bırakmaktadır. Bunun için çok güçlü bilgisayarlar gerekmektedir. Animasyonda bitmiş ürünün renderi alınırken, gerçek zamanlı simülasyonlarda dolaşım anında makine render alır. Model hazırlandıktan sonra tekrar render almak için ayrı bir süre gerekmez.

Gerçek zamanlı modeller animasyona göre birçok avantaj sunar. En büyük avantajları, kullanıcının çevreyle etkileşimi ve kendi keşiflerini yapabilmesidir. Animasyonlar tek bakış açısı sağlarken, gerçek zamanlı model içinde tamamen serbest hareket edilebilmektedir. Kullanıcı kendi istek ve seçimine göre çevreyi keşfetme deneyimini yaşamaktadır. Ayrıca gerçek zamanlı modellerin yeni bilgi güncellemesi de çok kolaydır. Animasyonlarda render sonucu çıkan ürün bitmiş üründür ve güncellenmesi aynı render sürecinin tekrarı demektir. Gerçek zamanlı modeller ise tersine, kolaylıkla değişiklik yapılarak, bu değişiklikler modelin, donanımına bir dahaki yüklemesi sırasında dahil edilebilir.

Piyasada gerçek zamanlı simülasyonlar hazırlamak veya görüntülemek için geliştirilmiş Virtools, Nova, Quest3D, Ogre3D, oZone3D, BS contact, SubDo, TurnTool, VRML ve WireFusion ... bir çok yazılım bulunmaktadır. Hazırlanan simülasyonlar CD ROM veya DVD oynatıcıları aracılığıyla ya da online olarak internet üzerinden izlenebilmektedir. Fakat gerçek zamanlı 3 boyutlu model içinde dolaşmak için bazılarında her hangi ek bir plug-in

gerkemezken (Quest3D gibi), bazılarında ise ek bir plug-in gereksinimi (Subdo, Nova, Virtools, Cult3d gibi) duyulmaktadır. Simülasyonun yapılma amacına göre uygun modelleme ve izleme yazılımı seçilerek simülasyon hazırlanır.

Gerçek zamanlı simülasyonlar eğitim, mühendislik, uygulama, mimarlık, arkeoloji gibi bir çok disiplinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Mimarlar tasarladıkları binalarda müşterilerle birlikte gerçek zamanlı dolaşabilmekte ve sorgulama yapabilmektedir. Örneğin, bir konut modeli içinde gezinme esnasında, banyo zemini alternatif seramiklerle kaplanabilmekte veya mekanda gece, gündüz ışık etkisi gerçek zamanlı görülebilmektedir.

Arkeolojik alanların gerçek zamanlı yeniden inşa simülasyonları sayesinde arkeologlar, kazı bilgilerini ve yeniden inşa problemlerini üç boyutlu sorgulayabilmekte, yeniden inşa seçenekleri kolaylıkla modellenip, analiz edilip, değerlendirilebilmekte ve böylelikle alternatif modeller içinden en uygun olanın seçilmesiyle en doğru bilgiye ulaşılabilmektedir. Ayrıca modellere yenilerinin eklenmesi, düzeltmelerin yapılması ve güncellenmesi eş zamanlı olarak yapılabildiğinden, bütün bu bilgiler ziyaretçilerle anında paylaşılabilir.

3.5.2 Oyun Motorları

Günümüzde oyunlar, oyun yazılımında ve bilgisayar grafik kartlarındaki hızlı gelişimle, inandırıcı bir hız ve gerçeklikte görüntüyü gerçek zamanlı olarak bilgisayar ekranına getirebilmektedir. Teknolojik gelişmelerle birlikte oyunlardaki dönem, mekan, hikaye ve karakter sunumlarındaki başarı da artmaktadır.

Bir oyunu oluşturan en önemli unsur oyunun motorudur. Oyun motoru grafik, ses, fizik ve varsa çoklu oyuncu özelliklerini belirleyen bir programdır. Bir oyun motoru, oyunda var olan ışık efektleri, çarpışma hesaplamaları gibi özelliklerin oyuna yerleştirilmesini sağlar.

Oyun programlaması yazılım ve kodlama bilgisi gerektirir. Oyun motoru programı yazmak için öncelikle, çok iyi matematik, geometri ve fizik bilgisine sahip olmak gerekmektedir. Çünkü objelerin birbiri ile etkileşimi matematik ve fizik formülleriyle sağlanmaktadır.

Oyunun görsel içeriğini oluşturabilmek için de bazı yazılımlar kullanılır. Genelde en çok Microsoft DirectX veya OpenGL kullanılmaktadır. Bunları kullanabilmek için de C++, Java, Delphi veya Visual Basic gibi programlama dillerinden bir tanesini bilmek gerekir.

Piyasa da hazır oyun motorları da mevcuttur. Birden fazla oyunun aynı oyun motorunu kullanabilmesi, programlama süresini ve maliyeti önemli oranda düşürmektedir. Fakat bunları kullanmak ve müdahale etmek için de yazılım ve programlama dili bilgisi gerekmektedir.

Torque, Unreal, Quake, Half Life gibi, fiyatları yüz binlerce dolara kadar çıkabilen ticari oyun motorları, genelde oyun yapımına yardımcı ek programlarla birlikte dağıtılmaktadır. Open Source (Açık Kaynak) özgürlüğünü kullanan ve ücretsiz olan CrystalSpace gibi oyun motorları, nispeten basit aracı programlarla üretilmekle beraber, Blender gibi diğer özgür yazılım ürünleriyle birlikte kullanılarak, ticari yazılımlara gerek olmadan oyun üretebilmektedir. Oyun motorunun alt programlarından "Fizik motoru", nesnelerin dış dünya ile etkileşimlerini sağlamaya, örneğin yerçekimi ve çarpışma gibi dış etkenlerin fizik yasalarına uyumlu bir şekilde oyuna taşınmasına yaramaktadır. [27]

Teknolojinin son noktasındaki bir çok yazılım ticari uygulamalar için fazla karmaşık gelebilmektedir. Daha basit araçlar ise gerçek dünyanın render gücü ile yarışmamaktadır. Quest3D, Nova ve Virtools gibi oyun motorları ise herhangi bir yazılım ve kod bilgisi gerektirmemektedir.

Oyun motorları sadece oyunlar da değil, eğitim, sanal şehir sunumları, mimari gösterimler, tarihi ve kültürel mirasların 3B modellemeleri gibi gerçek zamanlı simülasyon uygulamalarında da kullanımı giderek artmaktadır.

Çoklu kullanıcı bir oyun motoru kullanarak yaratılan mimari tasarım ortamlarında mimarlar binaları ve çevrelerini dönüştürebilmekte ve tasarım ekibiyle değişiklikleri paylaşabilmektedir. Hatta tasarım sürecinde ve sonrasında ürün kullanıcıları ortama dahil edilerek karşılıklı fikir alışverişi yapılabilmektedir (Ayanoğlu, 2006).

Tarihi ve kültürel mirasın korunması çalışmalarındaki görevli ekipler mimarlık, arkeoloji, sanat tarihçisi, harita, fotogrametri gibi disiplinlerden oluşmaktadır. Ekipteki herkes uzman oldukları alanlara göre belgeleme ve arşivleme çalışmalarındaki bilgi kazanımı, çizim, yorum, modelleme gibi aşamalarda görev almaktadır. Gezilecek alanlar büyük ve tarihi yapılar genelde oldukça ayrıntılı olduğundan hazırlanan modelleri sunmak için güçlü oyun motorları gerekmektedir. Bu gibi çalışmalarda her ne kadar maliyeti ve süreyi de arttırsa da özellikle hazırlanan modelin görselleştirme ve sunumunu yapmak için bilgisayar programcısı ya da yazılım kod ve dil bilgisi olan biri olmadığı sürece istenilen kalitede sonuç ürün elde edilememektedir. Fakat, Quest3D gibi oyun motorları sayesinde modeller sanal sunumlara çevrilip, istenildiği gibi şekillendirilebilmektedir.

Quest3D'nin en büyük avantajlarından biri gerçek zamanlı 3B projeleri programlama bilgisine ihtiyaç duymadan ve tek satır kod yazmadan yaratabilmektir. Böylece daha az zamanda ve düşük maliyetle oyunlar ve simülasyonlar hazırlanabilmektedir. Quest3D'nin

özel “channel” sistemi proje üzerinde mutlak hakimiyet sağlar. Bu metod herhangi bir programlama istemeden, her şeyi grafikler yardımıyla düzeltme ve düzenleme imkanı sağlar. Yukarıda sayılan sebeplerden dolayı ve programın getirileri göz önünde bulundurularak pilot Pedasa Arkeolojik Yerleşiminin gerçek zamanlı etkileşimli 3B simülasyonunda Quest3D programı kullanılmaya karar verilmiştir.

3.5.3 Web

Günümüzde birçok alanda proje tasarımı veya sunumu aşamasında üç boyutlu tasarım programlarından yararlanmaktadır. Tasarımda veya sunumda kullanılan programlar yerel bilgisayarlarda veya yerel ağ üstünde çalışacak şekilde yazılmışlardır. İnternet kullanımının yaygınlaşması ve buna yönelik yazılan programların artması ile birçok disiplin gerekli özgür ve ortak çalışma ortamını İnternet üzerinde bulabilmiştir.

İnternet, dünyadaki en büyük proje ekibi ve malzeme deposudur. Hemen hemen her alanda, her konuda bilgiye veya bu konuda bilgi sahibi kişilere internet üzerinden ulaşmak mümkündür. Dahası dünyanın neresinde olunursa olsun iş takibi yapılabilmekte ve farklı kişilerle ortak projeler yürütülebilmektedir. Mekan değiştirmeden, internet üzerinde sanal mekanlarda telekonferanslar yaparak, projeleri sunmak, tartışmak ve yeni tasarım düşünceleri geliştirmek özellikle mimarlık alanında çok kullanılan bir yöntemdir. Günümüzde artık mimarlar hem tasarımlarını hem de tasarladıkları projelerin sunumu internet üzerinden yapmaktadır. Hatta şimdilerde tasarlanan binaların ve çevrelerin Web3D’ye yönelik hazırlanan sunumları ile internet üzerinden yapılan serbest dolaşımalar sayesinde, daha kolay ürün pazarlaması ve sunumu yapılabilmektedir (Uğur ve Özgür, 2003).

İnternet herkesin en kolay şekilde ulaşabildiği tek platform olduğu için herkes tarafından kullanılan ve tercih edilen bir ortamdır. Dünya üzerinde çoğu kişinin gidip göremediği binlerce şehir, tarihi yapı, arkeolojik alan vardır. Bu yerlerle ilgili bilgi şimdiye kadar kitaplardaki, dergilerdeki yazılardan veya belgesellerden elde edilebilmiştir. Günümüzde ise internet üzerinde, sanal şehirleri gezmek, tarihi ve kültürel bilgi sahibi olmak, sorgulama ve keşif yapmak, hatta alışveriş yapmak mümkündür.

İnternet günümüzde en büyük pazar halini almıştır. Çoğu ürünün tanıtımı, pazarlaması ve satışı artık internet üzerinden yapılmaktadır. Modelleri bir kere İnternet’e yerleştirilen ürünler bilgisayar aracılığı ile İnternet üzerinden dünyanın dört bir tarafından etkin bir şekilde üç boyutlu olarak incelenebilir hale gelmektedir (Uğur, 2002). Mimari projelerin de internet üzerinden tanıtım ve sunumları da gittikçe yaygınlaşmaktadır. Buna paralel olarak mimari

Web3D teknolojileri de sürekli gelişmektedir. Bu sayede hem daha iyi modeller ve daha iyi sunumlar hazırlanabilmekte hem de daha hızlı bir şekilde hedef kitleye ulaşılabilmektedir.

Web siteleri genelde metinler, resimler ve vektörel grafik teknolojileri yardımıyla gerçekleştirilmiş olan iki boyutlu çizim ve animasyonlardan oluşmaktadır. Günümüzde Web tasarımcıları üç boyut sayesinde, ulaşmak istedikleri görselliği gerçeğe daha yakın bir şekilde sunabilme imkanı bulmaktadır. Gerçek dünyadaki üç boyutluluk, bilgisayar ortamında da üçüncü boyut ihtiyacı doğurmaktadır. Üç boyutlu görüntüler daha fazla ilgi çekmekte ve görselleştirmeyi gerçeğe en yakın şekilde sağlamaktadır. 3B modellere etkileşimli olarak herhangi bir eksen etrafında döndürülüp, ötelenerek kolaylıkla bakabilme ve ayrıca modelin hareketli görüntülerini elde edebilme imkanı sunmaktadır. İki boyutlu grafikler bu açıdan bakıldığında çok yetersiz kalmaktadır (Kalaycı ve Uğur, 2005).

Web3D teknolojilerinin kullanımında, Netscape ve Internet Explorer gibi popüler web tarayıcılarına da eklenebilen görüntüleyiciler yardımıyla, ürünlerin üç boyutlu modellerinin, üç boyutlu uzayda fare gibi bilgisayar araçları yardımı ile döndürülmesi, taşınması, büyütülüp küçültülmesi dışında, renklerinin değiştirilmesi ve kullanılması mümkün olabilmektedir.

Günümüzde kullanılan bazı Web3D teknolojileri aşağıda belirtilmiştir.

- VRML(Virtual Reality Modeling Language), X3D (Extensible 3D)
- JAVA, JAVA3D
- Quest3D, TurnTool, Nova gibi Web 3D yazılımları ve izleme programları
- MPEG-4 (Motion Picture Experts Group)
- Quicktime
- Adobe Flash

VRML(Virtual Reality Modeling Language), 1994 yılından bu yana en çok kullanılan teknolojilerden birisi olup, ilk ciddi Web3D teknolojisidir. Daha önceki bölümlerde de anlatıldığı gibi, etkileşimli üç boyutlu nesne ve ortamları tanımlamayı sağlayan basit metinsel bir dildir .VRML, ISO (International Standards Organization) tarafından uluslararası standart olarak kabul edilmiştir. VRML 1.0, VRML 2.0 ve VRML 97, X3D olmak üzere üç sürümü vardır. “VRML 97, VRML 2.0’ın ISO standartlarına göre düzenlenmiş şeklidir. VRML-NG yani X3D, 1999 yılında, üç boyutu her ortama taşıma çabaları sonucunda ortaya çıkmıştır.

X3D, VRML'in XML (Extensible Markup Language) ile temsil edilmesini sağlamanın yanında NURBS yüzeylerinde ve Desen Kaplamada yenilikler getirmiştir. VRML ile nesnelere değişik maddesel nitelikler verilebilir. Yansıtıcılık, saydamlık, parlaklık gibi birçok özelliğin tanımlanmasını sağlar. Gruplandırma özellikleri yardımı ile sandalye gibi birlikte hareket eden bileşik nesneler oluşturulmasını sağlar" (Uğur ve Özgür, 2003). VRML bir dosyası ekranda oynatmak için öncelikle plug-in yüklemek gerekmektedir. Cosmo Player ve Parallel Graphics Cortona en çok kullanılanlarıdır.

Aşağıdaki tabloda (Çizelge 3.2) internet üzerinde üç boyutun görülmeye başladığı 1994 yılından itibaren Web ortamında en çok kullanılan teknoloji olan VRML'in gelişimi özetlenmektedir (Kalaycı ve Uğur, 2005).

Çizelge 3.2 VRML ve X3D Tarihçesi (Kalaycı ve Uğur, 2005)

Tarih	İsim	Yetenekler
1994	VRML 1.0	3B Görselleştirmeler ve sahneler
1996	VRML 2.0	Ses, Etkileşim, Canlandırma ve VRMLScript desteği
1997	VRML97	VRML 2.0'ın hata ve kusurları giderildi, EAI ("External Authoring Interface") desteği (Başta Java olmak üzere diğer dillerle yazılmış programlarla etkileşim olanağı) sağlandı. Çok kullanıcıli dünyalar geliştirilmeye başlandı. Aralık ayında uluslararası bir standart oldu. (ISO/IEC DIS 14772-1)
1999	X3D	Çekirdek ve VRML profili tanımlandı.
2000	X3D	Farklı profiller gerçekleştirildi
2002	X3D	VRML97 ve X3D birleştirildi ve ISO VRML2002 standardı haline geldi.

Java yazılımı, açık kodlu, nesneye yönelik bir dil olan, Java programlama dilinde yazılan "küçük uygulamaları" (applet) çalıştırmayı sağlar. Bu küçük uygulamalar online oyun oynamayı, dünyanın dört bir yanındaki insanlarla sohbet etmeyi ve resimleri üç boyutlu olarak görüntülemeyi sağlamaktadır. Java programlama diline üç boyutlu grafikler eklenmesini ve üç boyutlu grafiklerin oluşturulmasında Java programlama dilinin kullanılmasını sağlar.

“Java 3D, Java’da üç boyutlu ve etkileşimli grafik uygulamaları ve üç boyutlu etkileşimli grafikler içeren “applet”ler geliştirmek için kullanılan yüksek düzeyli uygulama geliştirme arayüzüdür (API). Java’nın platform bağımsızlığı gibi bütün özelliklerini taşımaktadır. Bir Java 3D Uygulamasını veya Applet’i derlemek için javac (java compiler) ve çalıştırmak için java yorumlayıcısı (java, applet viewer veya Internet Explorer, Netscape gibi bir web tarayıcısı) yeterlidir. Normal java programlarının derlenmesi ve işletilmesinden hiçbir farkı yoktur” (Uğur ve Özgür, 2003).

Quest3D, TurnTool, Nova gibi Web 3D yazılımlar sayesinde internet üzerinde gerçek zamanlı çok kullanıcıli oyun oynanabilmekte, üç boyutlu mekanlarda dolaşılabilir. Bu programlar sayesinde online eğitim, pazarlama, eğlence gibi bir çok alanda, gerçek zamanlı olarak etkinlik yapılabilir. Fakat önceki bölümlerde de belirtildiği gibi bu programların bazılarını bilgisayarda oynatmak için programa özel plug-in yüklemek gerekebilir.

MPEG-4, Motion Picture Experts Group (Hareketli Görüntü Uzmanları Birliği) tarafından geliştirilen ve geliştirilmeye devam edilen çoklu iletişim görüntü kodlama standardıdır. MPEG-4, daha önce geliştirilen ve halen kullanılmakta olan MPEG-2’ye göre daha yüksek sıkıştırma olanaklarına ve daha yeni kodlama araçlarına sahiptir.

QuickTime, Flash gibi programlarla sabit görüntü dizileri birleştirilerek, sağa-sola, yukarı-aşağı gidilebilen, 3B mekan hissi veren mekanlar yaratılıp, ses efektleri de eklenerek Web üzerinden izlenip, etkileşim kurulabilmektedir. Flash, oldukça yaygın bir kullanım alanına sahip olup, farklı yazılımlarla uyumlu olduğundan değişik arayüzlerde farklı yazılımlarla birlikte kullanım olanağı sunmaktadır. Örneğin Visual basic arayüzünde, Flash ve TurnTool’un birlikte kullanımı ile zengin bir görsel sunum yapılabilir.

Her geçen gün, üç boyutlu grafik yazılımları geliştirmek ve İnternet üzerine üç boyutlu içerik eklemek için yöntemler çoğalmaktadır. Bu gelişmelere paralel olarak da, Web3D altyapısı güçlenmekte ve Web3D teknolojileri gelişmektedir. Üç boyutlu içerik oluşturmak için eskisi kadar kod yazma gerekliliği olmadığı için, programlama bilgisi olmayanlar da 3 boyutlu simülasyonlar hazırlayarak internette görüntüleyebilmektedir. Bütün bu gelişmeler karşısında Web 3D’nin en büyük sorunu standardizasyondur. Bu nedenle, yazılımlar arasındaki uyumsuzlukları ve kullanıcıların çok sayıda teknoloji arasında tercih yapamama problemini aşabilmesi için standartlaşmanın en kısa zamanda sağlanması gerekmektedir.

3.5.4 Kiosk

Kiosk etkileşim kurulabilen, yönetsel bir yazılımla desteklenen, bir kabin içine yerleştirilmiş bir çeşit bilgisayardır. İnsansız erişim noktaları olan Kiosk'lar aynı zamanda gösteri istasyonu olarak da tanımlanabilir. Kiosk'lar, müze, hava alanı, liman, gar, tarihi ve turistik merkezler gibi kamuya açık mekanlarda ya da fuar, seminer gibi geçici organizasyonlar süresince tanıtım, bilgilendirme ya da yönlendirme amaçlı kullanılan gelişmiş interaktif araçlardır. Tanıtım, bilgilendirme veya yönlendirme amaçlı hazırlanan panolar da Kiosk olarak tanımlanmaktadır.

Kiosk'larda, genellikle kullanıcıların klavye veya fare (mouse) gibi işaretçileri kullanmaları kullanım kolaylığı açısından uygun değildir. Bu nedenle Kiosk'larda dokunmatik ekranlar kullanılır. Gerekğinde bir yere dokunularak ekranda bir klavye açılması sağlanır.

Kullanılan bilgisayar ve ekranın korunması için Kiosk'lar, sabitlenmiş kabinler içine yerleştirilir. Kabin tasarımları ve kaliteleri kullanıcı üzerinde bırakılan etki açısından son derece önem kazanır. Kiosk'lar kullanılacakları ortam ve koşullara göre farklı tasarımlara ve malzemeye sahiptirler. Aşağıda farklı kullanım alanlarında uygulanmış Kiosk örnekleri görülmektedir. (Şekil 3.47)



Şekil 3.47 Farklı Ortamlarda Uygulanmış Kiosk Örnekleri [28]

Kullanılacakları ortam ve mekanlara göre Kiosk'lara değişik yazılımlar ve ek parçalar gibi çeşitli özellikler eklenmektedir. Örneğin, mağazada kullanılacak bir Kiosk'ta barkod okuyucu ile ürün tanıma sağlanabilir ya da Kiosk üzerinden kredi kartlı ödeme ile kasiyersiz hızlı ürün satış kasası oluşturulabilir. Bankalarda Kiosk'lar üzerindeki manyetik ve smart kart okuyucu üniteleri ile bankacılık işlemleri gerçekleştirilebilir ya da Kiosk'a yerleştirilen "Call Center" sistemi ile, ekrandaki telefon numarasına dokunarak, müşteri hizmetlerinin interaktif olarak yönlendirme sağlanabilir.

Tarihi ve turistik yerleşimlerdeki Kiosk'larda etkileşimli bilgi aktarımı ve görsel sunumlar önem kazanmaktadır. Geliştirilen yazılım avantajı sayesinde hedeflenen kitleye iletilmek istenen bilgiler video, foto, animasyon, etkileşimli simülasyon olarak görsel destekli ve müzik, text olarak aktarabilmektedir. Dokunmatik ekranı ve ekrana dokunarak kullanılan klavyesi sayesinde sistem içinde sorgulama yapılabilmekte, , internet ve e-mail bağlantısı sağlanabilmektedir. Bu sayede bir diğer sunum ortamı olan Web'le de bağlantı kurulabilmekte ve bu ortamdaki bilgilerden de faydalanılabilmektedir.

Kiosk sitemindeki bilgilerin, sunumların ve uygulamaların güncellenmesi ise servis ekipleri tarafından yerinde veya uzak ağ bağlantısı olan sistemlerde, sistemin çalışır vaziyette olduğu ağ üzerindeki uzak bir bilgisayar aracılığı ile kolaylıkla yapılabilmektedir.

4 SAYISAL ÇOKLU ORTAMLARDA OLUŞTURULMUŞ ARKEOLOJİK YERLEŞİMLERE ÖRNEKLER

Tez kapsamında, sayısal çoklu ortamlarda oluşturulmuş arkeolojik yerleşimleri incelemek amacıyla, üç yurt dışı, üç yurt içi olmak üzere toplam altı örnek proje incelenmiştir. Bu projelerin seçilme amaçları, pilot proje bölgesi olan, Pedasa Arkeolojik yerleşiminde, Çiftlik Evi için tez kapsamında yapılan çalışmalara ve diğer araştırma bölgelerinde yapılacak çalışmalara örnek teşkil etmesi, yapılmış benzer projelerin nitelikleri, projelerde kullanılan yöntem ve teknikler, yazılımlar, medyalar hakkında bilgi sahibi olmak ve çalışma süreçlerini görmektir.

İlk olarak incelenen proje, Pompeii'dir. Pompeii ile ilgili günümüze kadar bir çok çalışma yapılmış ve halen yapılmaktadır. Bu incelemede, yapılan bu çalışmalardan ikisi üzerinde durulmuştur. İlki, başta Carnegie Mellon Stüdyosunda uygulanan ve daha sonra farklı kişiler tarafından geliştirilen model, diğeri de **MIRALab** (Geneva Üniversitesi) ve **FORTH** (Araştırma ve Teknoloji Fonu-Hellas) tarafından yönetilen VRlab'ın (Sanal Gerçeklik Laboratuvarı) da aralarında bulunduğu 11 farklı kurum ve kuruluşun geliştirdiği projedir. İlk proje farklı süreçlerde yapılan bir çalışmada, gelişen bilgisayar yazılımlarının projenin gelişimini nasıl etkilediğini görmek, ikinci proje aynı çalışma bölgesinde başka ekiplerin yapmış olduğu çalışmalardaki, ileri teknoloji ve arttırılmış gerçeklik uygulamaları hakkında bilgi vermek amacıyla incelenmiştir. İkinci proje, modelleme teknikleri ve sunumda kullanılan medyalarla farklılık göstermektedir.

İkinci olarak incelenen proje, California Üniversitesi, Los Angeles' deki (UCLA) Şehir Simülasyon Takımı ve İsrail İlkçağ Otoriteleri (IAA) işbirliği ile hazırlanmış olan Herodian Tapınak Dağı Modeli kompleksinin gerçek zamanlı etkileşimli modeli ve Kudüs Arkeolojik Parkı'nda yapılan çalışmalardır. Bu proje, "Arkeolojik Park" incelemelerinden birini oluşturmaktadır ve Park'ta kurulan araştırma-geliştirme merkezi, proje kapsamında yapılan modelleme ve simülasyon çalışmalarının niteliği ve süreç açısından oldukça faydalı bir inceleme olmuştur.

Üçüncü olarak incelenen proje, Heidelberg Üniversitesi'nin Bilimsel Sayısallaştırma Merkezi (IWR) ve Phnom Penh'de Güzel Sanatlar Krallık Üniversitesi'nden (RUFA) öğrencilerin ortak grubu olan Angkor proje grubu (APG) tarafından yapılan Phnom Bakheng Tapınak Bölgesinin çok amaçlı etkileşimli görselleştirme ve sunum çalışmasıdır. Bu projede de ikinci projede olduğu gibi iki üniversite ortak çalışmıştır. Proje, kullanılan teknikler,

çalışma yöntemi ve projenin anlatıldığı açıklayıcı yazılarıyla, oldukça başarılı hazırlanmış örneklerden biridir.

Dördüncü olarak incelenen proje, Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, Grafik Animasyon Bölümü tarafından VRML (Virtual Reality Modelling Language) aracılığı ile uzaktan öğretimin nasıl desteklenebileceğini göstermek için hazırlanan bir çalışma olan, Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı VRML Uygulamasıdır. Bu proje, daha çok uzaktan öğretimde kullanılmak üzere, eğitim amaçlı hazırlanmış bir proje olup, VRML yazılımının olanakları çevresinde, hazırlanmıştır.

Beşinci olarak incelenen proje, “İstanbul Teknik Üniversitesi Jeodezi Anabilim Dalı” ve “Koç Üniversitesi Tarih Bölümü” ortak projesi olan, Kumkale ve Seddülbahir Kalelerinin Dokümantasyonu Projesi ve pilot uygulama olan Kumkale Mezarlığı Bilgi Sistemidir. Bu projede, gerçekleştirilen ölçme kampanyaları ve süreçte yapılan çalışmalar, arkeolojik ve tarihi yerleşimlerde yapılacak benzer çalışmalar için yol gösterici bir örnek uygulama niteliğindedir. Ayrıca, çalışma oldukça başarılı bir çoğul ortam destekli CBS uygulamasıdır.

Altıncı olarak incelenen proje, Ankara’daki çeşitli üniversitelerin Sanat Tarihi, Tarih ve Antropoloji bölümlerinden bir grup gencin bir araya gelerek kurduğu bir “Gençlik Girişimi” olan “Kayıp Şehre Geri Dönerler”in yapmış olduğu, Ani Harabeleri’nin 3 boyutlu simülasyonu (yeniden canlandırma) çalışmasıdır. Bu proje de, Türkiye’de bu alanda az sayıda yapılan çalışmalardan biridir. Dünyanın en zengin tarihi ve kültürel geçmişine sahip ülkelerden biri olan Türkiye’de bu tür çalışmalar sayesinde tarih yeniden canlandırılacak ve Türkiye tanıtımı daha iyi yapılacaktır. Geçmişe yönelik yapılan, modelleme ve simülasyon çalışmalarının sayısı arttıkça da, ortaya çıkan ürünlerin kalitesi de bir öncekinden daha iyi olacaktır.

İlk üç proje yurt dışında yapılan örnekler incelenmiştir ve bu projelerde kullanılan teknikler, yazılımlar, medyalar, başvuru yöntemler yurt içinde yapılan projelerle kıyaslandığında, yurt içindekiler yurt dışında yapılan projelere göre oldukça basit ve teknolojiden uzak kaldıkları görülmüştür. Yurt içindeki projelerde, ne yurt dışında yapılan projelerde ortaya çıkan ürünlerin niteliğinde bir modelleme yapılmış ve bu modelleri yapacak yazılımlar kullanılmış, ne Kudüs Arkeolojik Parkı’nda olduğu gibi bir merkez kurulup, bu merkezde son teknolojik donanımlarla ziyaretçilerin tamamen sarmalanıp, geçmişi deneyimlemeleri sağlanmış, ne de Pompeii’de olduğu gibi, ziyaretçilerin kullandığı medyalarla sunum yapmak hedeflenmiştir. Proje ekibi olarak, Bodrum Pedasa Arkeolojik Park’ında ve diğer çalışma

bölgelerinde hedef, en yeni yazılım ve donanımlar kullanarak, yurt dışında yapılan projeler niteliğinde modeller ve sunumlar hazırlamak ve bunları en son teknolojik aletlerle, medyalarla ziyaretçilerin kullanımına sunmaktır.

Çizelge 4.1’de, tez kapsamında incelenen, bilgisayar teknolojileri ve yazılımları kullanılarak, sayısal çoklu ortamlarda hazırlanmış örnek uygulama incelemelerinin karşılaştırma tablosu verilmiştir.

4.1 Pompeii

Roma İmparatorluğu'nun ihtişamını yansıtan Pompeii şehrinin, milattan sonra 24 Ağustos 79 yılında eteklerinde kurulu olduğu Vezüv Yanardağı'nın patlamasıyla tarihe karıştığı felaket herkes tarafından bilinmektedir. Yaklaşık 2000 yıl önce yaşanan bu lav ve kül felaketi, bu kentin insanlarını ani bir biçimde yakalamıştır. Felaket öylesine ani olmuştur ki, her şey 2000 yıl öncesinde olduğu gibi kalmış, sanki zaman dondurulmuştur. Halk, günlük yaşantıları içinde felaketle karşı karşıya kaldıkları için, insanlar ekmek pişirirken, yemek yerken, alışveriş yaparken lavların içinde kalmış, çoğu kaçmaya fırsat bulamadan kül olmuştur.



Şekil 4.1 Pompeii felaketinin bir illüstrasyonu (Bonaventura, 2002)

Pompeii'nin böyle bir felaketle yeryüzünden silinmesinin ardından arkeolojik kazılar ilk olarak 1594 ve 1600 yılları arasındaki kanal çalışmaları sırasında kalıntıların fark edilmesinden sonra başlamıştır (Bonaventura, 2002). 1748 yılında ise ilk ciddi kazı çalışmalarına başlanmıştır.

Pompeii ile ilgili çok fazla sayıda arkeoloji ve tanıtım çalışması yapılmış ve halen yapılmaktadır. Bu çalışmaların bazıları birbirini tamamlayan bazıları da en son teknolojileri denemek ve yapılabilecekleri görmek için geliştirilmiş projelerdir. Bu örnek incelemede, Pompeii ile ilgili şimdiye kadar yapılmış olan çalışmalardan, iki model çalışması incelenmiştir. İlki, başta Carnegie Mellon Stüdyosunda uygulanan ve daha sonra farklı kişiler

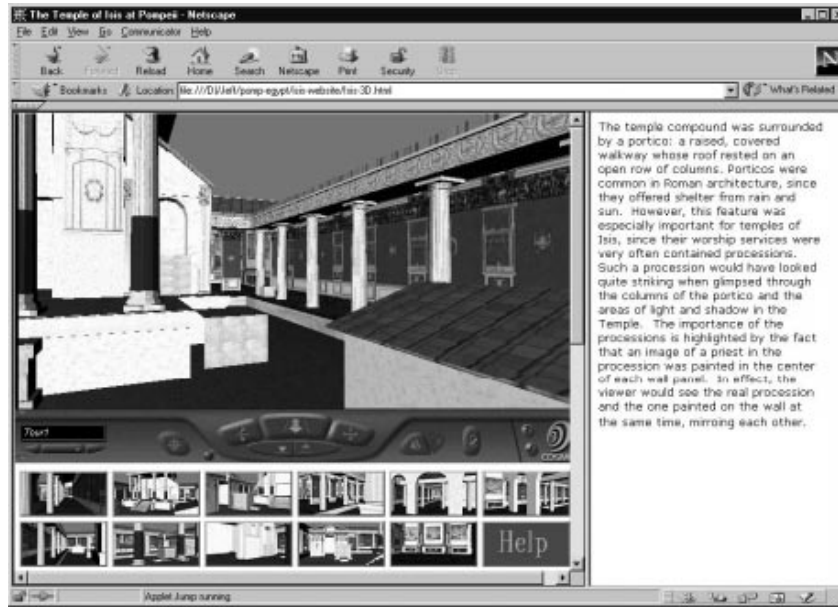
Çizelge 4.1 Proje Karşılaştırma Tablosu

Projeler	Proje Sorumluları	Tarih	Konum	Modelleme ve Görselleştirme	Sunum	Proje Sitesi	Sergi veya Müze	Restorasyon, Yeniden İnşa
Pompei	Carnegie Mellon Üniversitesi	1993-1999 ve 2005	Pompei, İtalya	3ds Max	Web'de VrmI Arayüzünde Sunum, Büyük Ekranda (120 Derece) ve Mobil Araçlarla Etkileşimli Sanal Tur	http://pompeii.virginia.edu/	Var	Devam Ediyor
	MIRALab and FORTH	2002-2004		3ds Max ve Maya' da Modelleme, Canlandırma için MPEG-4 Hesaplama Modelleri Geliştirme	Mobil Arttırılmış Gerçeklikle Dolu Sarmalayan Çevrede Gerçek Zamanlı Yenilikçi 3b Simülasyon, Animasyon	http://lifeplus.miralab.unige.ch/H-TML/home.htm	Yok	Bitmiş
Kudüs Arkeolojik Parkı: Herodian Tapınak Dağı Modeli	UCLA ve IAA	1999-Devam Ediyor	Kudüs, İsrail	Photoshop' ta Resim Düzeltilmeler MultiGen' de Modelleme, uSim' de Render	Sarmalayan Bir Ortamda 3b Etkileşimli Simülasyon, Animasyon, 360° Panoramalar, Etkileşimli Haritalar	http://www.archpark.org.il/	Var	Devam Ediyor
Phnom Bakheng Tapınak Bölgesinin Çok Amaçlı Etkileşimli Görselleştirilmesi ve Sunumu	IWR ve RUFA	2005-Devam Ediyor	Angkor, Kamboçya	Gimp' de Resim Düzeltilmeler, AutoCAD' de Modelleme, Blender' de Düzeltilmeler ve Render	3b Simülasyon, Animasyon, Etkileşimli Haritalar	http://pille.iwr.uni-heidelberg.de/~b-akheng/	Var	Devam Ediyor
Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı VrmI Uygulaması	Anadolu Üniversitesi	2003	Kütahya, Türkiye	3ds Max	Web'de VrmI Arayüzünde Sunum	Yok	Yok	Devam Ediyor
Çanakkale'deki Osmanlı Kaleleri CBS Projesi	İ.T.Ü	1997-Devam Ediyor	Çanakkale, Türkiye	Photoshop' ta Resim Düzeltilmeler, AutoCAD' de çizim, 3ds Max' de Modelleme ve Unix ortamında Render	3b Simülasyon, Etkileşimli Haritalar	http://www.seddulbahirkumkale.com/	Yok	Devam Ediyor
Ani Harabeleri 3 Boyutlu Simülasyonu	Gençlik Girişimi	2005-Devam Ediyor	Kars, Türkiye	?	3b Simülasyon, 360° Panorama	http://www.kayipsehirani.org/	Var	Devam Ediyor

tarafından geliştirilen model, diğeri de **MIRALab** (Geneva Üniversitesi) ve **FORTH** (Araştırma ve Teknoloji Fonu-Hellas) tarafından yönetilen VRlab'ın (Sanal Gerçeklik Laboratuvarı) da aralarında bulunduğu 11 farklı kurum ve kuruluşun geliştirdiği projedir. İlk proje gelişen bir projede teknolojiyle birlikte değişen modelleri görmek, ikinci proje aynı çalışma bölgesinde geliştirilen ileri teknoloji ve artırılmış gerçeklik uygulamaları hakkında bilgi vermek amacıyla incelenmiştir.

İlk projedeki Sanal Pompeii, 1995 de Studio for Creative Inquiry'de (SFCI) Carnegie Mellon Stüdyosunda, Silicon Grafik ve diğer organizasyonların yardımıyla geliştirilmiştir. Proje kapsamında Isis Tapınağı, Horus Tapınağı, Lady Hao' nun Mezarı, Büyük Tiyatro, Üçgen Forum ve bağlantılı mekanlar modellenmiştir.

Isis Tapınağı 1995'de Carnegie Mellon'da **SIMLAB** tarafından geliştirilmiştir. 3B model, VRLM yerine sahne görüntülerinden oluşmuştur ve VRML kontrol paneli yoktur. Model, 1995-1996 Ekim ve Haziran ayları arasında Silicon Grafik, CMU ve diğer kuruluşların sponsorluğunda DeYoung Müzesi'nde gösterilmiştir. Projenin VRML/HTML/Java versiyonu 1999'da gönüllüler tarafından yapılmıştır (Jacobson and Vandal, 1999).



Şekil 4.2 Isis Tapınağı, 1999 VRLM versiyonu (Jacobson and Vandal, 1999)

Horus Tapınağı Carnegie Mellon Üniversitesinde **SIMLAB**'da 1993, 1994 ve 1995 yazlarında geliştirilmiştir. Intel ve Sense-8 sponsorluğunda Guggenheim ve SIGGRAPH 1994'de gösterilmiştir. Isis Tapınağı'ndaki gibi sahne görüntülerinden oluşan modelde, kullanıcının harita üzerine tıklayarak gezebilmesi sağlanmıştır.

Lady Hao' nun Mezarı da 1997-98 yarıyılarında okul projesi olarak geliştirilmiştir. Bu projede ise diğerlerinden farklı olarak kullanıcıların sorgulama yapabileceği bir ara yüz geliştirilmiştir. Ara yüzde tasarlanan butonlarla objenin dönemi, işlevi ve malzemesiyle ilgili bilgi alınması sağlanırken, açıklayıcı yazılarla ara yüz zenginleştirilmiştir.



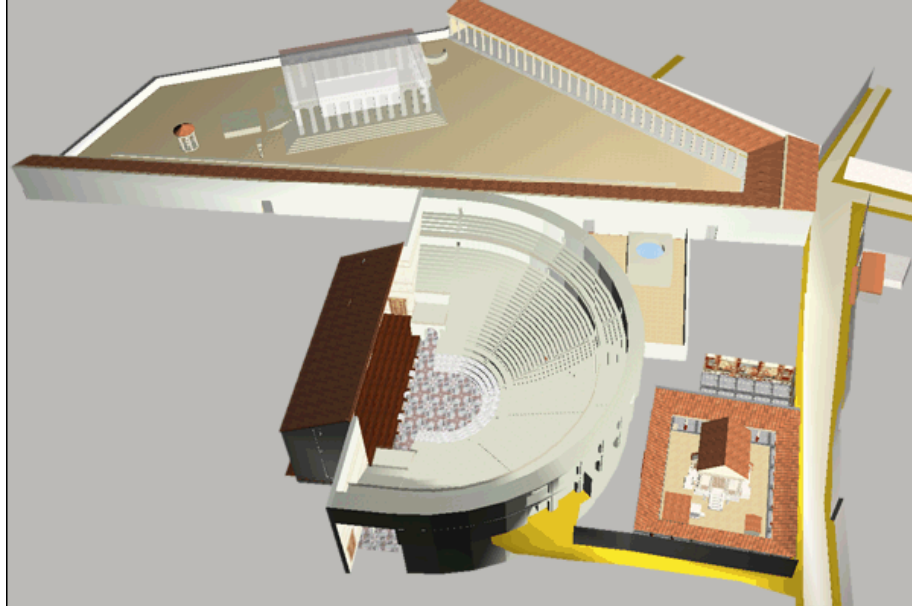
Şekil 4.3 Sanal Lady Hao'nun Mezarı'nın arayüzü (Jacobson and Vandal, 1999)

Projenin web sayfası HTML'de yazılmış, kontroller JAVA'da ve 3B modeller VRML'de yazılmıştır. Sahnede dolaşmayı sağlamak için plug-in olarak COSMO VRML kullanılmıştır (Jacobson and Vandal, 1999).



Şekil 4.4 Sanal Isis Tapınağı modeli (Jacobson and Vandal, 2005)

Projenin son hali Studio for Creative Inquiry’de (SFCI) Carnegie Mellon Üniversitesi’nde 1995-96’da yapılan modelin geliştirilmesinden elde edilmiştir. Geliştirilen Pompeii projesi, Tiyatro Bölgesi (Şekil 4.5) merkezli sanal yeniden inşa çalışmasıdır. Bölgeyle ilgili çok fazla kaynak olması ve şehir yaşantısını yansıtan çeşitli aktivitelere ev sahipliği yapmasından dolayı çalışma alanı olarak tiyatro bölgesi seçilmiştir. Çalışma alanı Büyük Tiyatro, Isis Tapınağı ve Üçgen Forum olmak üzere üç önemli anıtı içermektedir.



Şekil 4.5 Tiyatro bölgesine genel bakış (Jacobson and Vandal, 2005)

Sanal Pompeii projesi web sitesinde halka açık olup, standart bir ev bilgisayarında model içinde dolaşılabilir. Proje sitesinden [29] projenin modeli, kullanılan malzemeler ve VRML dosyası indirilip, incelenilmektedir. Siteden modeller dışında, orijinal ses kayıtlarına, kalıntıların ve çizimlerin taranmış imajlarına ve yazılı bilgilere ulaşılabilir. Projenin son hali Alabama’da büyük ekranda (120 derece) ve mobil araçlarla etkileşimli sanal tur imkanı sağlayan ortamda ziyaretçilere sunulmaktadır. [29]

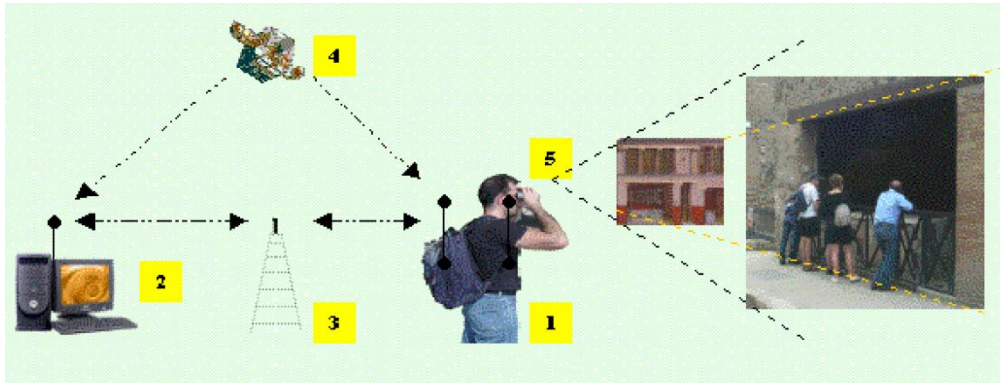
Pompeii’nin Web’den indirilen VRML modelini masaüstü bilgisayarında izlemek için VRML plug-in’i gerekmektedir. Tavsiye edilen Octagon (Octagon 2005) olmakla birlikte, diğer browserlar da kullanılabilir (Cortona 2005, BlaxxunContact 2005, Cosmo 2005). Proje modelleri, sarmalayan Vr ve masaüstü 3B medya yardımıyla, sınıfta, evde, müzede eğitim amaçlı kullanılmaya hazırdır (Jacobson and Vandal, 2005).

Pompeii ile ilgili yapılan çalışmalardan bir diğeri de **MIRALab** (Geneva Üniversitesi) ve **FORTH** (Araştırma ve Teknoloji Fonu - Hellas) tarafından yönetilen Vrlab’ın (Sanal

Gerçeklik Laboratuvarı) da aralarında bulunduğu 11 farklı kurum ve kuruluşun geliştirdiği projedir. Proje 2002 Mart ayında başlamış ve 2004 Kasım ayında tamamlanmıştır. Pompeii projesi, kültürel mirasların korunmasına yönelik geliştirilen ileri teknoloji sistem uygulaması olan **LİFEPLUS** sistem projesinin bir uygulamasıdır.

LİFEPLUS yenilikçi taşınabilir elektronik bir tur rehberi niteliğindedir. Bu uygulamada, açık veya kapalı arkeolojik alanların ve müzelerin ziyaretçilerine sürekli, otomatik, kişisel sesli bilgi verilebilmektedir.

Son yıllarda dünyada arkeolojik alanlarda ve müzelerde çoklu ortam rehberlik uygulamaları farklı bir boyut kazanmış ve bu alandaki teknolojiyi tetiklemiştir. Bu tetikleme beraberinde mobil teknolojilerin de gelişmesini sağlamıştır. Arttırılmış gerçeklik turları, kişisel ve davranış tabanlı işlemleri içeren uygulamalar sektörü oldukça hareketlendirmiştir. Dijital teknolojiler ve yüksek kalite grafik ve animasyonlar beraberinde kültür, sanat gibi geleneksel alanları algılama yolunda büyük bir değişim getirmiştir.

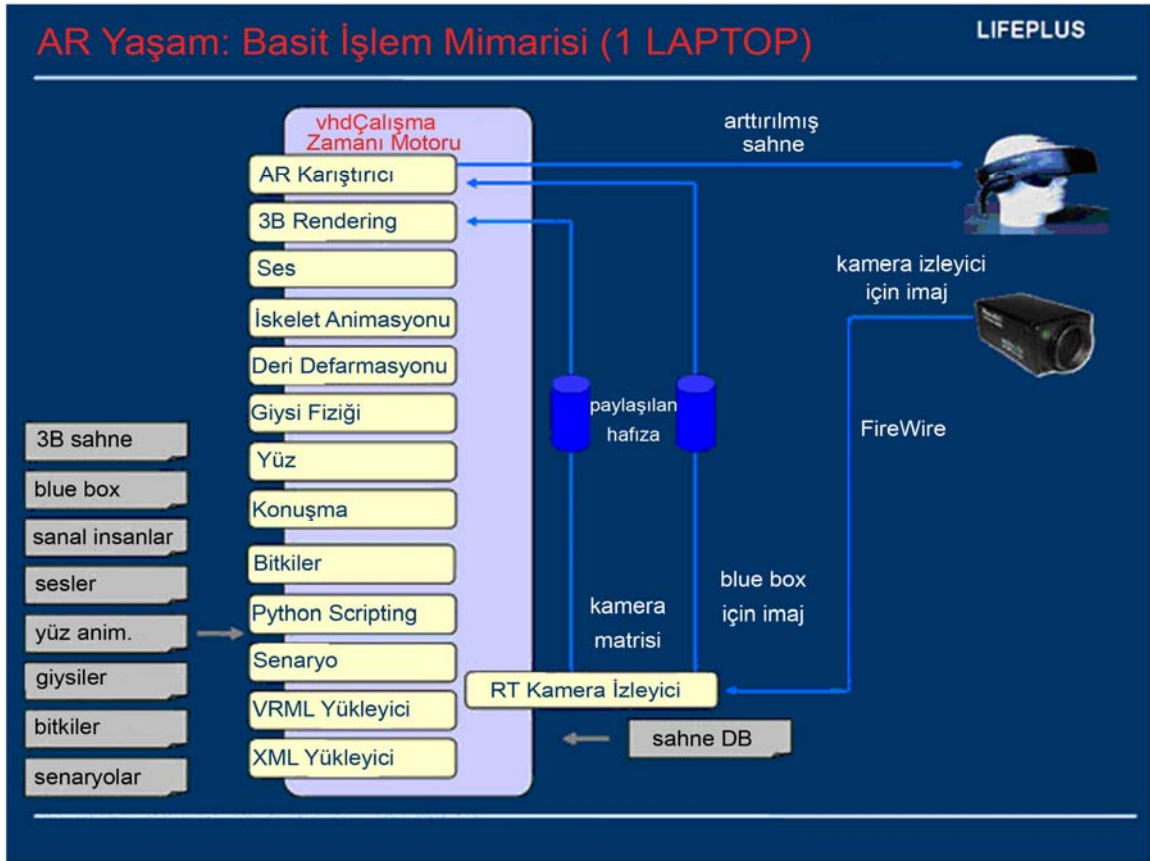


Şekil 4.6 LİFEPLUS donanım yapısı (1. mobil AR aletleri, 2. merkezî dağıtıcı, 3. haberleşme altyapısı, GPS uydusu, 5. AR dürbün (Vlahakis vd., 2003))

Bu proje tarihi ve arkeolojik yerlerin ziyaretinde şimdiye kadar başvurulmuş yazılı ve görsel, ziyaretçilerin merak ettiği bütün bilgileri içeren rehber kitapçıkların, ziyaretçileri bilgilendirme amaçlı Kiosk'ların, Cd'lerin, internetten verilen bilgilerin ötesinde gezi sırasında onları bilgilendirmeye yönelik yapılmış bir çalışmadır. Uygulamada, ziyaretçilerin merak ettikleri yerlerle ilgili bilgileri arkeolojik alanı gezerken, sanal ortam araçları kullanarak kendi tercihleri doğrultusunda edinmeleri sağlanmıştır. Bunun için, tarihi şehir haritası referans alınarak detaylı alan araştırması yapılmış ve mevcut plan kullanılarak arkeologların ve bölge temsilcilerinin anlattığı hikayelere göre tematik turlar tanımlanmıştır. Sonuçta şehrin farklı bölgelerini ve farklı yaşam senaryolarını kapsayan iki farklı tur

tasarlanmıştır (Vlahakis vd., 2004).

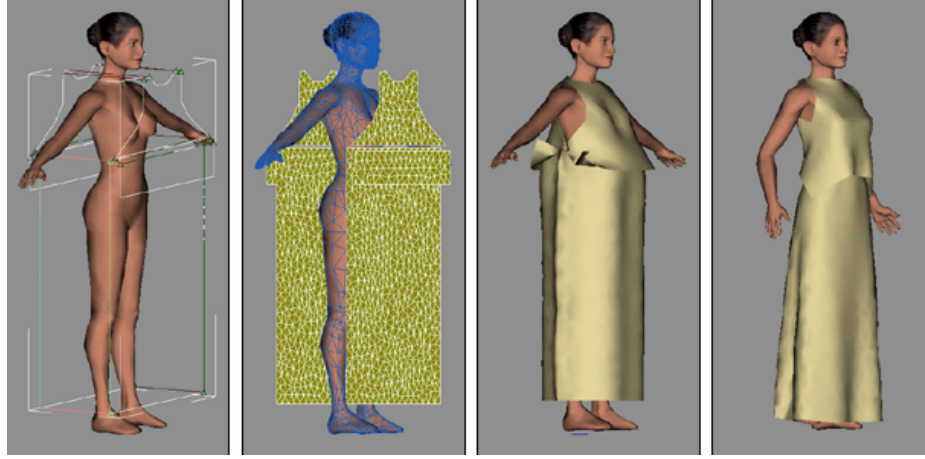
Pompeii şehir turları proje ekibinin geliştirdiği **LİFEPLUS** sistemine göre hazırlanmış Augmented Reality (AR -Arttırılmış Gerçeklik) yaşam simülasyonlarını içermektedir. Buna göre, senaryolara göre 3B insan modelleri yaratılarak canlandırılmış, yüksek kalite hareket canlandırmaları kumaş duruşlarıyla denenmiş, 3B bitkileri doğal çevrelerinde simule edilmiştir (Vlahakis vd., 2003). Aşağıdaki şema (Şekil 4.7) AR yaşam simülatörünün çalışma sistemini göstermektedir.



Şekil 4.7 AR Yaşam simülatörü sistemi [30]

Projede eskinin ziyaretçilerine geçmişe doğru sarmalayan ve yenilikçi çoklu-duyusal etkileşimli bir gezi hazırlanmıştır. Uygun işbirliği ve karşılıklı etkileşim çerçevesinde çeşitli Vr teknolojileri kullanılmıştır. Projede gerçek zamanlı karakter renderleri, gerçek zamanlı kamera izleyişleri, yüz ve konuşma simülasyonları, vücut simülasyonları, 3B ses, kıyafet simülasyonları yapılmıştır. Bunları yapmak için gerekli donanım olarak Quadro 4500 GL NVIDIA grafik kartlı DELL P4 M50 Mobil Bilgisayar ve videodan hızlı imaj kazanımı için Unibrain marka kamera kullanılmıştır. Çalışmada dinamik detay düzeyi kontrolünden dolayı kamera izleme sistemi çift işlemcili 3.02 Ghz Pentium 4 pcde saniyede 14 ile 30 kare arasında

performans göstermiştir (Papagiannakis vd., 2004). Yüz ve konuşma modelleri 3ds Max veya Maya gibi 3B modelleme yazılımları kullanılarak ve bir karakterin iki fotoğrafı kullanılarak geliştirilen bir yöntem olan fotoğraf kopyalama tekniğiyle yapılmıştır. Canlandırma için MPEG-4 hesaplama modelleri geliştirilmiştir. Giysiler modellenirken önceden belirlenen kumaş ve vücut modeli arasındaki durumlar ve geometrik özellikler kullanılarak yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. 3B sanal vücuda oluşturulan kumaş çarpıtılarak, kumaşın vücutta duruşu benzetilmiştir (Şekil 4.8) (Papagiannakis vd., 2002).



Şekil 4.8 Eski giysilerin sanal olarak oluşturulması (Papagiannakis vd., 2004a)



Şekil 4.9 Eski giysilerin sanal olarak oluşturulması ve sahne örneği (Papagiannakis vd., 2004; Thalmann vd. 2004)

İncelenen her iki Pompeii pojesinde de bilgisayar teknolojisi kullanılarak, geçmişi anlamaya ve ifade etmeye çalışılmıştır. İlk proje aynı projede VRML uygulamasının, zamana bağlı gelişim sürecini görme açısından önemlidir. İkinci proje ise, sanal ortamların ve araçlarının daha hakim olduğu bir proje olup, bilgisayar teknolojisiyle bu alanda yapılabilecekleri gösterme açısından oldukça başarılı bir projedir. Projede, Augmented Reality (AR -Arttırılmış Gerçeklik) yaşam simülasyonları çalışmaları mümkün olduğunca gerçeğe yakın bir şekilde

yapılmaya çalışılmış, uygulamalar net bir şekilde açıklanmıştır. Ayrıca, gezi turları sırasında, **LİFEPLUS** siteminde, geliştirilen senaryolara uygun hazırlanan simülasyonların mobil araçlarla izlenebilmesi, oldukça etkileyicidir. Bu sayede, ziyaretçilerin kurgulanan mekanları maksimum gerçekçi duygularla deneyimleyip, hikayeleri dinleyerek sarmalanmaları sağlanmıştır. Sonuçta, her iki proje de, Pompeii'nin geçmişini yeniden canlandırma ve bunu bu konuda başkalarını bilgilendirme yöntemleriyle, başarılı örneklerdir.

4.2 Kudüs Arkeolojik Parkı: Herodian Tapınak Dağı Modeli

Proje Tanımı

Kudüs'te yer alan, 480 metre uzunluğunda ve 280 metre genişliğindeki, 2000 yıl önce inşa edilen Tapınak Dağı kompleksinin (Şekil 4.10) gerçek zamanlı etkileşimli modeli California Üniversitesi, Los Angeles' deki (UCLA) Şehir Simülasyon Takımı ve İsrail İlkçağ Otoriteleri (IAA) işbirliği ile hazırlanmıştır. Model, 2001 yılının Nisan ayında Kudüs Arkeolojik Parkındaki Davidson Sergi ve Sanal Yeniden İnşa Merkezinde kullanıma açılmıştır.



Şekil 4.10 Kudüs Arkeolojik Parkı hava fotoğrafı [32]

Süreç

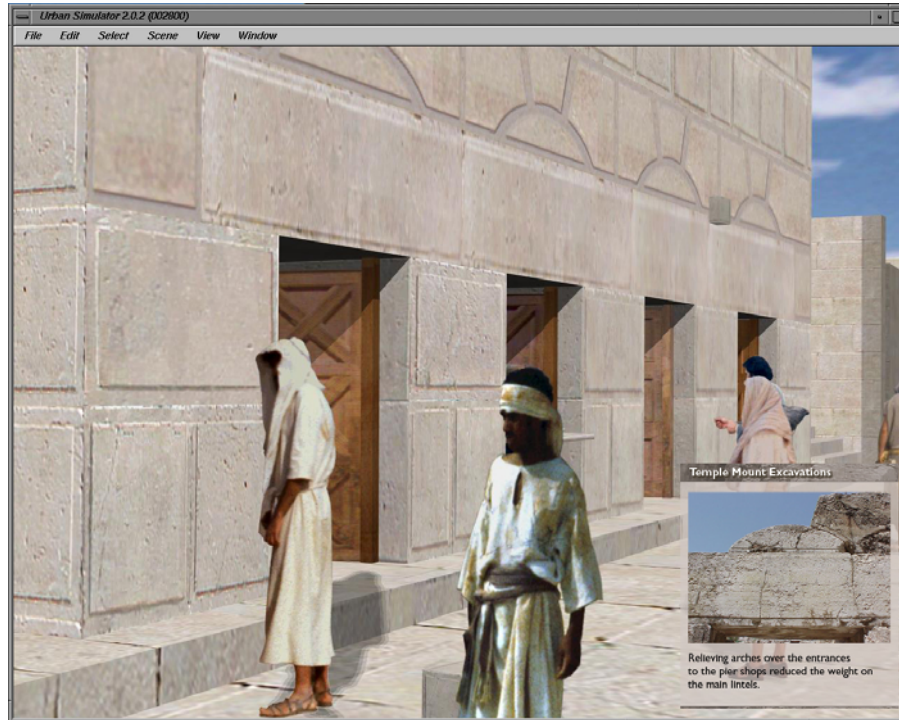
Herodian Tapınak Dağı'nın etkileşimli bilgisayar simülasyonu, UCLA takımından doktora öğrencisi, Lisa M. Snyder tarafından hazırlanmıştır. İlk olarak Lisa Snyder, Kudüs'e gidip,

900 dijital fotoğraf çekerek kazı alanında çekebildiği her detayı kaydetmiştir. Snyder, Westwood' a geri dönüşünde bu fotoğrafları kazı alanı yeniden inşa sorumlusu arkeolog Ronny Reich' in eskizleriyle birleştirerek hiyerarşik bir dosya düzeni oluşturmuştur. Ayrı ayrı 300 doku haritası içeren, birbirine bağlı, toplam 200 bilgisayar dosyası oluşturmuştur. Çalışma süresince Snyder, arkeolog Reich' le sadece birkaç kez yüz yüze görüşmüştür. Bilgi alışverişini çoğunlukla e-mail ve internet yoluyla sağlamışlardır. Bütün grup bu çalışma için iki yıl boyunca toplam 1600 saat harcanmıştır.

Modelleme ve Görselleştirme

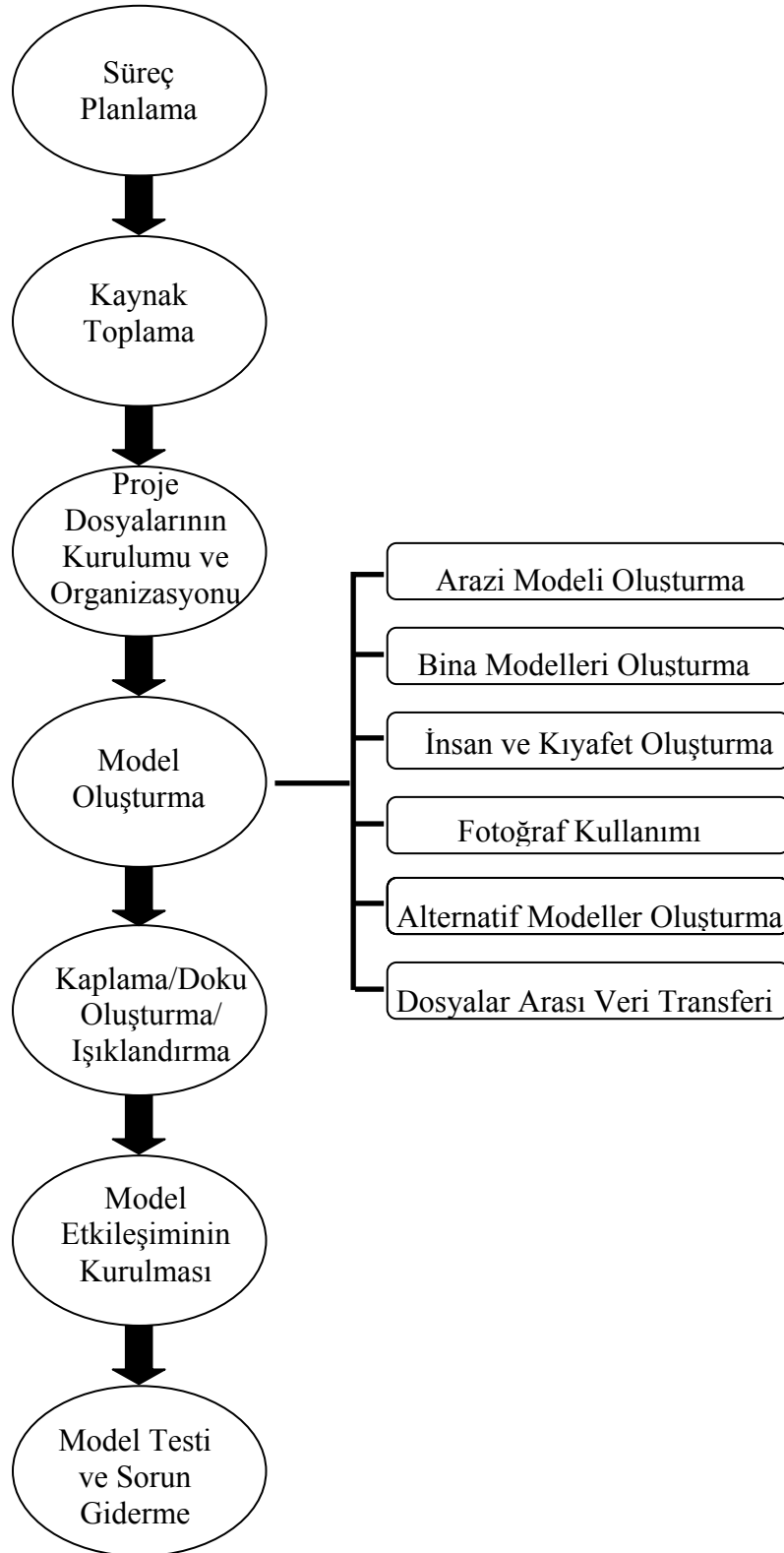
Projenin ilk bölge modelleri UCLA takımından Lisa Snyder tarafından tarihi Kudüs'ün topografik haritasının dijitalleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Daha sonra bu modeller topografik çizgilerin katman bilgisinin oluşturulduğu ve bunları uygun yüksekliğe getirildiği, MultiGen-Paradigmin CreatorPro 3B yazılımına aktarılmıştır. Bu arada, eski şehir duvarlarının sınırlarını aldığı ve yükselttiği tarihi Kudüs haritasıyla günümüz modern Kudüs hava fotoğrafı birleştirilmiştir.

Yapının geometrisini oluşturmada ve doku haritalandırmada malzeme kaynağı olarak 1999 ziyareti süresince çekilen resimler kullanılmıştır. (Şekil 4.12)



Şekil 4.11 Sağ altta gerçek resim ve modellenmiş örneği [33]

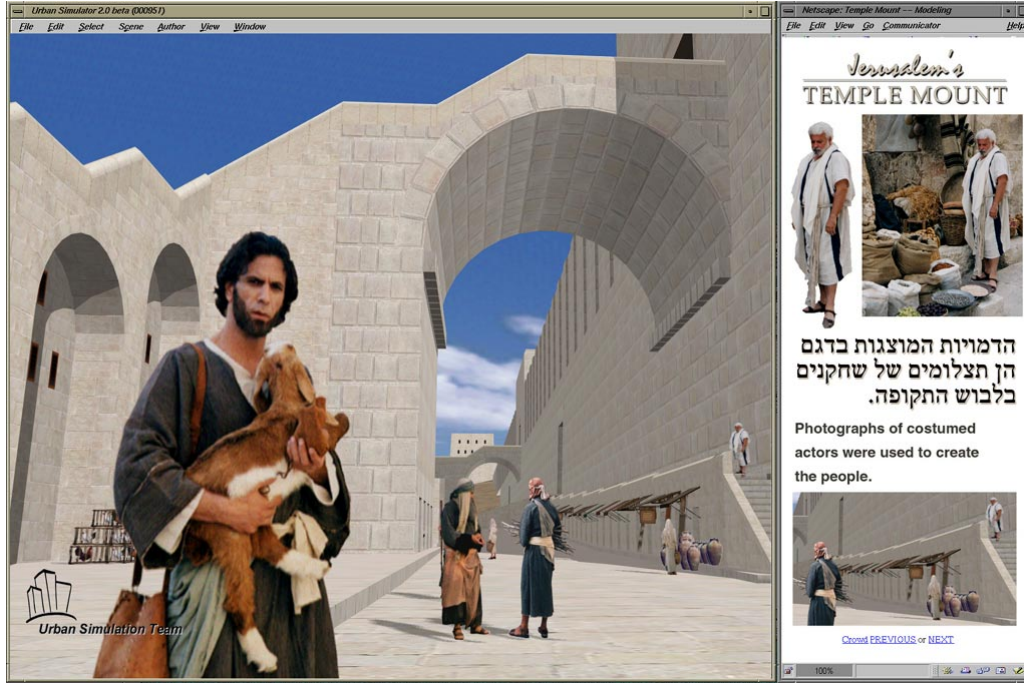
Şekil 4.12'deki akış şeması verilen projenin, görselleştirmesi tam olarak arkeolojik kanıt ve doğru tarihi bilgilere göre hazırlanmıştır.



Şekil 4.12 Herodian Tapınak Dağı Modeli akış şeması

Lisa Snyder'a göre en uğraştırıcı kısım gerçek zamanda kullanılacak olan gerçekçi modeli oluşturmak olmuştur.

Poligonları korumak için, modelde 3B model kullanmak yerine 2B billboard stilinde karakterler, hayvanlar ve eşyalar kullanmıştır. (Şekil 4.13)

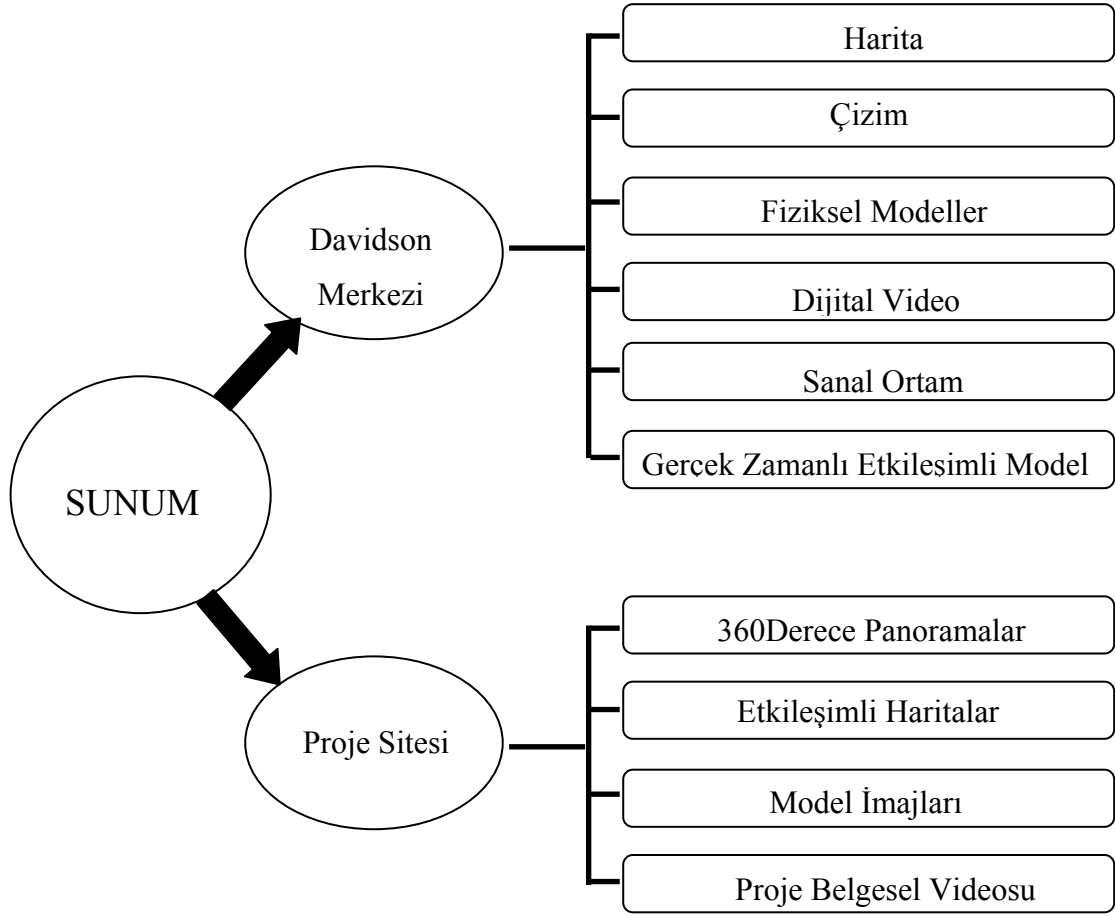


Şekil 4.13 2B Billboard stilinde hazırlanan karakter, hayvan ve eşya sahne örnekleri [34]

Çizelge 4.2 Tapınak dağı modelinde kullanılan programlar

İŞLEM	PROGRAM
Modelleme	MultiGen-Paradigmin CreatorPro 3B
İmaj İşleme	Photoshop
Render	uSim
Sunum	Silicon Graphics Onyx2 Infinite Reality 2

Sunum



Şekil 4.14 Sunum çeşitlerini gösteren diyagram

Davidson Merkezinde Herodian Tapınak Dağı Modelini Silicon Graphics Onyx2 Infinite Reality 2 çalıştırmaktadır. Bu iş istasyonu yaklaşık olarak her saniyede 30 kare yaratmaktadır. (33 milyonsaniyede bir kareye karşılık gelen- renderi 20 dakika süren tek animasyon karesinden 36,000 kez daha hızlı). Bu render gerçek zamanlı modelin yapım ve renderinin uygun bilgilerle hazırlanmasını gerektirir. Bunun için Herodian Tapınak Dağı Modeli 2 yazılım bileşenine dayanmaktadır. İlki üç boyutlu modeli oluşturmak için kullanılan programdır. Merkez, MultiGen kullanarak bu modeli oluşturmuştur. MultiGen, poligonal yüzey modelleyicidir. Yani bu programda yapının sadece görünen yüzeylerini ya da kabukları modellenmektedir. Çok kenarlı poligonlar ve üç kenarlı üçgenler MultiGen de yaratılan üç boyutlu bina bloklarını oluşturmaktadır. İkinci yazılım bileşeni modelle etkileşim kurmak için kullanılmaktadır. Merkez, UCLA'da Şehir Simülasyon Takımı tarafından geliştirilen bir yazılım paketi olan 'uSim' kullanmaktadır. Bu program iyi bir simülasyon deneyimi için, model çevresindeki kullanıcı hareketlerini değerlendirmekte ve bilgisayarı uygun karelerin renderini alması için yol göstermektedir. Render edilen sanal bilginin karmaşıklığından dolayı sayısallaştırma hızı ve gücü uSim için kritiktir. Herodian Tapınak Dağı Modeli için, uSim 33

milyonsaniye değerlendirme ve her karede ortalama 45,000 üçgen renderi almaktadır. Üçgen sayıları objelerin detay düzeylerinden gelmektedir. Objeye olan uzaklık da detay düzeyini belirlemektedir. Böylelikle objeye ne kadar uzaksak o kadar az detaylı, ne kadar yakınsak o kadar çok detaylı gördüğümüz için üçgen sayıları da artmaktadır. (Şekil 4.15)



Şekil 4.15 Detay düzeyli modellenen tapınak sütunları [2]

Çalışmada, model çoğaltmada MultiGen Creator'ın animasyon tekniklerini kullanılmıştır. Örneğin, çoklu bir poligona duman imajı yapıştırılıp, Creator'da canlandırılmış, böylece bir sunaktan duman çıkıyormuş gibi gözükmesi sağlanmıştır.

Çalışma sürecinde, arkeolojik parkın ortasında Davidson Merkezi kurulmuştur. Merkez haritalar, çizimler ve fiziksel modelleri içeren bir yeraltı kompleksidir. 2005 Nisan ayında açılan merkezde, IAA (İsrail İlkçağ Otoriteleri) ve UCLA' deki Şehir Simülasyon Takımı tarafından hazırlanan Herodian Tapınak Dağı'nın gerçek zamanlı 3B etkileşimli modeli, ziyaretçileri girdikleri özel bir odanın içinde serbest oda yürüyüşüyle tarihi Kudüs'ü keşfetmek üzere model içersine almaktadır.

Simülasyon geniş bir ekranda, gerçek zamanlı yürüyüşleri rehber arkeologların denetlediği bir ortamda gösterilmektedir. Bunun için SGI Onyx2 İnfiniteReality3 işletasyonu kullanan uSim gerçek zaman yazılımı kullanılmış. Ayrıca ziyaretçilerin gerçek kazıyla dijital yeniden inşayı birlikte görmeleri için tıklanabilir kareler oluşturulmuştur.



Şekil 4.16 Antik şehir simülasyonundan bir sahne [35]

Projenin merkezden erişilen gerçek zamanlı etkileşimli modeli, çizimleri, haritaları, 8.5 dakikalık dijital videosu, maketler gibi fiziksel ve görsel sunumları dışında, sitesinde de belgesel filmi, etkileşimli haritaları, modellerin 360 derece panoramaları, model imajları ve projeye ilgili yazılı bilgiler sunulmaktadır.

İncelenen örnekler kapsamında, Herodian Tapınak Dağı Projesinin anlatımı projenin internet sitesinden[30], UCLA'nın internet sitesinden [29] ve yayınlanan yazılardan [32], [33], [38], [39], [40], [41] faydalanarak yapılmıştır.

Değerlendirme

Kudüs' ün üç semavi din için de kutsal bir şehir olması, burada yapılan her çalışmada herkesin ilgisini buraya çekmektedir. Bu da burada yapılan çalışmaların önemini daha da arttırmaktadır. UNESCO başta olmak üzere, birçok kuruluş bölgede yapılan çalışmalara ciddi para yardımıyla bulunmaktadır.

UCLA ve IAA' nın hazırlamış olduğu bu proje gerek çalışma süreci, gerek yapılan işin niteliği, gerek proje sitesi ve yapılan işlerle ilgili yayınlamış bildirileriyle bu konuda yapılmış en iyi örneklerden biridir denilebilir. Proje sitesi büyük bir özenle hazırlanmış ve projeye ilgili her şey ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir. Ayrıca, UCLA'nın yapmış ve yapmakta olduğu diğer çalışmalar incelendiğinde çalışmanın niteliği açıkça belli olmaktadır.

Kudüs Arkeolojik Parkıyla ilgili çalışmalar devam etmektedir. Kasım 2006'da yeni gerçek

zamanlı etkileşimli modeller ve bunların izlenebileceği ikinci bir galeri kamuoyuna sunulmuştur.

4.3 Phnom Bakheng Tapınak Bölgesinin Çok Amaçlı Etkileşimli Görselleştirilmesi ve Sunumu

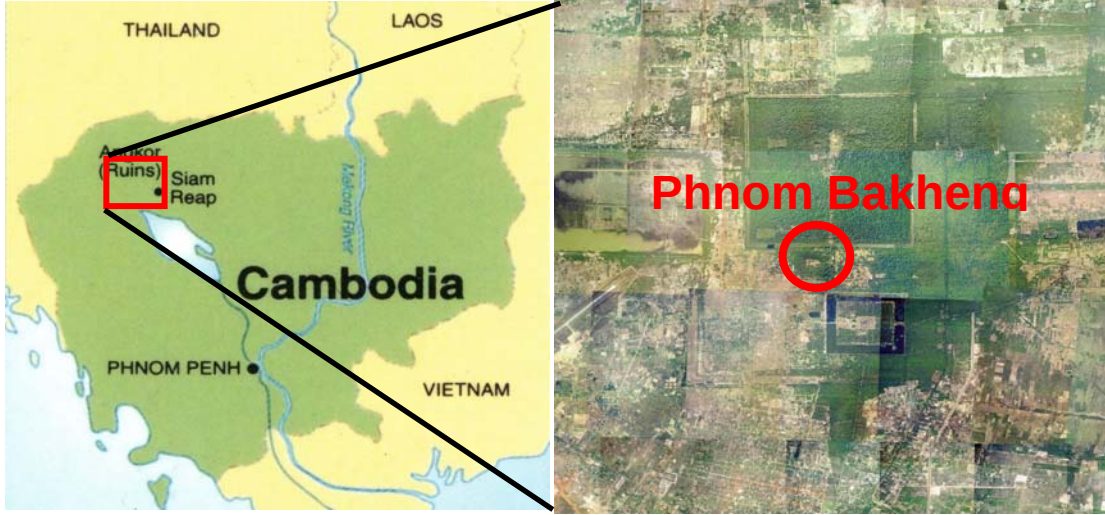
Proje Tanımı

Angkor proje grubu (APG), Heidelberg Üniversitesi'nin Bilimsel Sayısallaştırma Merkezi (IWR) ve Phnom Penh'de Güzel Sanatlar Krallık Üniversitesi'nden (RUFA) öğrencilerin ortak grubudur. APG, Aralık 2005'te mimari ve arkeoloji uygulama alanlarında önemli araştırmalar yapmak üzere, her iki üniversitenin ortak çabası sonucu oluşturulmuştur. Grup, proje seçimlerinde, ortak ilgi alanı olan Angkor tapınak alanını esas bölge olarak belirlemiştir. İki üniversiteden yaklaşık onar kişilik öğrenci grupları oluşturulmuştur. UNESCO, World Monuments Fund (WMF) gibi çeşitli medya ve organizasyon grupları da bu projede katkıda bulunmaktadır.

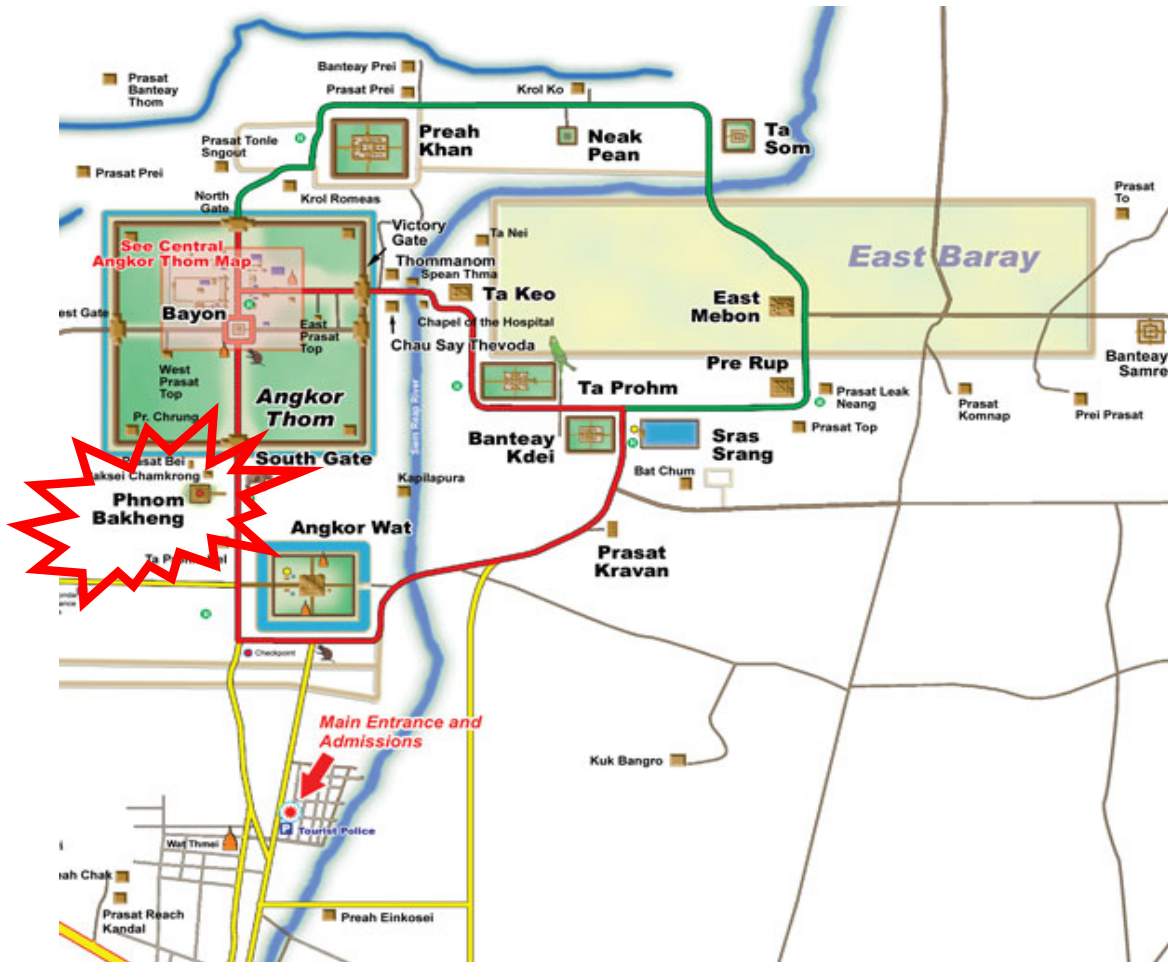
Angkor Wat Kamboçya'nın kuzey batısında yer alan Siem Reap şehrin 20 kilometre dışında, Unesco'nun "Dünya Mirası" listesinde yer alan bir dünya harikasıdır. 8.yy ile 14 y.y.'lar arasında yüzlerce tapınak 160 km²'lik bir alan içinde inşa edilmiştir. Angkor Wat, hem en büyük tapınağın, hem de tüm yörenin adıdır. Angkor Wat, göğe yükselen merdiven basamakları, yüzlerce sütun, iç içe geçen avlular, yontu sanatının harikası dev insan suratları, lotus çiçeği şeklindeki beş, on katlı kulelerle oldukça etkileyici bir görünüme sahiptir. Angkor Wat'ın bir özelliği de, sonra gelenin kendinden öncekinin yaptığını bozmamasıdır. Bu sayede Angkor, Hinduizm ve Budizm sanatının en değerli örneklerini her bir yanında taşımaktadır. [42]

Phnom Bakheng, Angkor Wat'ın doğu girişinin 1300 metre kuzeyinde ve Angkor Thom'un güney girişinin 400 metre güneyindedir. Ormanın içinde 60 metre yüksekliğinde doğal bir tepe görünümündedir. Phnom Bakheng, 9.y.y sonunda yapılmış olup, Angkor krallığının ilk merkezidir. Tapınak, etrafında irili ufaklı 108 kule ve minareden oluşmaktadır. 108 rakamı Hinduizm ve Budizm'de kutsal sayılmaktadır. Anıtın yedi düzeyi (zemin, beş kat, üst teras) Hindu mitolojisinde Indra'nın yedi cennetini temsil etmektedir.

APG'nin projelerinden biri de Phnom Bakheng Tapınak Bölgesinin çok amaçlı etkileşimli görselleştirme ve simülasyonudur. [43]



Şekil 4.17 Phnom Bakheng konum haritası (Krömker and Winckler, 2006a)



Şekil 4.18 Angkor Arkeolojik Park haritası 2. bölüm [44]

Süreç

The Gottlieb Daimler ve Karl Benz-Foundation, Ladenburg (Almanya) sponsorluğuyla RUFA e-mail bağlantısı ve sınırlı internet kullanımı kazanmıştır. Bu küçük gözükse de, iki ayrı yerde bulunan öğrenciler arasında iletişimi ve fikir değiş tokuşu sağlayacak çok önemli bir detaydır.

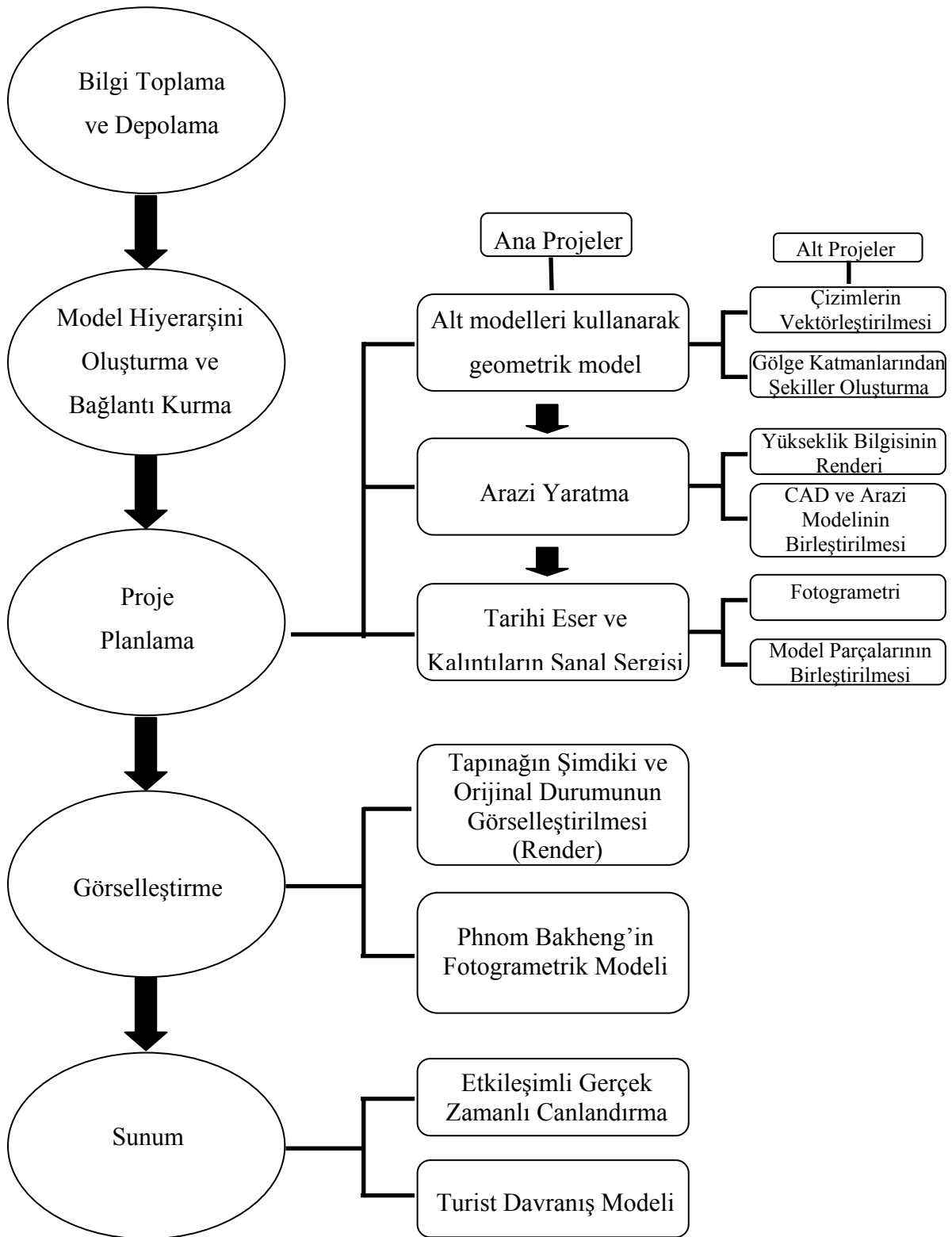
Projede başlangıç olarak, birkaç tapınak bölgesi modellenmiştir. Bu modeller iki üniversitedeki farklı proje gruplarının ayrı çalışmalarından oluşmuştur. Devam eden süreçte Nisan 2005’de Almanya’dan dört kişilik bir öğrenci grubu ve bir okutman Phnom Penh ve Siem Reap’ı ziyaret etmiştir. Dört haftalık program sonunda hem ilerdeki projeye temel olacak bir sürü dijital bilgi elde edilmiş, hem de iki üniversitenin öğrencileri arasında çok iyi diyaloglar ve kişisel bağlantılar kurulmuştur. Bu ziyaretin ardından UNESCO bursu destekli bir okutman ve dört öğrenci 2005 sonbaharda Kamboçya’dan Almanya’ya gitmiştir. Sekiz haftalık süreçte, bilgi alışverişi, disiplinler arası ortak çalışmalar, geziler yapılmıştır. Bu arada, projede tanımlanmış olan, APG’nin anahtar araştırma bölgesinde yapılan fotogrametri tabanlı bina modelleri ödüllendirilmiştir.

Modelleme ve Görselleştirme

Bölgede yapılan araştırmalardan elde edilen bilgiler doğrultusunda aşağıda sıralanan, bir seri alt projelerle desteklenen, üç ana proje üzerinde çalışılmıştır.

1. Ana Proje: Alt modelleri kullanarak geometrik model oluşturma
 - Alt model: Çizimlerin vektörleştirilmesi
 - Alt model: Gölge katmanlarından şekiller elde etme
2. Ana Proje: Arazi Yaratma
 - Alt Proje: Yükseklik bilgisinin renderi
 - Alt Proje: CAD ve arazi modelinin birleştirilmesi
3. Ana Proje: Tarihi eser ve kalıntıların sanal sergisi
 - Alt Proje: Tarihi eserle için dayanıklı fotogrametri çalışması
 - Alt Proje: Model parçalarının birleştirilmesi

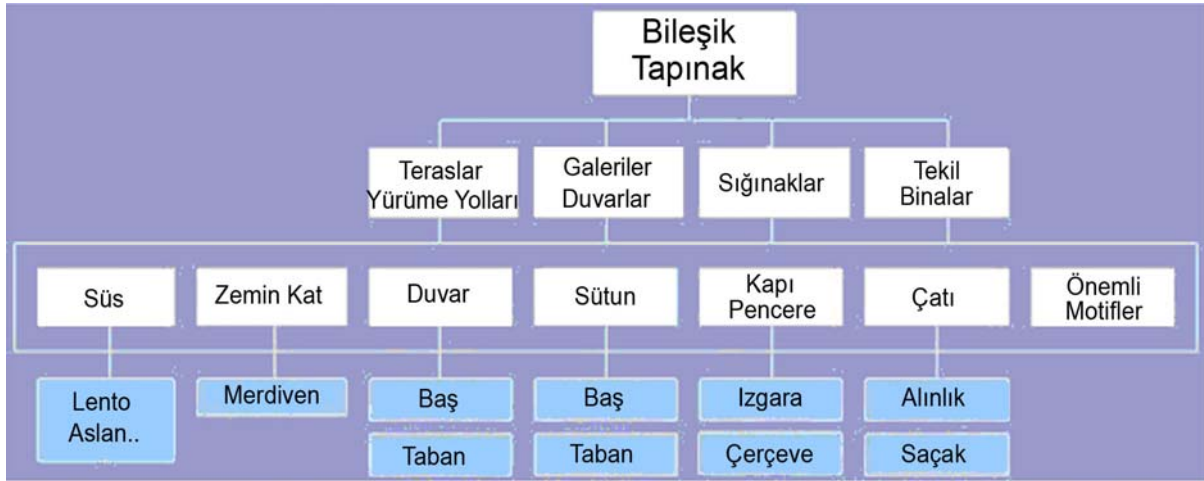
Projenin genel akış diyagramı da, Şekil 4.19'daki gibidir.



Şekil 4.19 Phnom Bakheng Tapınak Bölgesinin çok amaçlı etkileşimli görselleştirilme ve sunum akış şeması

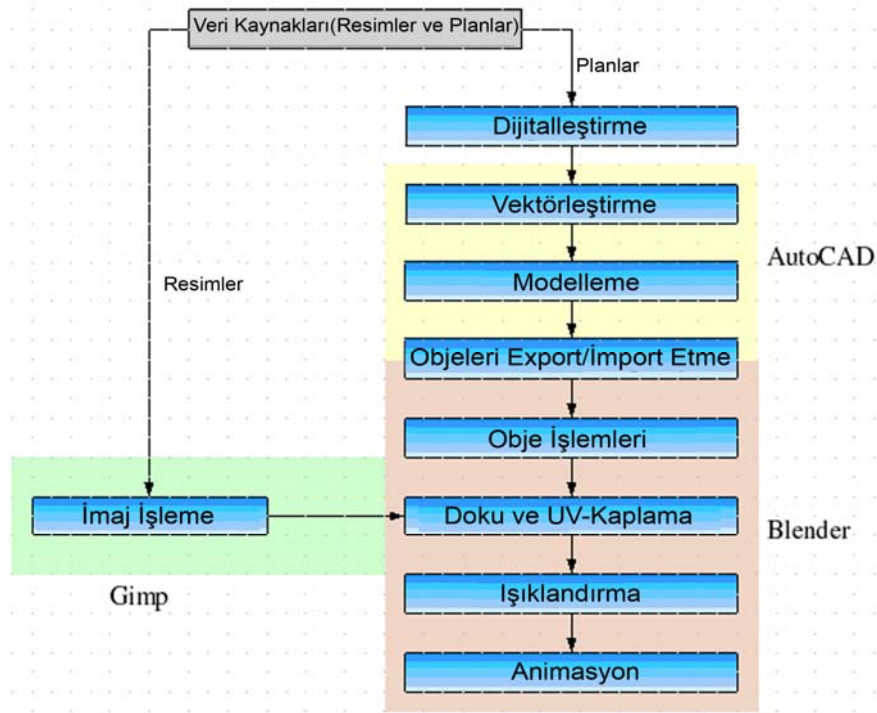
İlk ana proje; alt modelleri kullanarak geometrik model oluşturmaktır. Tapınak modelinde kullanılan kaynak bilgiler, dijital kamerayla çekimlerinden ve 20 y.y başında Fransızlar tarafından çizilmiş planların taramalarından elde edilmiştir. Planların boyutları çok büyük olduğu için parça parça taranıp, sonradan bilgisayar ortamında birleştirilmiştir.

Bölgede yapılan araştırmalar ve gözlemler sonucunda farklı tapınakların önemli bina blokları tespit edilmiş ve belirlenen parametreler doğrultusunda tanımlanarak, karakterize edilmiştir. Oluşturulan bu düzen sayesinde modellenen bina blok elemanları farklı yerlerde de kullanılabildiği için küçük modeller yanında karmaşık tapınaklarda da oldukça fazla zaman kazanımı sağlamıştır. Ayrıca, her binanın parametreleri belli olduğu için, alandaki diğer tapınaklarla karşılaştırmak ve analiz etmek mümkün olmuştur.



Şekil 4.20 Tapınak hiyerarşi düzeni (Krömker and Winckler, 2006b)

Tapınak hiyerarşisi oluşturulduktan sonra, planlar vektörleştirilmiş ve bina blokları modellenmiştir. Daha sonra AutoCAD’de oluşturulan modeller Blender’e aktarılmıştır. Aktarım formatı olarak en iyi STL uygun görülmüştür. Çünkü, diğer DXF gibi formatlar her istenilen objenin başka dosyaya aktarımında ya da başka dosyadan alımında sorun çıkarmış ve veri kaybına sebep olmuştur. Fakat, STL formatı her seferinde AutoCAD’den tek objenin alımına izin verdiği için, her obje ayrı ayrı alınmak ve gönderilmek zorunda kalmıştır. Modelleme sürecinde AutoCAD ortamında çıkan sorunlar ve Blender ortamının sağladığı olanaklar sebebiyle bazı aşamalara Blender de devam edilmiştir. Örneğin, boolean komutunun AutoCAD’de çıkarmış olduğu sorun Blender de aşılıp, Blender de model düzeltmeleri yapılmış, modelin kenarları ve noktaları seçilip, istenilen duruma getirilmiştir.

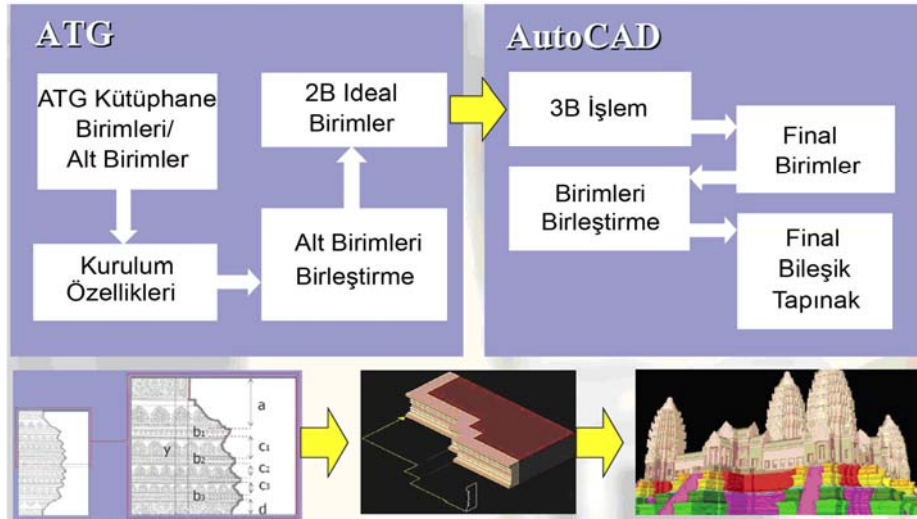


Şekil 4.21 Phnom Bakheng proje adımları [45]



Şekil 4.22 Phnom Bakheng Tapınak Modeli (Krömker and Winckler, 2006a)

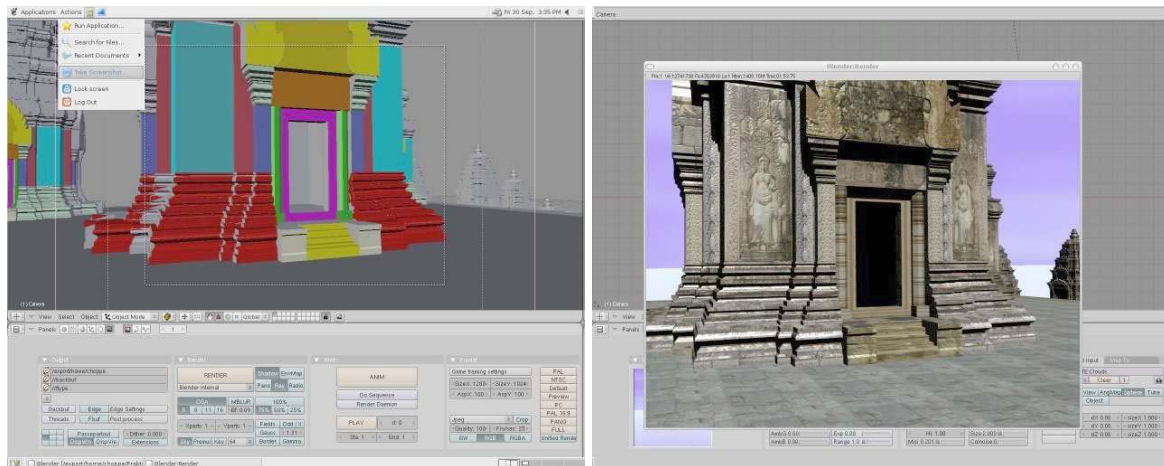
APG, temel bina blokları için, hızlı gerçek zamanlı render ve detay düzeyli modelleme tekniklerindeki sadeleştirilmiş modeller gibi özelleştirilmiş grafik modelleri yaratmıştır. Bu nedenle, Angkor Tapınak Yaratıcı (ATG) adında AutoCAD için bir plug-in geliştirilmiştir. ATG, 2B modülleri ve alt modülleri içeren bir modül kütüphanesidir. Proje modellemesi sırasında AutoCAD’de buradaki modüller kullanılmıştır. APG öğrencileri benzer teknikleri farklı tapınak modellemelerinde de kullanmıştır. Şekil 4.23’deki imajlar ATG çalışma düzenini göstermektedir.



Şekil 4.23 ATG çalışma düzeni (Krömker and Winckler, 2006b)

İlk ana projenin ilk alt modeli; çizimlerin vektörleştirilmesi olmuştur. Bina modelleri için kullanılan en kesitler genellikle dijital fotoğraflar ve arkeologların çizimlerinden elde edilmiştir. En zorlu ve hata payı yüksek olan aşamalardan biri olan bu adımı kolaylaştırmak ve hata payını azaltmak için APG özel bir araç geliştirmiştir. Taranan siyah beyaz resimlerden özel çizgiler çıkarmak için dağılımı önleyen bir teknik kullanarak vektörleştirme işlemi yapılmıştır.

İkinci alt model çalışmasında, gölge katmanlarından şekiller elde edilmiştir. 3B modellerin kalitesini arttırmak için yüzeye genelde imaj dokusu uygulanır. Bunlar orijinal yüzeyden alınan dijital fotoğraflardır. Bu da iyi sunum sağlar. Sonraki adımda render de düşük detay seviyesindeki gölge çıkıntı etkisi vermektir. Projede de benzer sırayla işlemler yapılmıştır.

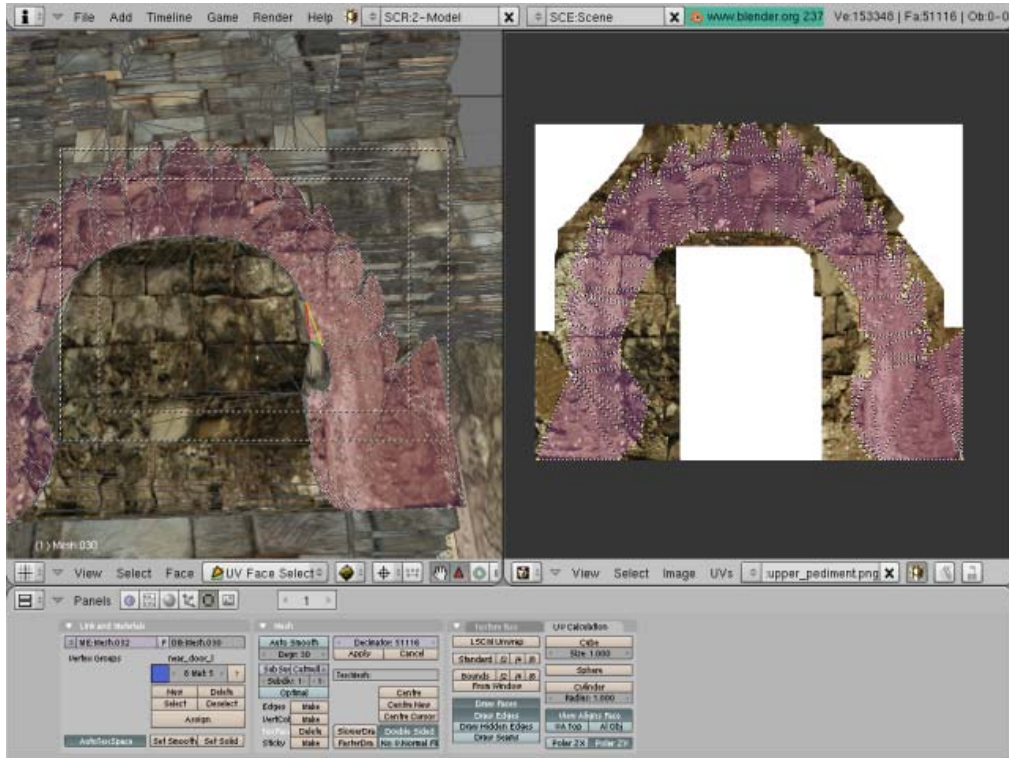


(a)

(b)

Şekil 4.24 Doku kaplamadan önceki (a) ve sonraki (b) Tapınak Modeli (Krömker and Winckler, 2006a)

Projenin imaj birleştirme ve düzeltme işlemlerinde açık kaynak yazılımı olan Gimp (Gnu İmaj Düzeltme Programı) kullanılmıştır. Düzeltilecek imajlar, UV haritalamaya (Şekil 4.25) göre model yüzeylerine kaplanarak, model ışıklandırılmıştır. Makineyi çok fazla yorduğu için, raytracing yerine güneş ışığıyla aynı açı ve konumda “spotışık” yerleştirilmiştir. Blender, ışık eklemeye izin verdiği için gölge ayarlamalarında kullanılmıştır. Blender kendi içinde sadece aydınlanan yüzeylerde hesap yapılmasını, daha hızlı render ve bu ilgilerin ara bellekte depolanmasını sağlayabilmektedir. Aslında, raytrace’e göre kaliteli olmasa da, istenilen yapılabilmektedir. Bunun dışında, ışık kaynaklarından “güneş” ışık kaynağı da tapınağın tam karşısına yerleştirilerek, yoğunluğu güneş ışığının yarısına indirilmiştir. Bu ışık çevre ışığını (ambient light) benzetmek için eklenmiştir. Bu ışık olmadan, spotışığın açık renk gölgeleri tamamen karanlık olmakta ve gerçekçi gözükmemektedir.



Şekil 4.25 Blenderde UV-Mapping [45]

Çizelge 4.3 Phnom Bakheng tapınak modelinde kullanılan programlar

İŞLEM	PROGRAM
Modelleme	AutoCAD ve Blender/ Fotogrametrik Modelleme
İmaj İşleme	Gimp
Render	Blender
Sunum	Blender

Her hangi bir çizginin vektörleştirilmesi oldukça zor ve uzun bir işlem süreci gerektirdiği için daha modern tekniklerle artık 2B resimden model oluşturmak mümkün olmaktadır. Bu teknikte yüzeydeki renk değişikliklerine ve yüzeyin değişik gölge değerlerine bağlı olarak, yüzey detayları yaklaşık olarak sayısallaştırılmakta ve şeklin modeli oluşturulabilmektedir. APG geliştirdiği ve gerekli yerlerde kullandığı bu tekniğe “AngkorSHAPE” adını vermiştir. Bu tekniğin uygulaması araştırmada devam etmektedir.

İkinci ana proje; arazi yaratma olmuş. Anlatımı ve görseli bütün iyi bir bilgisayar modeli için, bölgenin ilk olarak detaylı ve tam gösterimi gerekmektedir. CAD modelleri mimari sorulara nasıl açık cevaplar verebiliyorsa, tarih ve çevre yorumcuları bölge şekliyle ve yapısıyla ilgili sorulara aynı şekilde yanıt bulabilmelidir.

Projede, binaların yeniden inşası ve korunmasında, bölgeyle ilgili su akışı önemli rol oynamıştır. Binaların farklı bölümlerindeki farklı yükseklik seviyeleri farklı koruma önlemlerine götürmüştür. Bu konuları incelemek için gerekli bilgiler arazi modelinden sağlanmıştır.

Tapınak alanındaki turist davranışları modellenirken sanal etki alanının hesabı dışında, yol eğrileri ve izlerin bilgisi gerektiği için, arazi modeli üzerinde temel bitkilerin şemasını oluşturmak gerekmiştir. Farklı tapınak alanlarının birbirleriyle ilişkisi ise yapı zaman çizelgesinin yorumlanmasıyla ilgilidir.

Alt Proje olarak, yükseklik bilgisinin renderi yapılmıştır. Angkor bölgesinin yükseklik bilgisi

iki şekilde verilmiştir. İlki, düzgün grid örüntülerinin yükseklikleri hakkında bilgi veren, hava yoluyla ölçüm aksları grid bilgisidir. Bu veriler oldukça doğru bilgiler sağlarken , modelin gösteriminde ciddi problemlere sebep olmaktadır. En iyi boyutlandırılmış durumda bile dosya boyutları birkaç gigabyte aralığını bulmaktadır. Bu da kişisel bilgisayarlar için oldukça büyük bir boyuttur. Projede ayrıca, Google Earth gibi dosya yükü azaltılmış verilerden de destek alınmıştır.

Arazi ölçümlerinde değişik bilgiler elde edilmiştir. Arazi yükseklikleri dağların zirveleri, bina köşeleri gibi farklı anahtar noktalardan ölçülmüştür. Planlanmamış arazi gridlerinde çok incelikli bir detay seviye tekniği kullanılarak modelin bilgisayarda gösterimi mümkün olmaktadır.

İkinci alt projede CAD ve arazi modeli birleştirilmiştir. Bu konu APG’de çok hassas bir görevdir. İki modelinde kendilerine has ilginç uygulamaları vardır. İki verinin birleşimi karmaşık araçlarla mümkün olmaktadır. İki çeşit bilgiyi birleştirilmesi sırasında iki model arasında kenar çizgilerde koordinasyon problemi oluşmaktadır. Problemlerin çözümünde render süresini hızlandırmak için, farklı detay seviyeleri kullanılmıştır.

Üçüncü ana proje; tarihi eser ve kalıntıların sanal sergisi olmuştur. Angkor proje grubunun ilk baştan beri amaçlarından biri dünyada farklı kaynaklardan elde edilen Khmer tarihi eser ve kalıntılarının sanal sergide toplanması olmuştur. Bu tarz önemli projelerde gerekli bilginin kazanımı ve destek, diğer müzelerden, fotogrametri ve ikincil sergi malzemesi olan broşür ve katalogların koordinasyonu da devlet organları tarafından sağlanmaktadır.

RUFA, IWR ve Phnom Penh’deki Uluslar arası Müze arasında Mayıs 2005’ te imzalanan bir protokolle sanal serginin ilk resmi adımı atılmıştır. Müzeden alınan tarihi eserlerin ilk modelleri fotogrametri teknikleri kullanılarak yapılmıştır.

İlk alt projede tarihi eserler için dayanıklı fotogrametri çalışması yapılmıştır. 2005 sonbaharında, Jaroslav Poncar işbirliğiyle, tarihi eser, kalıntı ve heykellerin makul boyutlarda bilgisayar modelleri için olası fotogrametri teknikleri gözden geçirilmiştir. Çalışma koşullarına en uygun hızlı ve dayanıklı modeli oluşturmak en önemli sorun olmuştur. Müzenin ve kazı alanın arşivlerindeki ilgili nesnelere ait, farklı ısı değerlerine sahip, sınırlı açılardan çekilmiş fotoğraflar, dokulandırma ve katı temsilin sayısallaştırılmasında karmaşık optimizasyon problemlerine sebep olmuştur.

İkinci alt projede model parçalarının birleştirilmesi yapılmıştır. Bazı objelerin parçaları

birkaç müzede yer aldığından dolayı, bilgisayar temsilleri birkaç donanım aracı kullanarak parçalanmış veriler bir araya getirilmiştir. Bu sırada bağlantı parçası eksikliğinden veya fotogrametri donanımının eksikliğinden kaynaklanan bazı eşleştirme problemleri meydana gelmiştir.

Projede uygulama senaryolarını oluştururken alt projedeki ürünlerin kombinasyonu, çok amaçlı etkileşimli görselleştirilme ve sunuma doğru çok önemli bir adımdır. Phnom Bakheng Tapınak Bölgesi'inin üç boyutlu modelinin senaryoları ve taslakları:

Tapınağın şimdiki ve orijinal durumunun görselleştirilmesi:

Tapınağın şimdiki ve orijinal durumunun karşılaştırmalı yorumu, bölgenin gelişimi için çok değerli bir bakış açısı sağlamaktadır. Bu tarz modellerin fotogerçekçi renderi gözlemciyi yanlış yönlendirebilir. Foto-gerçekçi modelden alınan imajlar -tek kaynaklı kesin olamayan veriden bile olsa- bilgisayar ekranındaki görselinde güvenilirlik duygusu verecektir. Bu insan tepkisini ölçmek için, bilgisayar grafikleri, foto gerçekçi olmayan (*non-photorealistic rendering*, NPR) kavramı kullanılmaktadır. NPR teknikleri eskize benzeyen imajlar üretmektedir.

Phnom Bakheng'in fotogrametrik modeli:

Phnom Bakheng'in modeli bu büyüklükteki karmaşık bir binada kullanılan fotogrametri tabanlı standart dijital fotoğrafın kullanıldığı ilk projedir. Fotogrametri tekniğinin, tek objelerdeki kullanımı kanıtlanmış olmakla birlikte, tapınak uygulamasındaki büyük içbükey yüzeylerde birkaç teknik kullanılmıştır.

Phillip Struck tarafından yürütülen fotogrametri projesinde, çekilen her fotoğraf bir pozisyona kilitlenmiş ve sonra da her imajın birbirine göre konumunu belirlenerek fotogrametri optimizasyonu yapılmıştır. Bu şekilde bir çalışmayla, arazide farklı konumlara kamera yerleştirme gereksinimi ortadan kalkmaktadır. Dijital fotoğraflarda sunulan çoklu görsel veriler sayesinde objenin şekli ve kamera pozisyonu gibi bilgileri sayısallaştırılabilir. Dahası, 3B tapınak modeli sanal kullanıcı ara yüzüne dokümantasyon amaçlı veritabanı hizmeti sağlamaktadır.

Sunum

Proje ekibi, animasyon aşamasında, tapınak etrafında ve uçuş doğrultusunda bir kamera yerleştirmeyi yeterli görmüştür. Bunu yapmak için, kameranın farklı keyframe (anahtar kare)

durumları oluşturulmuştur. Normal bir animasyonda en az 25 kare/sn rendere ihtiyaç vardır. Projede, kamera ayarları yapılarak, animasyon süresi 5 sn olarak ayarlanmış ve kamera yerleştirilmiştir. Animasyonun düzgün olması için, Blender’da iki IPO noktası arasına yerleştirilen, IPO-eğrilerini kullanılmıştır.

Ayrıca, dijital fotoğraflardan alınan objenin şekli ve kamera pozisyonu gibi çoklu görsel verilerin sayısallaştırılmasından elde edilen 3B tapınak modeli, sanal kullanıcı ara yüzüne dokümantasyon amaçlı veritabanı hizmeti sağlamaktadır. Birleştirilmiş bilgisayar modeli, etkileşimli gerçek zamanlı canlandırma ve veritabanı, yeniden inşa takımı ve ziyaretçilere koruma projesindeki en son bilgilerin sunulduğu sanal ortamda yenilikçi bir araç yaratmaktadır.

Değerlendirme

APG bir sonraki adım olarak, Phnom Bakheng ziyaretçi merkezi için etkileşimli bilgisayar istasyonu kurmayı hedeflemektedir. Grup, tapınağın, çevresi ve araziyle bütün bir bilgisayar modelini restorasyon dolayısıyla kapalı olduğu süre içinde istasyondan ziyaretçilere sunmayı planlamaktadır. Ayrıca yılda bir milyondan fazla turist sirkülasyonu olan tapınakta yürüyüş yolları üzerinde meydana gelen zararları önlemek için, ziyaretçilerin tapınak çevresinde nasıl bir gezi rotası izleyebileceğini gösteren turist davranışları modeli yapmayı düşünmektedir.

RUFA ve IWR’ nin Angkor Proje Grubu tarafından oluşturulan bu proje, hızlı görselleştirme CAD modellerinden fotogrametriye ve bitki modellerinden ziyaretçi simülasyonuna, bilimsel sayısallaştırmanın farklı alanlarından bir dizi aracı bir araya getirmiştir. Proje sürecinde APG tarafından tanımlanan her alt proje ait oldukları ana projeye ve çok amaçlı görselleştirme ve sunuma katkıda bulunmuştur. Uygulama senaryolarının ürünleri APG ve ortaklarının ortaya koyacağı yeni bilimsel sayısallaştırma teknikleriyle tanımlanacaktır. APG’nin bölgeyle ilgili çalışmaları devam etmektedir.

Proje bölgesinde APG dışında farklı proje grupları da çalışmalar yapmış ve yapmaktadır. Bu örnek incelemede APG’ nin Angkor Wat tapınak bölgesinde yapmış olduğu çalışmalar ve Phnom Bakheng tapınak modeli esas olarak incelenmiştir. Projenin anlatımında internet sitesinden [36]ve projenin anlatıldığı yazılardan [35], [37], [38], [40], [41] faydalanılmıştır.

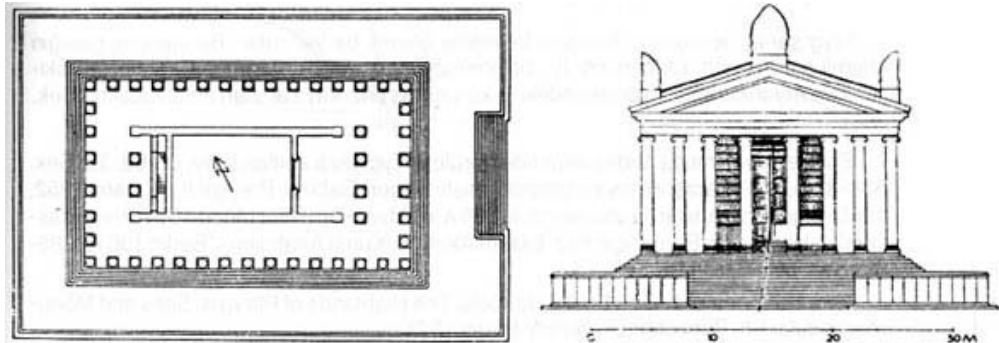
4.4 Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı VRML Uygulaması

Proje Tanımı

Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı VRML Uygulaması, Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, Grafik Animasyon Bölümü tarafından VRML (Virtual Reality Modelling Language) aracılığı ile uzaktan öğretimin nasıl desteklenebileceğini göstermek için hazırlanan bir çalışmadır. Uygulamada, mevcut veriler kullanılarak, uzman görüşlerin yardımıyla tarihin yeniden yapılandırılması örneği sunulmuştur. Bu örnek çalışma sayesinde ayrımlı öğrenenler hem görsel ve üç boyutlu olarak tarih içinde bir yolculuk yaparak tarihi bir yapının aslının nasıl olduğu konusunda bilgilenme hem de konuyla ilgili gerekli bilgileri görsel ve kalıcı bir şekilde elde etme imkanı bulmuşlardır. Çalışma sonucunda hazırlanan tapınak modelinin Web ortamındaki sunumunun ayrımlı bireylerin iletişim ve etkileşimlerine olan etkisi incelenmiştir.

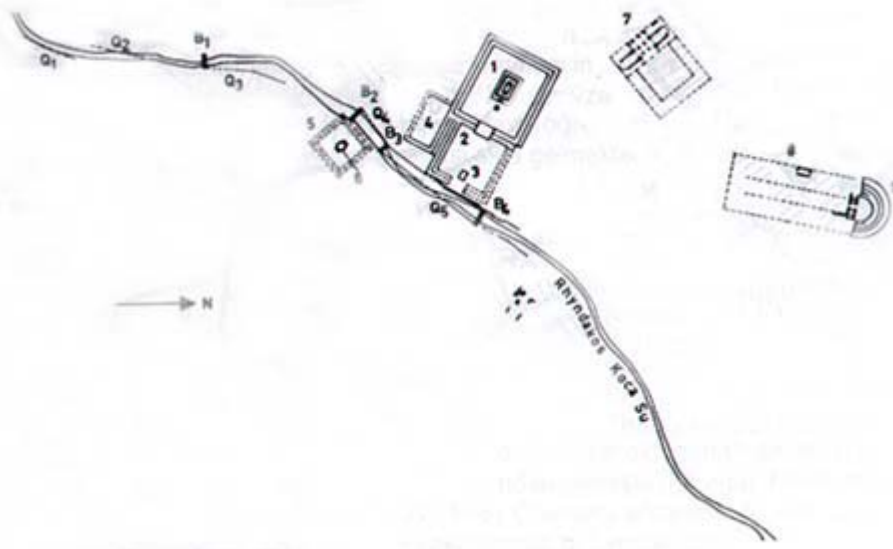


Şekil 4.26 Aizonai Zeus Tapınağı [46]



Şekil 4.27 Aizonai Zeus Tapınağı planı ve görünüşü [46]

Kütahya'nın Çavdarhisar İlçesi yakınlarında bulunan ve 'İkinci Efes' olarak adlandırılan 'Aizonai Antik Kenti'nde dünyanın en iyi korunmuş Zeus Tapınağı bulunmaktadır. (Şekil 4.27) Adının mitolojik kahraman 'Azan'dan geldiği sanılan Aizonai'de ortaya çıkarılan Zeus Tapınağı'nın çevresinde yapılan kazılarda, M.Ö. 3000 yıllarına ait yerleşim tabakaları bulunmuştur. (Şekil 4.28) Aizanoi, 1824 yılında Avrupalı gezginlerce keşfedilmiş, 1830-1840 yılları arasında da tanımlanmıştır. M.Schede ve D.Krencher başkanlığında Alman Arkeoloji Enstitüsü'nün başlattığı kazı çalışmalarına, 1970 yılından bu yana devam edilmektedir. Antik kentte, zamanında 120.000 civarında insanın yaşadığı tahmin edilmektedir. [47]



Şekil 4.28 Aizonai kalıntılarının planı [46]

Antik kentte yürütülen kazılarda, dünyanın en iyi korunmuş Zeus Tapınağının haricinde, 20.000 kişi kapasiteli tiyatro ve ona bitişik 13.500 kişilik stadyum, 2 hamam, dünyanın ilk borsa yapısı, sütunlu cadde, Kocaçay üzerinde 5 köprü, Meter Steunene kutsal alanı, nekropoller, bir bent, su yolları gün ışığına çıkarılmıştır. [47]

Süreç

Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı ve çevresinin bilgisayar ortamında üç boyutlu görselleştirilmesi sürecinde gerekli veriler üç farklı kaynaktan elde edilmiştir. Bunlardan ilki, antik bölgenin plan ve fotoğraflarından elde edilen resimlerdir. İkincisi, Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı'nın, şu anki durumu ve arkeologlar, mimarlar ve sanat tarihçilerinin orijinal durumuna ilişkin yapmış oldukları yorumlardır. Üçüncü kaynak olarak da, Roma ve Hellenistik dönem çağdaş binalar ile ilgili kaynaklardan elde edilen tapınağın mimari

formuyla ilgili bilgilerdir (Çalışkan vd., 2003).

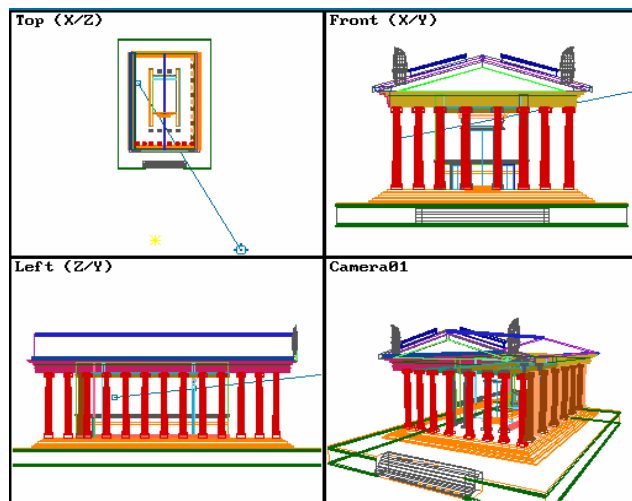
Uygulamada kaynak olarak, Zeus Tapınağıyla ilgili krokiler, kazı sonuçları ve mimari formlarına ilişkin bilgiler benzer diğer araştırmalara göre daha kapsamlı ve ayrıntılı olarak sunulmasından dolayı Rudolph Naumann'nın (1979) kitabı temel alınmıştır.

Süreçte kaynak araştırmaları tamamlandıktan sonra elde edilen çizimler bilgisayar ortamında aktarılmış. Daha sonra modellenerek, uzman yorumlar alınmış ve gerekli düzeltmeler yapılarak, doku kaplamaları yapıldıktan sonra sahne aydınlatması gerçekleştirilmiştir. Son olarak da, hazırlanan modeller VRML formatına dönüştürülerek, Web ortamına aktarılmıştır.

Modelleme, Görselleştirme ve Sunum

Projenin modelleme, görselleştirme ve sunum aşamasında:

- R. Naumann'nın, kitabındaki tüm çizimler tarayıcı aracılığı ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır.
- Ölçekli çizimlerin referans olarak kullanılmak üzere Autodesk 3ds Max4 Programına aktarılmıştır.
- Halen devam etmekte olan kazı çalışmalarındaki arkeologlar, mimarlar ve seramikçiler ile yüz yüze yapılan görüşmeler ve onlardan tapınağı'nın orijinal durumu ile ilgili yorumlarından elde edilen bilgilerle modellemeye devam edilmiştir. (Şekil 4.29)



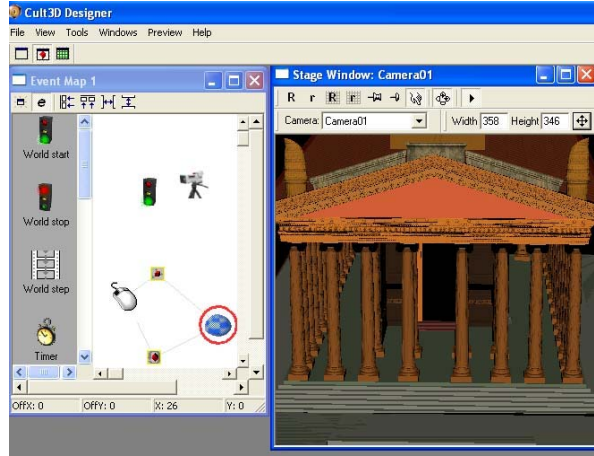
Şekil 4.29 Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı'nın Autodesk 3ds Max4 programı kullanılarak modellenmesi (Çalışkan vd., 2003)

- Hazırlanan modellere doku kaplamaları uygulanmıştır.
- Kamera ve aydınlatma çalışmaları yapılmıştır.
- VRML modelinin Web ortamında daha hızlı gösterimini sağlamak için modelin poligon sayısı azaltılmıştır. (Şekil 4.30)



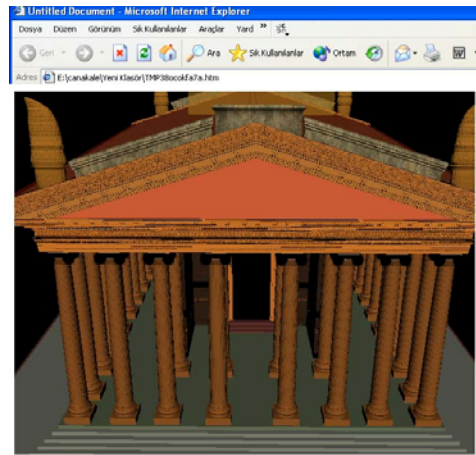
Şekil 4.30 Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı'nın modellemesinin optimize edilmesi (Çalışkan vd., 2003)

- Tapınak modellemesinde kullanılan doku kaplamalarını ve aydınlatma çalışmalarını birebir aktarmasından dolayı Autodesk 3ds Max4 Programında hazırlanan model Cult3D Programına aktarılmıştır. (Şekil 4.31) Model direk VRML' e aktarılmış olsaydı kaplama ve aydınlatmada istenilen sonuç alınamayabilirdi. Daha sonra sahnede gezilecek ortamlar belirlenerek, kullanıcının etkileşimde bulunabileceği bölümler oluşturulmuştur. Böylece, kullanıcıların mouse (fare) kullanarak 3B modeli kendi istekleri doğrultusunda döndürebilme, büyütüp küçültme, taşıma ve farklı açılardan bakabilme olanağı sağlanmış. Cult3D Web tabanlı bir program olup, özellikle pazarlamaya ve ürün sunumuna yönelik hazırlanan modellemelerde tercih edilmektedir.



Şekil 4.31 Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı'nın Cult3D programı kullanılarak etkileşimli hale getirilmesi (Çalışkan vd., 2003)

- Cult3D Programındaki çalışmalar VRML formatına çevrilmiştir.
- Son olarak VRLM modeli Macromedia Dreamweaver MX Programında bir HTML dosyası oluşturulup dosya içine eklenerek model Web ortamına aktarılmıştır. (Şekil 4.32)



Şekil 4.32 Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı'nın Macromedia Dreamweaver MX programı kullanılarak Web ortamına aktarılması (Çalışkan vd., 2003)

Değerlendirme

Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı VRML uygulaması ayrımlı öğrenenler için uzaktan öğrenimin nasıl destekleneceğini göstermek amacıyla yapılmış bir uygulama çalışması olması nedeniyle anlatılan süreç izlenmiş ve model hazırlanmıştır. Modelin obje detayları, doku kaplamaları, ışıklandırma gibi konulardaki eksiklik ve yetersizlikleri olsa da sonuçta Web-

tabanlı uzaktan öğrenme ortamı için tasarlanmış bir çalışma örneğidir. Bu örnek çalışma sayesinde ayrımlı öğrenenler hem görsel ve üç boyutlu olarak tarih içinde bir yolculuk yaparak tarihi bir yapının aslının nasıl olduğu konusunda bilgilenme hem de konuyla ilgili gerekli bilgileri görsel ve kalıcı bir şekilde elde etme imkanı bulmuşlardır. Bu ve benzeri uygulamalar, aynı zamanda sanal bireyler ve model arasındaki zaman ve mekan sınırlarını ortadan kaldırarak çok yönlü etkileşime olanak sağlamakta ve uzaktan öğrenme ortamında ayrımlı bireyleri konuya ilişkin çok sayıda bilgi kaynağına da ulaştırmaktadır. Çavdarhisar Aizonai, Zeus Tapınağı VRML uygulaması örneği diğer VRML uygulamalarında da olduğu gibi geliştirilmeye açık olup, yeni bilgiler ve ayrıntıların uygulamaya eklenmesi mümkündür.

4.5 Çanakkale’deki Osmanlı Kaleleri CBS Projesi: Pilot Uygulama Kumkale Mezarlığı Bilgi Sistemi

Proje Tanımı

Kumkale ve Seddülbahir Kalelerinin Dokümantasyonu Projesi, “İstanbul Teknik Üniversitesi Jeodezi Anabilim Dalı” ve “Koç Üniversitesi Tarih Bölümü” ortak projesidir. Haritaların, mimari planların, arazi modellerinin üretilmesi, veri tabanlarının oluşturulması, CBS uygulamalarının geliştirilmesi, çoğul ortam uygulamaları ile desteklenmesi, bütün bu ürünlerin internetten yayınlanması çalışmaları İTÜ Jeodezi Anabilim Dalı “IGS-ISTA Uydu Gözlem ve Değerlendirme Merkezi”nde devam etmektedir (Güney, 2002).

Seddülbahir ve Kumkale 17. yüzyılın ortalarında, Çanakkale Boğazı girişinde her iki kıtada karşılıklı olarak Osmanlı Validelerinden, IV. Mehmet’in annesi Hatice Turhan Sultan tarafından, artan Venedik saldırılarına karşı öncelikle boğazların, sonrasında İstanbul’un güvenliğini sağlamak amacıyla yaptırılmışlardır. Her iki kale Osmanlılardan sonra da boğaz güvenliğinin sağlanması amacıyla Türk Silahlı Kuvvetlerince de kullanılmıştır (Güney vd., 2001).

Süreç

Kaleler geçirdikleri depremler gibi doğal etmenlerin etkilerinin yanı sıra başta Gelibolu Savaşları olmak üzere bölgedeki savaşlar sırasında top atışına maruz kaldıklarından dolayı çok yıpranmış ve o dönemden beri onarım, restorasyon ya da dokümantasyonlarına yönelik herhangi bir proje uygulamaya konmamıştır. 1997 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Jeodezi Anabilim Dalı ve Koç Üniversitesi Tarih Bölümü arasında yapılan protokol kapsamında

kalelerin dokümantasyonu projesi başlatılmıştır

Kalelerin dokümantasyonu çalışmaları için en temel veri grubu olan konumsal verileri elde etmek için 1997 yılında başlayan ölçme kampanyaları sürecinde kalelerin ve çevresinin haritalarının oluşturulmuş ve tarihi yapıların mimari planlarının üretilmesi için çok sayıda ölçme yapılmıştır. Çizelge 4.4'te 1997-2001 yılları arasında gerçekleştirilen ölçme kampanyaları hakkındaki genel bilgiler vermektedir.

Çizelge 4.4 Ölçme kampanyaları (Güney, 2002)

Arazi Çalışma Tarihleri	Çalışma Bölgeleri	Görev Alan Disiplinler	Jeodezik Ölçme Donanımları
13-18 Temmuz 1997	Seddülbahir Kalesi	Jeodezi, Fotogrametri, Mimarlık, Sanat Tarihi	Leica System 300 GPS Alıcıları, Pentax PTS102 Elektronik Takeometre
1-10 Temmuz 1998	Seddülbahir Kalesi	Jeodezi, Fotogrametri, Mimarlık, Sanat Tarihi	Leica System 300 GPS Alıcıları, Leica TC1800 Elektronik Takeometre
Temmuz 1999	Seddülbahir Kalesi	Jeodezi, Fotogrametri, Mimarlık, Sanat Tarihi, Arkeoloji, Sözlü Tarih	Leica System 300 GPS Alıcıları, Leica TC1800 Elektronik Takeometre
3-20 Temmuz 2000	Seddülbahir Kalesi, Kumkale, Kumkale Mezarlığı	Jeodezi, Fotogrametri, Mimarlık, Sanat Tarihi, Arkeoloji, Sözlü Tarih, Osmanlı Tarihi	Leica System 300 GPS Alıcıları, Leica TCRA1105 Elektronik Takeometre
7-20 Temmuz 2001	Kumkale, Kumkale Mezarlığı	Jeodezi, Fotogrametri, Mimarlık, Sanat Tarihi, Arkeoloji, Sözlü Tarih, Osmanlı Tarihi	Leica System 300 GPS Alıcıları, Leica TCR307 Elektronik Takeometre

Yukarıdaki tablo arkeolojik ve tarihi yerleşimlerin ölçüm aşamasında dahi kaç farklı disiplinin birlikte çalıştığını gösteren bir örnektir. Bu nedenle bu tarz projeler bilimsel nitelikli çalışmalar olup, uzman bir ekip çalışması gerektirir.

Çalışmada, genel ve detay ölçmelerinde bir çok ölçüm tekniği denenmiş ve kullanılmıştır. Detay alımlarında GPS, TPS teknikleri, TPS'nin kurulamadığı ya da detay noktasının görülemediği veya çelik şeritle alınması gereken ölçülerde “Leica DISTO” (elektronik el uzaklık ölçeri) ölçme aleti, bazı duvar ve cephelerde yersel fotogrametri tekniği kullanılmıştır.

Ölçme işlemlerini, değerlendirme, CAD ortamında kontrol (böylece hem sayısal hem grafik olarak kayıt), eksiklik tespiti ve hataların belirlenmesi ve düzeltme aşamaları takip etmiştir. Ayrıca jeodezik yöntemlerle konum belirleme, arazide fotoğraf ve kamera çekimleri ve bunların işleme çalışmaları yapılmıştır. Proje ekibinden Caner Güney tezinde çalışmanın ölçme kampanyaları ve projede kullanılan yöntem ve teknikleriyle ilgili bilgileri oldukça kapsamlı ve detaylı bir şekilde anlatmıştır.

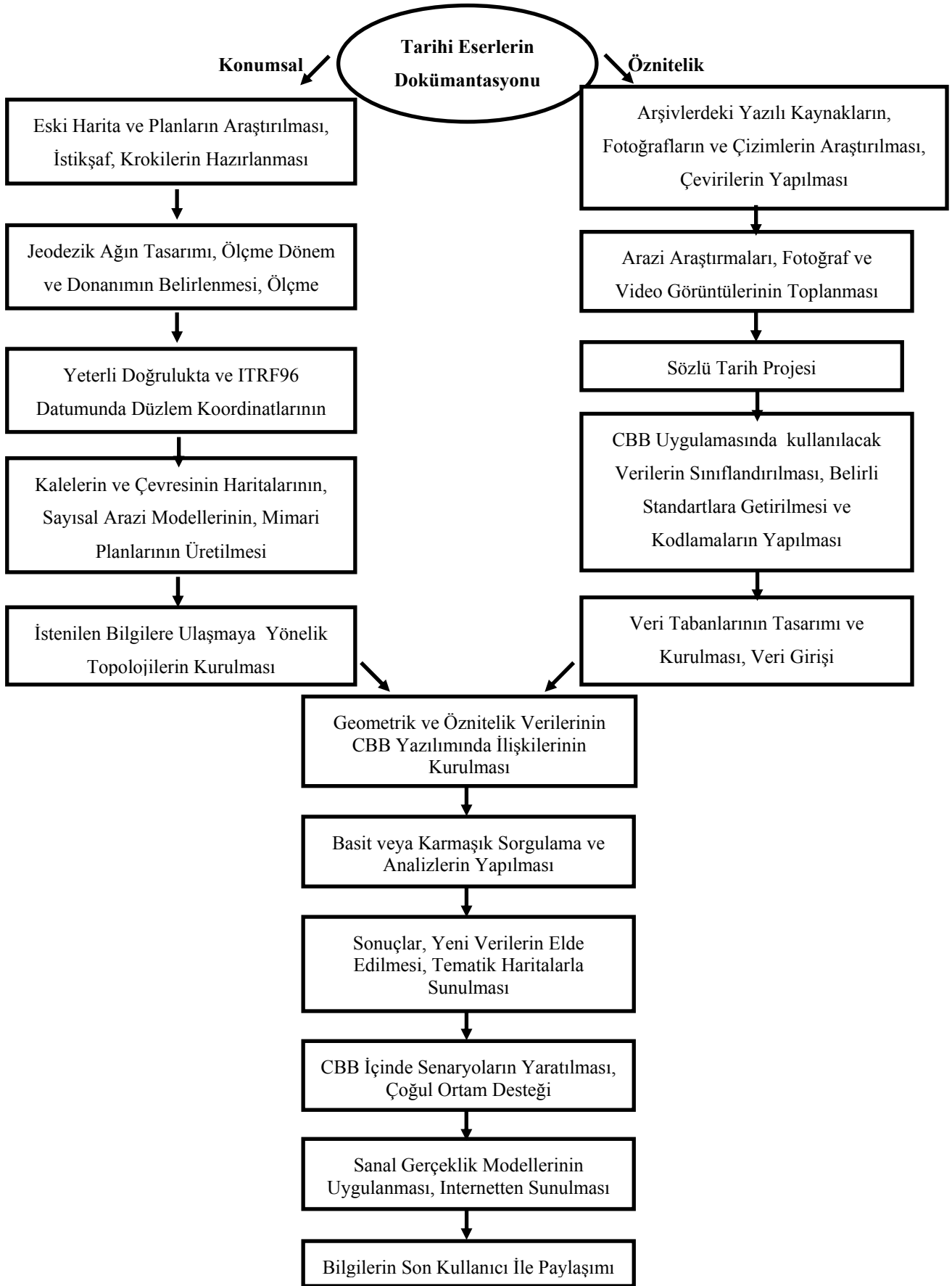
Projede yapılanlar: (Güney ve Çelik, 2004a)

- Tarihsel dokümantasyon araştırmaları için sorunlarını ve beklentilerini tanımlayan proje ekibindeki tarihçilerin yardımı ile yeryüzündeki tarihi etrafı dört boyutlu coğrafi işleme modeli olarak modellemek
- Kalelerin yaşam tarihleri zamanla değiştiği için kalelerin 4 boyutlu zamansal CBS' ni geliştirmek,
- Gerçekliği bir is modelinde daha etkili özetlemek için kalelerin nesne tabanlı CBS' ni geliştirmek,
- İzleyicinin modele dalarak, seziş ve gerçekçiliğini artırmayı sağlamak için sanal üç boyutlu CBS geliştirmek,
- Etkin maliyet ve geniş erişilebilirlik nedenleriyle CBS uygulamasını web üzerinden yayınlama için kalelerin Internet CBS' ni veya dağıtılmış CBS' ni geliştirmek,
- Zaman uzamsal nesne veri modelini kullanmak için kalelerin bütünleşik CBS' ni kurmaktır.

Projenin stratejik planı aşağıdaki aşamaları içermektedir (Güney ve Çelik, 2004a).

- Projenin web sitesinin kurulması,
- CBS projesinin bileşenlere ayrılması,
- Veri modelleme ve tasarımı,
- Veri tabanının cinsi, veri cinsi, nasıl depolandığı vs.,
- Coğrafi görüntüleme,
- Internet üzerinden yayınlama,
- Uzamsal sorgulama ve analiz,
- Bütün bileşenlerin bütünleştirilmesi,
- CBS kullanımı ve sistem bakımı is paketlerini içermektedir.

Çanakkale ilindeki Seddülbahir ve Kumkale adlı Osmanlı kaleleri çoklu medya destekli dört boyutlu bilgi sistemi ile Internet üzerinden yayınlanmıştır.



Şekil 4.33 Geliştirilen CBS uygulamalarında izlenen iş akışı (Güney, 2002)

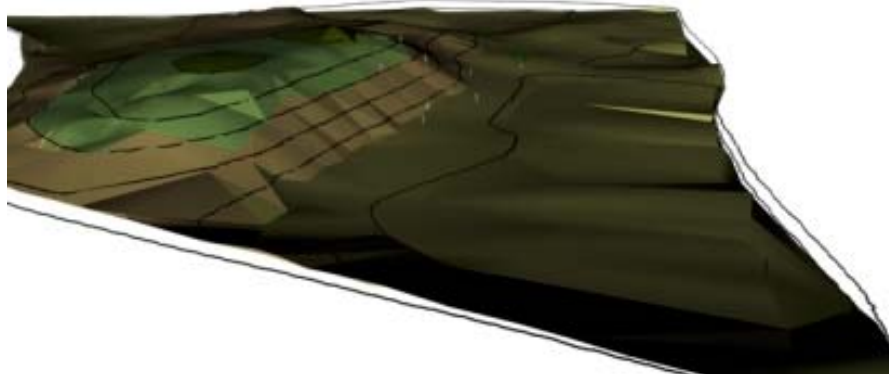
Modelleme Görselleştirme ve Sunum

Projenin Pilot uygulaması olan Kumkale mezarlığında yapılan ölçmeler kontrol edilip gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra önce eş yükselti eğrili haritalar, sonrasında ise CAD ortamında 3B arazi modeli oluşturulmuş ve gerek arazideki doğal objeler (ağaç, çalılık vb.) gerekse de her bir mezar taşı arazi modeli üzerine 3B olarak yerleştirilmiştir. 3B mezar taşları, ağaçlar gibi doğal objeler 3ds Max 4.0'da üretilmiştir. TIN (Triangulated Irregular Network) yöntemiyle oluşturulan arazi modelinin AutoCAD Land Development Desktop'da 3B TIN simülasyonu gerçekleştirilerek, model kaplanmıştır. Sistemde farklı kaynaklardan elde edilen bütün veriler MS Excel ortamında tutulmuş ve yapılan hesaplar bilgisayar ortamında saklanmıştır (Güney vd., 2001). Veritabanı olarak "MS Access" yazılımı kullanılmıştır. Geometrik veriler üzerindeki topolojiler "AutoCAD Map" yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Sorgulamalar ve analizler bu topolojilere bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Üretilen uygulama internete taşınmakta ve herkesin kullanımına açılmaktadır. Bunun için de "Autodesk Map Guide" yazılımı kullanılmıştır (Güney ve Çelik, 2002B).

Şekil 4.34, "3ds Max" yazılımı kullanılarak üretilen 3D mezar taşlarını göstermekte, Şekil 4.35 ise, 3D mezarlık animatif uygulamasını göstermektedir.



Şekil 4.34 "Studio Max" yazılımı kullanılarak üretilen 3B mezar taşları (Güney, 2002)



Şekil 4.35 “Studio Max” yazılımı kullanılarak geliştirilen 3B animasyon (Güney, 2002)

Her bir mezar taşının resmi, mezar taşına tıklandığında ekrana getirilebilmektedir. CBS kullanıcısı arazi modeli içinde gezebilmekte ve istediği bilgileri toplayabilmektedir (Güney vd., 2001). Şekil 4.40, mezar taşları için üretilen sayısal formalara örnektir.

TOMBSTONE #10



EPIGRAPH
 Güne-i hayy-ül haki.
 "Anıtlı olan-i anıtlar diler
 aradı almasıınca (kiler acısı)
 bilinenin hususu gelmeyecektir
 mezarları
 re-mağfir Kırıkagallı
 Cavusolu Osman ağa
 rahikayin-ül fakih
 senesi 1210





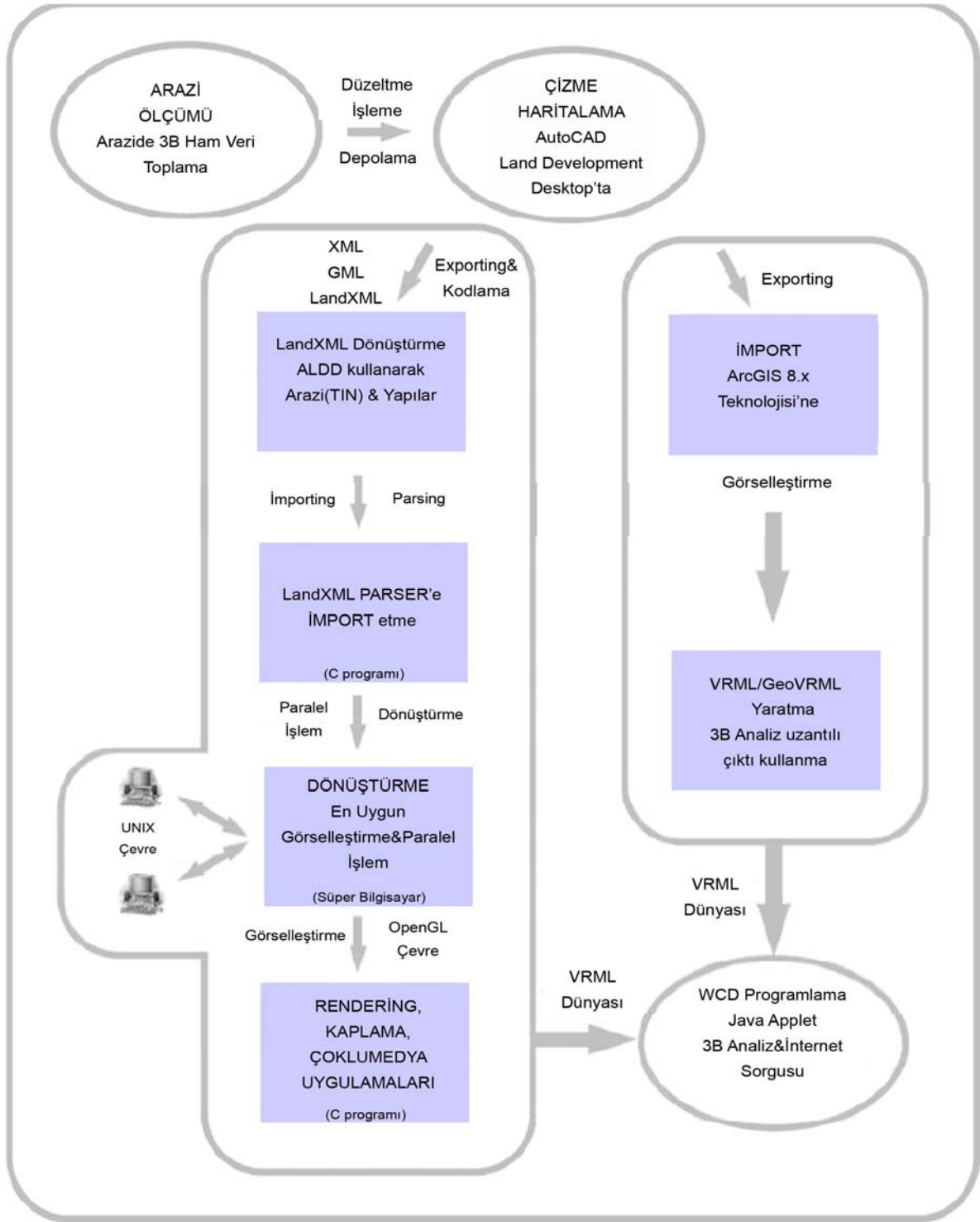
OTHER INFORMATION

Reference Made To: father
 Family Name: cavusoglu
 Geo-Origin: kırıkagac
 Father: N/A
 Gender: male
 Spouse: N/A

Şekil 4.36 Her bir mezar taşına ait sayısal bilgi formu (Güney, 2002)

Çalışma kapsamında yaratılan sanal karakterler ile kalelerin yaşamının internet ortamında çoğul ortam destekli CBS uygulaması olarak sunulması için çalışmalar sürdürülmüş, üç boyutlu karakterler “3D Studio Max” yazılımında üretilmiştir. Karakterlerin 3B arazi modeli üzerindeki 3B tarihi yapılar arasında dolaşarak sorgulamalar yapmasına, dokunulan yüzeyden bilgi almasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu tarz animasyonları geliştirilmek için, sanal gerçeklik uygulamaları “Virtual Reality Modelling Language (VRML)” kullanılmıştır.

Amaçlanan sistem bitirildiğinde kullanıcı internet ortamında kalelere ulaşabilecek, kalelere gitmeksizin kaleleri gezebilecek, 3B arazi modeli üzerinde yürüyerek ya da uçarak gezebilme seçeneklerine sahip olacak, istediği tarihi yapı hakkında sorgulamalarda bulunabilecek, konumsal analizleri gerçekleştirilebilecektir (Güney ve Çelik, 2002B).



Şekil 4.37 VRML Ddosyalarının oluşturulma yöntemleri (Güney ve Çelik 2004b)

“Kalelerin gerçekçi sunumlarının üretilebilmesi, veri ulaşımının ve kaleler ile etkileşimin sağlanabilmesi, standart CBS uygulamalarının internet ortamında yerine getirilebilmesi için proje ekibi tarafından grafik kullanıcı arayüzü geliştirilmektedir. Bunun için Java/VRML (Virtual Reality Modeling Language) entegrasyonu kullanılmaktadır. Diğer taraftan CAD ortamındaki veri “LandXML” formatına dönüştürülmüş ve “ANSI C” ortamında yazılan kodlar ve “OpenGL” kütüphaneleri kullanılarak etkileşimli arazi modelleri üretilebilmiştir. Parelizasyon (Paralel Processing) tekniği kullanılarak “render” işlemleri “Unix” ortamda gerçekleştirilmiştir. Parelizasyon tekniğinin CBS uygulamalarındaki kullanımı sağlanmıştır” (Güney ve Çelik, 2002). Şekil 4.41, VRML dosyalarının oluşturulma yöntemleri gösterilmiştir (Güney ve Çelik 2004b).

Çalışma kapsamında çoğulortam uygulamaları “Macromedia Flash MX”, “Swift 3D”, “3D Studio Max”, “Photoshop 7.0” yazılımları kullanılarak hazırlanmaktadır. CBS kurulumu “AutoCAD Map” yazılımında gerçekleştirilirken, sistemin internetten yayınında “Autodesk Map Guide 6.0” yazılımı ve “Java Script” kodları kullanılmaktadır (Güney, 2002).

Şekil 4.38, Mezarlık bilgi sistemi uygulaması için geliştirilen senaryoyu internet ortamında kullanıcılara aktaran “Flash” uygulamasıdır.



Şekil 4.38 Kumkale Mezarlığı’ndaki senaryoyu anlatan “Flash” uygulaması (Güney, 2002)

Proje kapsamında, internet ortamında etkileşimli üç boyutlu uygulamalarda kullanılan QTVR (QuickTime Virtual Reality) üzerinde de çalışmalar yapılmıştır.

Değerlendirme

Seddülbahir ve Kumkale Projelerinde tarih, sanat tarihi, Osmanlı tarihi, arkeoloji, mimarlık ve jeodezi disiplinleri birlikte çalışmış, disiplinler arası çalışma her disiplinden çalışan kişiler için kazanç sağlamış ekipteki öğrenciler için iyi bir staj olanağı olmuştur.

İncelenen proje arkeolojik ve tarihi yerleşim bölgesinde yapılmış olan çoğul ortam destekli bir çalışma örneği olması nedeniyle incelenmiş olup ağırlıklı olarak süreç, yöntemler, teknikler, çoğul ortam uygulamaları ve kullanılan programlar üzerinde durulmuştur. Ayrıca, çalışma oldukça başarılı bir çoğul ortam destekli CBS uygulamasıdır.

Kumkale Projesi kapsamındaki mezarlık bilgi sisteminin geliştirilmesi kale bilgi sistemleri için pilot uygulama özelliğini taşımış olup, kaleler için yapılacak çalışmanın mezarlıktan çok daha kapsamlı olması beklenmektedir. Proje ekibi açısından pilot uygulama çalışmasıyla mezarlık bilgi sisteminde karşılaşılan sorunların çözümü yolundaki çalışmalar kale bilgi sisteminin kurulması için önemli bir deneyim kazanılmasını sağlamıştır. Benzer süreç tez kapsamındaki Bodrum Pedasa Arkeolojik Yerleşiminde yapılacak olan çalışmalar için de geçerlidir. Projede öncelikle olarak pilot uygulama çalışması olarak Çiftlik Evi seçilmiş ve çalışmalara buradan başlanmıştır. Burada toplanan verilerin ve yaşanan deneyimlerin, diğer proje çalışmaları için önemli referanslar sağlaması düşünülmektedir.

4.6 Ani Harabeleri 3 Boyutlu Simülasyonu (Yeniden Canlandırma)

Proje Tanımı

“Kayıp Şehre Geri Dönenler”, Ankara’daki çeşitli üniversitelerin Sanat Tarihi, Tarih ve Antropoloji bölümlerinden bir grup gencin bir araya gelerek kurduğu bir “Gençlik Girişimi” dir. Grubun temel amacı Kars ilimizde bulunan tarihi Ani Şehri’ni yurt içinde ve yurt dışında tanıtmaktır. Grup bu amaçla gerçekleştirmek istediği çalışmaları Ani harabeleriyle ilgili yaptıkları proje ile DPT Avrupa Birliği Eğitim ve Gençlik Programları Merkezi Başkanlığı’na (Türkiye Ulusal Ajansı) sunmuş ve proje Eylem 3 Gençlik Girişim olarak kabul edilmiştir.

Kars ili merkezine 45 km mesafede kurulu bulunan Tarihi Ani Şehri ülkemizde bulunan en büyük antik kent konumundadır. "Binbir Kiliseli Şehir" olarak da anılan ipek yolu üzerindeki önemli merkezlerden biri olan Ani Şehri'nin milattan önce 4000'li yıllarda kurulduğu tahmin edilmektedir. (Şekil 4.39; 4.40)



Şekil 4.39 Havariler Kilisesi [50]



Şekil 4.40 Tigran Honest (resimli kilise) [51]

Modelleme, Görselleştirme ve Sunum

Ani şehrinin 2005 Mart ayı içerisinde başlayan üç boyutlu simülasyon çalışmalarının verileri ve senaryosu gençler tarafından, çizim ve animasyonlar da bu konuda uzmanlaşmış bir şirket tarafından hazırlanmıştır.

Ani Harabelerinin en görkemli hali ile canlandırılmasını amaçlayan 3 boyutlu çizimi yaklaşık olarak bir yıl devam eden bir çabanın sonucunda ortaya çıkmıştır. Oldukça kalabalık bir ekibin hazırladığı çalışma 784 saatlik çizim, 338 saatlik rölöve ve eskiz çalışması olmak üzere toplam 1122 saat sürmüştür. Canlandırmanın yapılabilmesi için ekip Ani Harabelerinde 7 gün boyunca 2500 adet fotoğrafını çekerek, Ani'de bulunan eserlerin eskiz çizimlerini yapmışlardır. Ayrıca süreç içerisinde daha sonra bir kez daha Ani'ye gidilerek fotoğraf çalışmasını tamamlamıştır. Bu gün toprak üstünde kalıntısı olmayan eserlerin planları için Rus Arkeolog Nikolai Marr ve Ermeni Mimar Toramanyan'ın 1894 -1904 yıllarında Ani'de yaptıkları kazıların notları incelenmiş ve buradaki planlar çıkarılarak çizimlerde kullanılmıştır. Eski seyahatnamelere ait notlar tek tek incelenmiş eserlerin eski durumlarına

ilişkin bilgiler tespit edilmiştir. 3 boyutlu çizimlerin başlaması ile birlikte ekip, çizimleri yapan profesyonel ekiple sürekli olarak yardımlaşmış ve onlar için gerekli eskiz çalışmalarını sağlamıştır. Şekil 4.41 ve 4.42’de hazırlanan modelden sahneler görülmektedir.



Şekil 4.41 Model sahnesi [52]



Şekil 4.42 Model sahnesi [53]

Değerlendirme

Ekip, teknik ve maddi bazı sorunlardan dolayı tam olarak henüz istediği sonucu alamasa da hazırlanan sitede [49] çalışmanın sonuçlarıyla ilgili 3 boyutlu çizimlerinin bazı resim ve video görüntülerine ulaşabilmektedir. Ayrıca sitede Ani Harabeleri’nin fotoğrafları ve tarihi hakkında bilgilerde yer almaktadır.

Hazırlanan modeller çok profesyonel gözükmese de ülkemizde bu tarz çalışmalar daha yeni yeni yapılmaya başlandığı için, sektörü canlandırma ve koruma bilincini artırma açısından

önemli bir çalışma örneğidir. Bütün tarihi ve kültürel eserler için bu tarz çalışmalar yapılmalıdır ki, asırlar boyu uygarlıklara ev sahipliği yapan ülkemizdeki zenginlikler gün ışığına çıksın ve daha fazla zarar görmeden belgelenip, korunabilsin.

5 BODRUM PEDASA ARKEOLOJİK YERLEŞİMİNİN ÇOĞUL ORTAMDA OLUŞTURULMA YÖNTEM ve TEKNİKLERİ

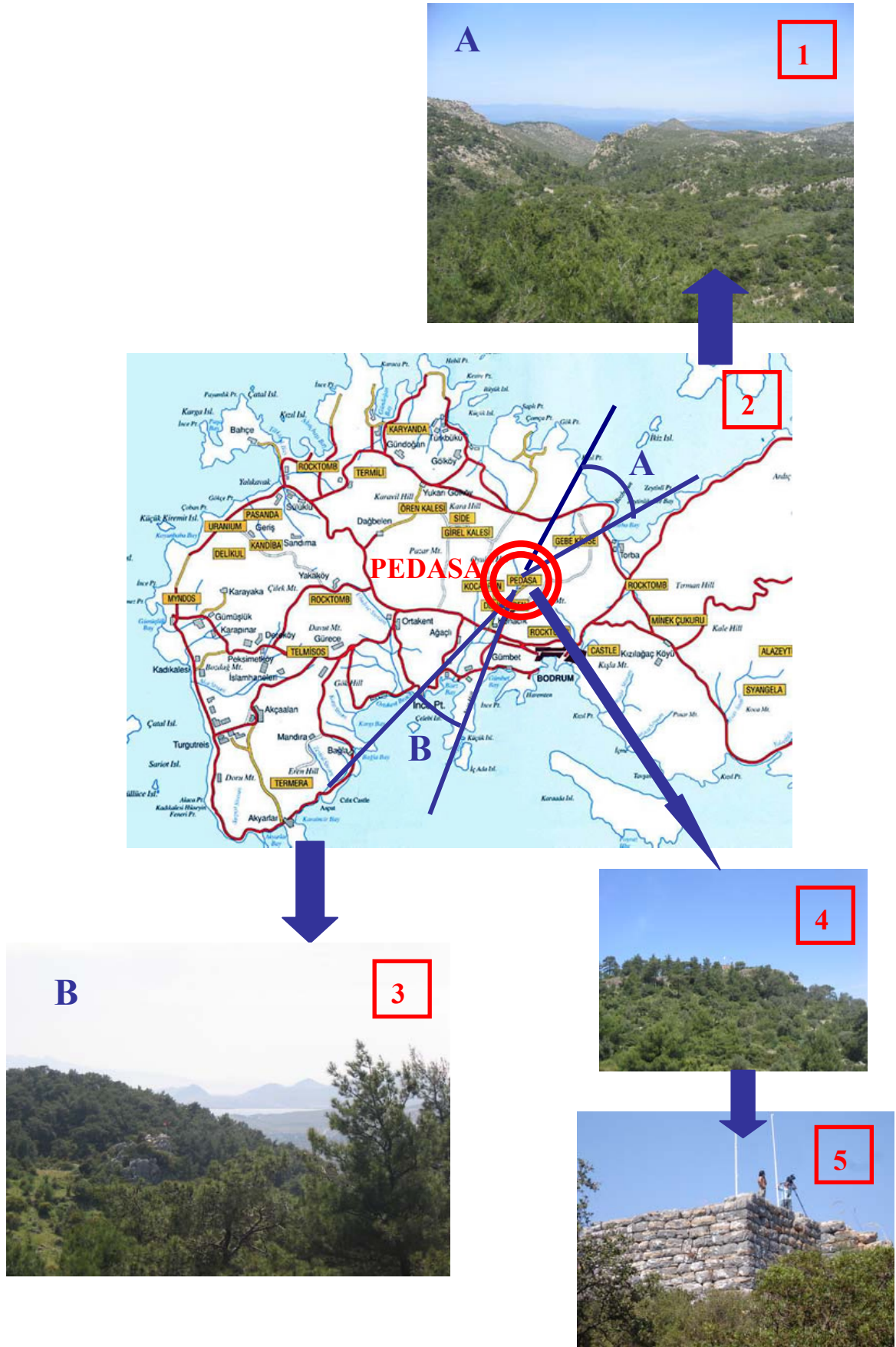
5.1 Proje Tanımı

Muğla Valiliği, Muğla Üniversitesi Rektörlüğü ile Yıldız Teknik Üniversitesi Rektörlüğü arasında 2006 yılında imzalanan 5 yıllık protokol çerçevesinde Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Ortamında Araştırma-Tasarım (BOAT) Laboratuvarı, Bodrum Yarımadası Pedasa, Aspat, Kissebükü, Milas Damlıboğaz; Mobolla Kalesi (Muğla Kentsel Siti) ve Sedir Adası-Gelibolu Yarımadası-Çamlı Köyünde karşılaşılan arkeolojik yerleşimlerin süreç içersinde kademeli olarak sayısallaştırılarak modellenmesini ve etkileşimli simülasyonunun hazırlanması görevini üstlenmiştir.

Muğla Üniversitesi Rektörlüğü adına Karya Araştırma ve Uygulama Merkezi ile alınan ortak karar doğrultusunda öncelikli olarak Pedasa Yerleşimi pilot alan olarak seçilmiş ve bu nedenle de araştırma projesi alanı olarak da aynı alan uygun görülmüştür.

Bu araştırma projesinde, Pedasa tarihi kentindeki “Çiftlik Evi”nin geçmişteki durumuna uygun olarak sayısal ortamda çizimi, üçüncü boyutta modellenmesi ve gerçek zamanlı ve interaktif bir şekilde simülasyonunun yapılarak, kullanıcılara sunulma süreci detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Pedasa Yerleşimi ve Akropolü, Bodrum yarımadasında tamamen kaybolmuş olan Leleg Uygarlığı'na ait en somut kalıntıları üzerinde barındırması nedeniyle öncelikli olarak seçilmiştir. Konacık beldesi sınırları içerisinde bulunan Pedasa, Bodrum yarımadasında varlığı bilinen 6 Leleg kentinden biridir. “Pedasa” eski Hititçe dilinde “keçi yolu (Patika)” anlamındadır. Çevre halkı Pedasa' dan Gökçeler kalesi diye söz etmektedir. Pedasa kalıntıları tepede 150 m çapındaki bir daire içinde izlenebilmektedir. Çevrede görülen Kümbetleri andıran, harçsız ve kireçsiz, kuru duvar tekniğiyle yapılmış kubbeli mezarlar Pedasa'ya yaklaşıldığını göstermektedir. Bu mezarlar 1919 – 1921 yıllarında İtalyan Arkeologlar tarafından açılmıştır. Ünlü tarihçi Heredot'a göre Pedasa, M.Ö.IV ve V. yüzyıllarda bölgenin en önemli ticaret kenti olarak belirtilmektedir. Bakımlı üzüm bağlarından elde ettikleri şarapları günümüz yerleşiminde Çırkan Köyü üzerinden Bitez Limanından ihraç etmeleriyle ünlü olan Pedasalılar, özgürlüklerine aşırı düşkün olmalarıyla da anılmaktadırlar.



Şekil 5.1 Bodrum haritası, Pedasa Kalesi ve Pedasa Kalesi'nin görüş açıları

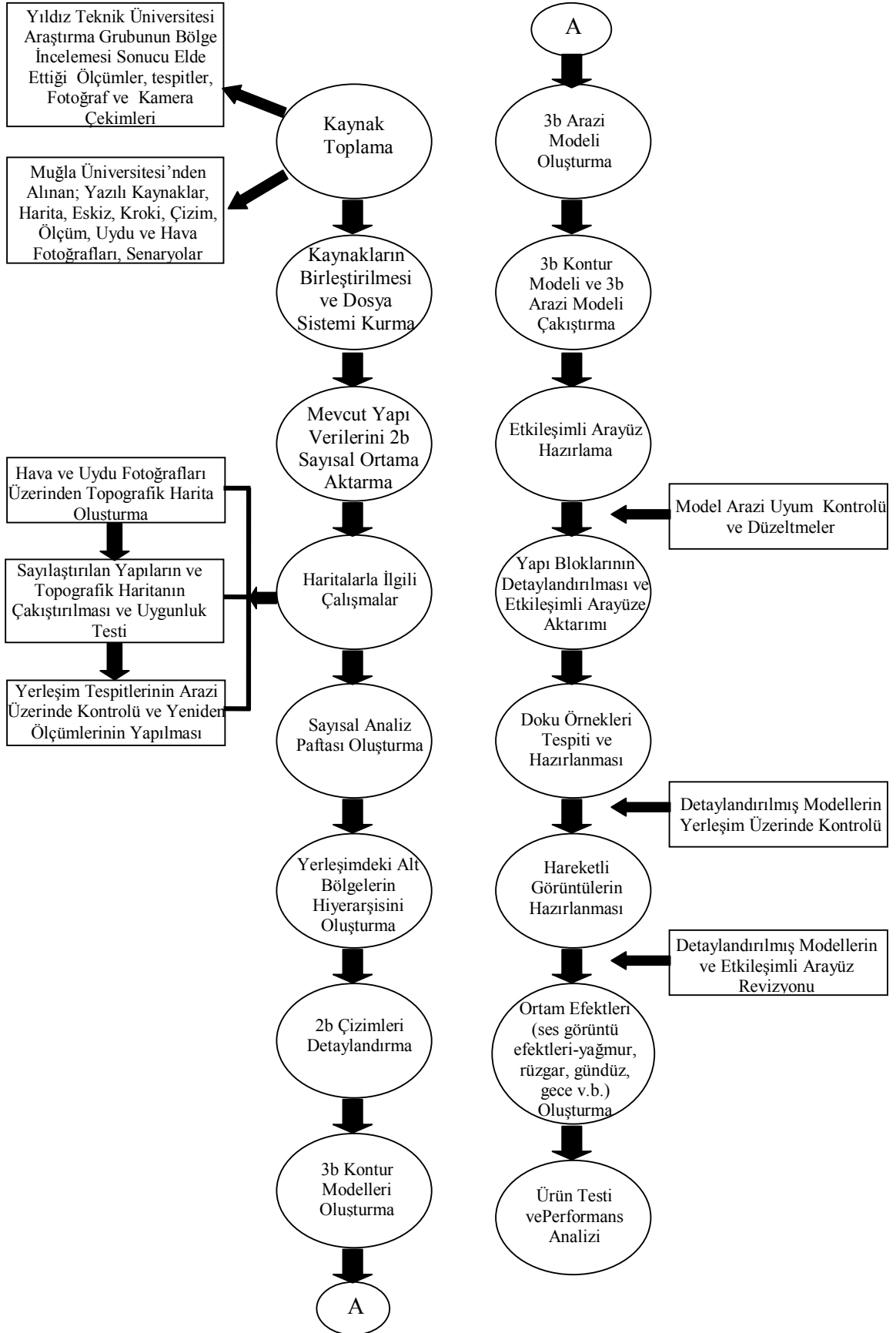
Şekil 5.1’de 1. fotoğrafta; Pedasa Kalesi’nden Torba ve Demir bölgesine bakış, 2. fotoğrafta; Bodrum Yarımadası belde ve tarihi yerler haritası [54], 3. fotoğrafta; Pedasa Kalesi’nden Bitez ve Konacık bölgesine bakış, 4. fotoğrafta; Pedasa Kalesi’ nin bulunduğu tepe, 5. fotoğrafta; Pedasa Kalesi görülmektedir.

5.2 Süreç

Pedasa zengin nekropol buluntuları ile sürekli yoğun kaçak kazıların hedefi olmakta ve yağmalanarak her geçen gün biraz daha yok edilmektedir. Bodrum Yarımadası’na özgü Leleg kültürüne ilişkin araştırmaya değer en önemli kalıntıları barındıran Pedasa’da yapılmakta olan çalışmaların sürekliliği bu bağlamda büyük önem taşımaktadır. Prof. Dr. Adnan Diler tarafından 2003 yılında başlatılan Pedasa bölgesi yüzey araştırmaları sonucunda, benzerlerinin henüz bilinmemesi nedeniyle Leleg kültürü ve uygarlığı araştırmalarına büyük katkı sağlayacak olan çok önemli eserler ortaya çıkmıştır. Bu arkeolojik kalıntılar, bölge bitki örtüsünden kaynaklanan yoğun bitki ve maki topluluğu altında korunarak günümüze kadar gelebilmiştir. Çalışma bölgesinde nekropol alanı, kale ve sivil yerleşim kalıntıları bulunmaktadır.

Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Ortamında Araştırma-Tasarım (BOAT) Laboratuvarı, Pedasa bölgesiyle ilgili çalışmalara 2006 yılında imzalanan protokolün ardından başlamıştır. İlk olarak, Muğla Üniversitesi’nden alınan bilgiler değerlendirilmiş, daha sonra çalışma alanı ziyaretleri yapılarak, süreç planı çıkartılmıştır. (Şekil 5.2)

Ziyaretler 2006 yılında Nisan ve Temmuz aylarında, 2007 yılında Şubat ayında gerçekleştirilmiştir. Ziyaretler, çalışma alanındaki ölçü ve tespit çalışmaları, kamera ve fotoğraf çekimleri, eskiz ve kroki çalışmalarını kapsamaktadır. Ziyaretler süresince yapılan toplantılar ve söyleşiler kayıt altına tutularak, sonradan değerlendirmeler yapılmıştır.



Şekil 5.2 Pedasa Arkeolojik Yerleşiminin 3B etkileşimli simülasyon modeli akış şeması



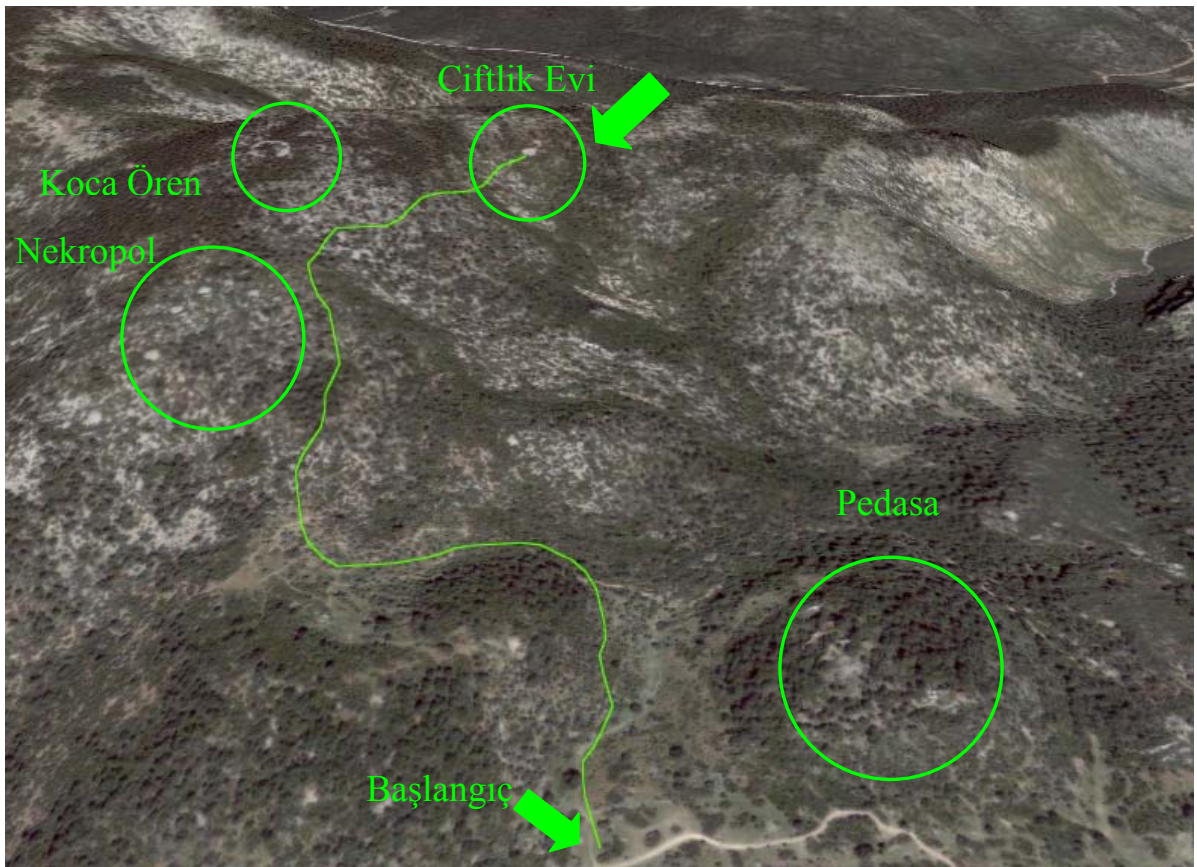
Şekil 5.3 2006 Temmuz ayında araştırma bölgesi ziyaretinde arkeolojik alanda yapılan ölçüm ve tespit çalışmaları

Süreçte bölge ziyaretlerinden elde edilen veriler ve Muğla Üniversitesi'nden alınan harita, çizim ve yazılı bilgiler doğrultusunda bilgisayar ortamında çalışmalar yapılmıştır. İlk olarak, 2006 güz yarısında BOAT laboratuvarında, araştırma bölgesinde yapılan video çekimleri ve tespitler kullanılarak, yüksek lisans öğrencileri tarafından, bölgenin üç boyutlu model ve simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar araştırma projesinde yapılacak olan simülasyon çalışmalarının ön uygulamaları olarak değerlendirilmiştir. Daha sonra haritacıardan alınan bölgenin 3 boyutlu haritası üzerinde çalışmalar yapılmıştır. İzohips eğrilerindeki kopukluklar yamanmış, Pedasa Kalesi'nin iç ve dış surlarının yükseklik ayarları yapılarak, 3ds Max'de modellenmiştir. (Şekil 5.4) Daha sonra bu model, Google Earth'den alınan imajla çakıştırılmıştır.



Şekil 5.4 Haritacıardan alınan harita üzerinde Pedasa Kalesi ve çevresiyle ilgili çalışmalar

Ön çalışmalar sonrasında yapılan değerlendirmeler sonucunda, Pedasa Kale'si ölçek bakımından büyük olarak görüldüğü için, öncelikli olarak bölgedeki sivil yapılardan Çiftlik Evi'yle çalışmanın daha doğru olacağına karar verilmiştir. Bu doğrultuda bölge ziyaretlerindeki kamera ve fotoğraf çekimleri tekrar değerlendirilmiştir. Bölgede 1970'li yıllarda araştırmalar yapan Alman arkeolog Radt'ın (1979) kitabındaki plan ve fotoğraflarla, mevcut illüstrasyonlar ve bölge ziyaretlerinde toplanan veriler, Prof. Dr. Adnan Diler ile birlikte yapılan toplantılarda tartışılarak, yorumlanmıştır. Bu toplantılar sonrasında, Çiftlik Evi ile ilgili veriler yeterli görülmeyerek, bölgeyi tekrar ziyaret etmeye ve modele yönelik, daha detaylı ve kapsamlı tespitlerin ve kamera çekimlerinin yapılmasına karar verilmiştir.



Şekil 5.5 Çiftlik Evi ulaşım güzergahı

2007 Şubat ayında yapılan bu ziyarette panoramik çekimler, doku çekimleri, kamera çekimleri, ölçü alımları ve eskizler daha dikkatli ve mümkün olduğunca doğru bir şekilde yapılmaya çalışılmıştır. Ayrıca, alan çalışmasında ekibin yapıyla ilgili yorumları, tartışmalar kaydedilerek, arşivlenmiştir.

Ziyaret sonrasında, çalışma bölgesindeki eskizler, bilgisayar ortamına aktarılarak, daha önceden Radt'ın kitabındaki planların taranıp sayısallaştırılmış çizimleriyle karşılaştırılarak,

karşılaştırılıp, yorumlanmıştır. Prof. Dr. Adnan Diler'den alınan kritiklerle de desteklenen çizimler, modellenerek, simülasyon hazırlanmıştır

Projede, çizim, modelleme, görselleştirme ve imaj işlemlerinde, AutoCAD, Photoshop, 3ds Max ve Mudbox yazılımları kullanılmıştır. Projenin simülasyonu ise Quest3D programında hazırlanmıştır.

5.3 Bilgi Toplama, Bilgi Depolama, Veri Tabanı Oluşturma

Çalışmada, Karya Araştırma Merkezinden gelen Pedasa yerleşimine ait mevcut yapı verileri, Pedasa arkeolojik alanının hava fotoğrafı, bölgedeki ölçüm ve tespitlerden elde edilen çizimler, fotoğraflar ve videolar, Radt'ın (1979) kitabındaki bilgiler, illüstrasyonların her biri kaynak oluşturmıştır. İleriki aşamalarda bütün bu bilgilerin oluşturulan dosya sisteminde ilişkilendirilip, depolanması ve veri tabanı oluşturulması hedeflenmektedir.



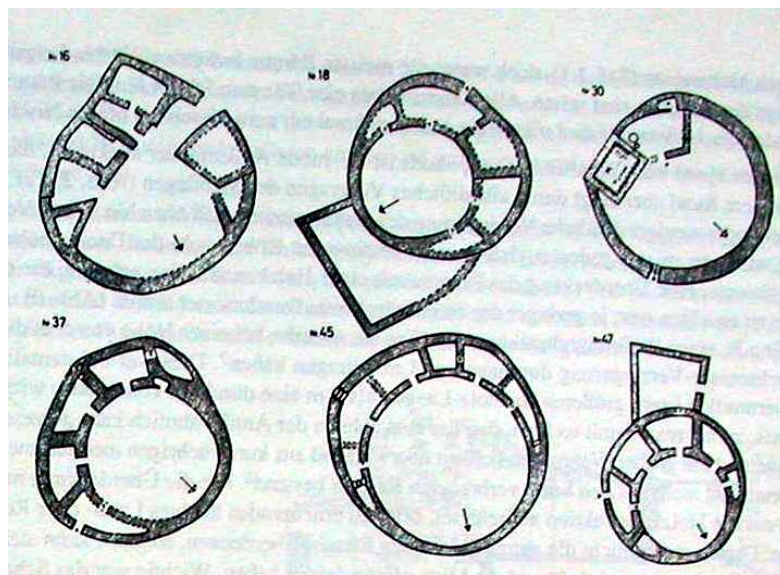
Şekil 5.6 Çiftlik Evi'nin ölçüm ve tespit çalışmaları



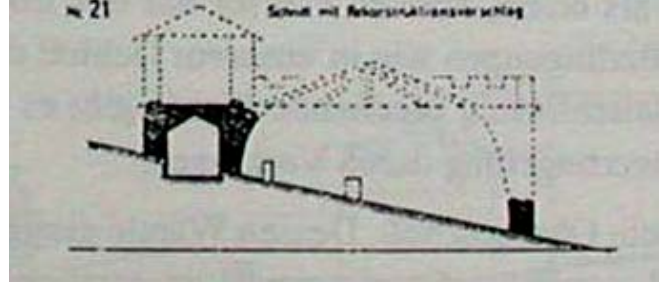
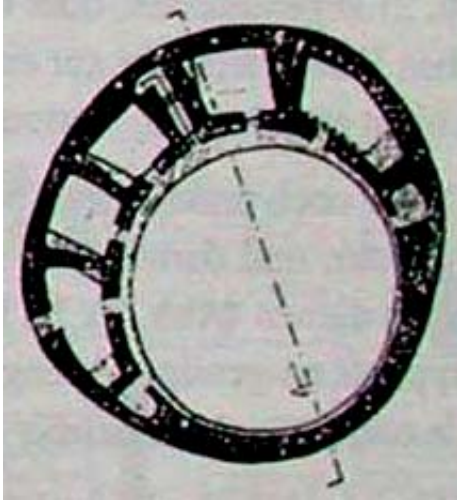
Şekil 5.7 Çiftlik Evi modelinde kullanılacak kaplamaları hazırlamak için yüksek çözünürlüklü doku örnekleri çekimleri

5.4 Modelleme ve Görselleştirme

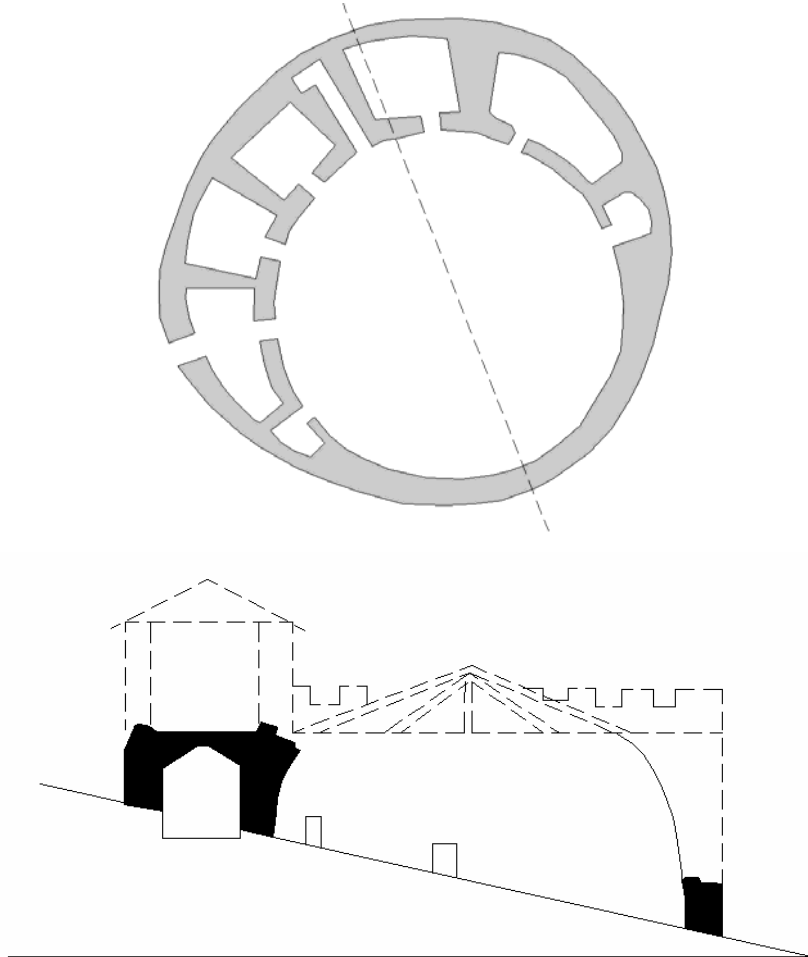
Çiftlik Evi'nin modelleme ve görselleştirme süreci Radt'ın kitabındaki çizimlerin taranarak, AutoCAD ortamında sayısallaştırılması ile başlamıştır. (Şekil 5.8; Şekil 5.9 Şekil 5.10) Daha sonra bu çizimler, Google Earth'den elde edilen uydu fotoğrafları, daha önceden Çiftlik Evleri ile ilgili yapılmış illüstrasyonlar ve Prof. Dr. Adnan Diler'le çalışma ekibinin yapmış olduğu toplantılar sonucunda verilen kararlar doğrultusunda geliştirilmiştir. Süreçte daha doğru ve güvenilir verilerle model hazırlamak için, tekrar çalışma alanına gidilerek ve “Çiftlik Evi”nin modele yönelik tespitleri yapılmıştır. Ziyaret sonrası toplanan bütün veriler değerlendirilerek, kademeli olarak modellenmeye başlanmıştır.



Şekil 5.8 Radt'ın (1979) kitabındaki Çiftlik Evi çizimlerinden örnekler (Radt,1979)



Şekil 5.9 Pedasa'daki Çiftlik Evi'nin Radt'ın (1979) kitabındaki plan ve kesit çizimleri (Radt,1979)



Şekil 5.10 Radt'ın (1979) kitabındaki Pedasa'daki Çiftlik Evi'nin plan ve kesit çizimlerinin sayılandırılmış görüntüleri

Modelin 2B çizimleri AutoCAD yazılımında hazırlanmıştır. Alan araştırmasında çekilen fotoğraflar Photoshop yazılımında birleştirilip, düzeltmeler yapılarak, panoramik fotoğraflar hazırlanmıştır. (Şekil 5.11; Şekil 5.12) Çitlik Evi'nde çekilen iç mekan fotoğrafları birleştirilip, düzeltmeleri yapılarak üzerinden çizilebilir hale getirilmiştir. AutoCAD'de fotoğraf üzerlerinden çizilen kesitler, alan çalışmasında alınan ölçülere göre düzeltilip, ölçeklendirilmiştir. (Şekil 5.13; Şekil 5.14; Şekil 5.15; Şekil 5.26) Bu arada, Radt'ın çizimleri ölçeklendirilerek, son ziyarette yapılan eskizler ve ölçümlere göre hazırlanan plan çizimleri (Şekil 5.17) ile karşılaştırılmıştır. (Şekil 5.18) Daha sonra elde edilen planlar, toplanan bütün verilerle birlikte değerlendirilip, yorumlanarak, orijinal plan alternatifleri çizilmeye başlanmıştır. (Şekil 5.19) Çiftlik evleriyle ilgili daha önceden yapılmış illüstrasyonlardan (Şekil 5.21), Radt'ın kitabındaki verilerden ve Prof. Dr. Adnan Diler'in Radt ile yapmış olduğu ikili görüşmeden elde edilen bulgular doğrultusunda, hazırlanan senaryolara ve yapılan eskiz çizimlerine (Şekil 5.20) bağlı kalınarak plan ve kesit alternatifleri kuvvetlendirilmiş ve en doğru çözümler yapılmaya çalışılmıştır. (Şekil 5.22)



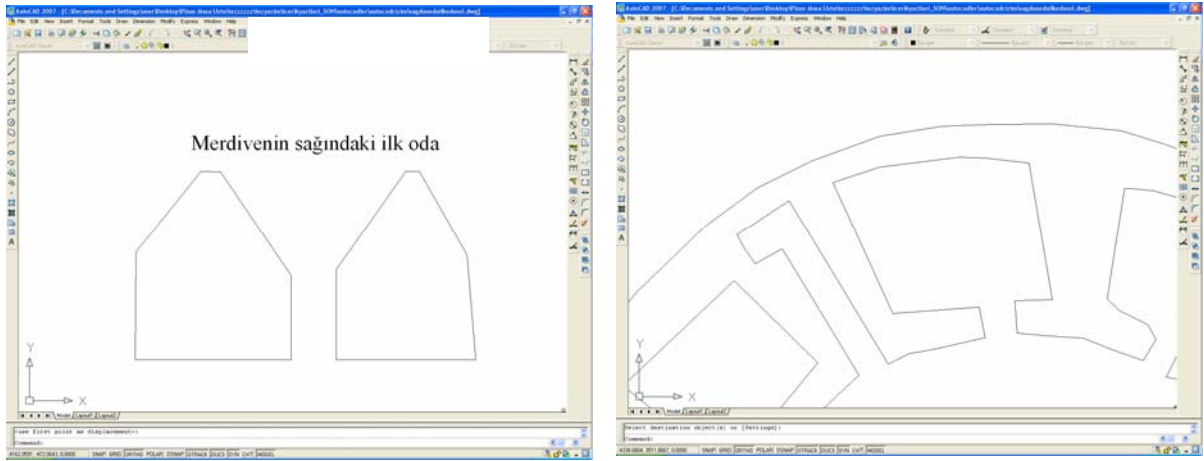
Şekil 5.11 Çiftlik Evi'nin mevcut kalıntılarının panoramik görüntüsü (iç avludan bakış)



Şekil 5.12 Çiftlik Evi'nin mevcut kalıntılarının panoramik görüntüsü (terastan iç avluya bakış)



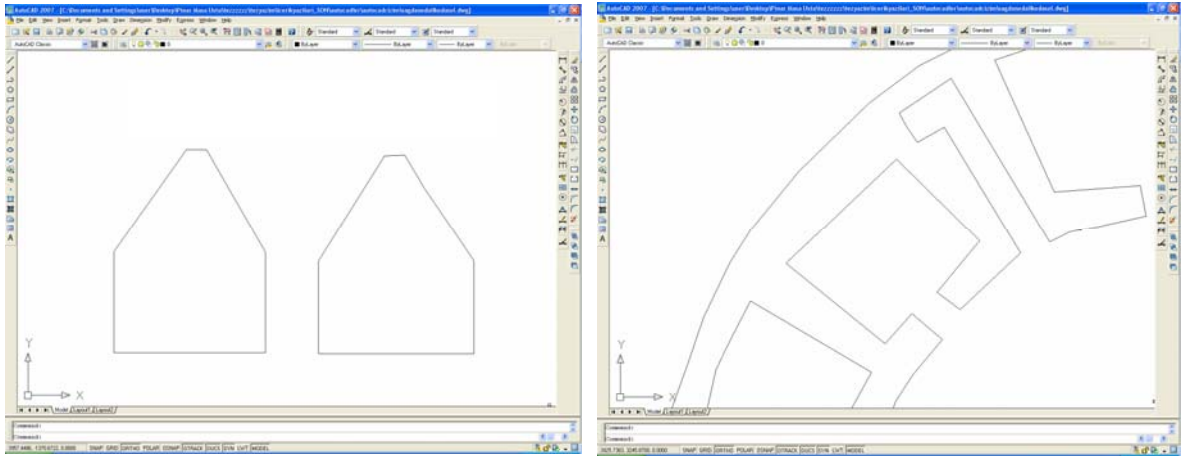
Şekil 5.13 Çiftlik Evi’nde merdivenin sağındaki mekanın sol ve sağ duvar görüntüleri



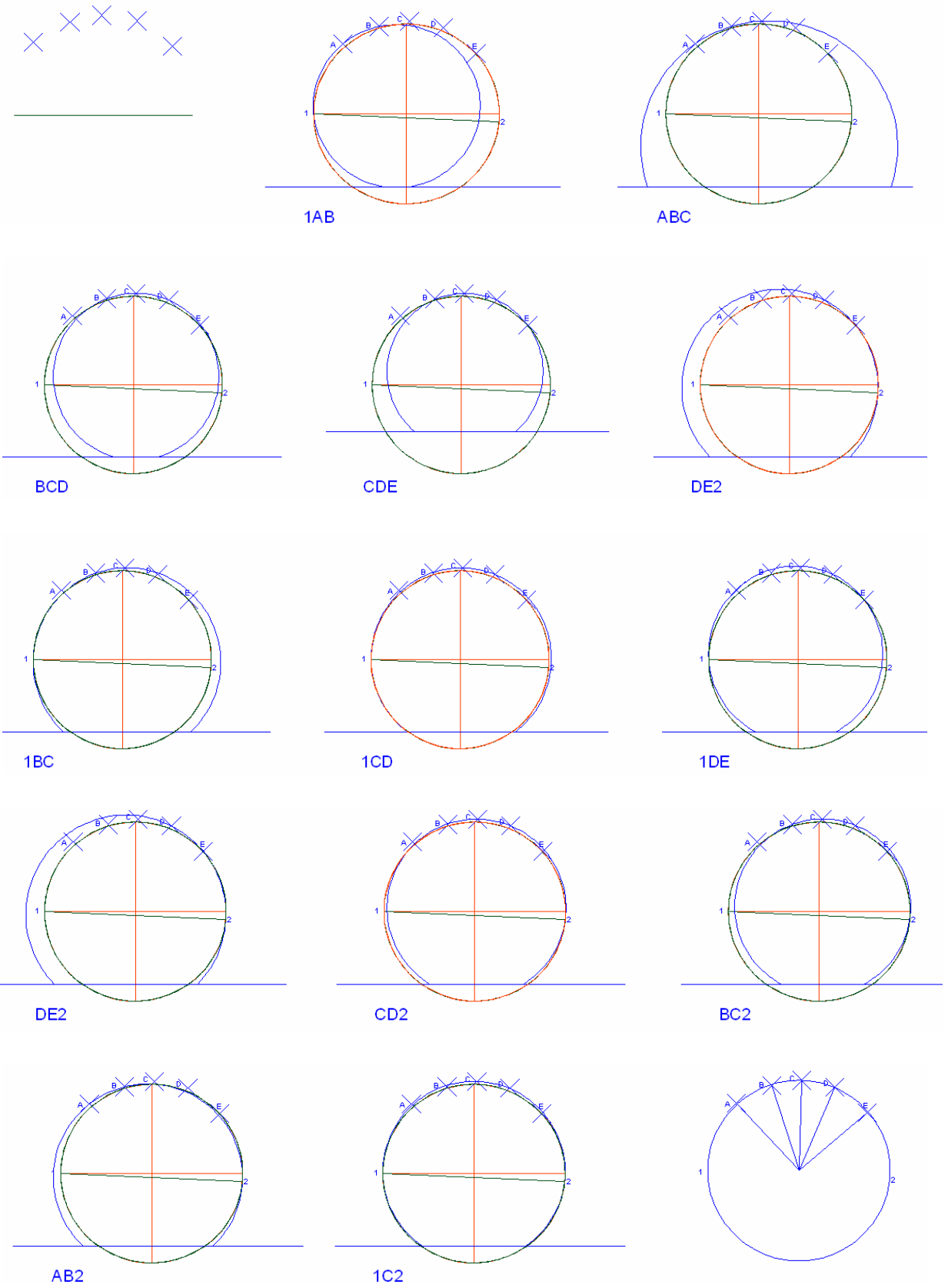
Şekil 5.14 Çiftlik Evi’nde merdivenin sağındaki mekanın ölçüm ve tespit sonrası simülasyon modeline yönelik kesit ve plan çalışmaları



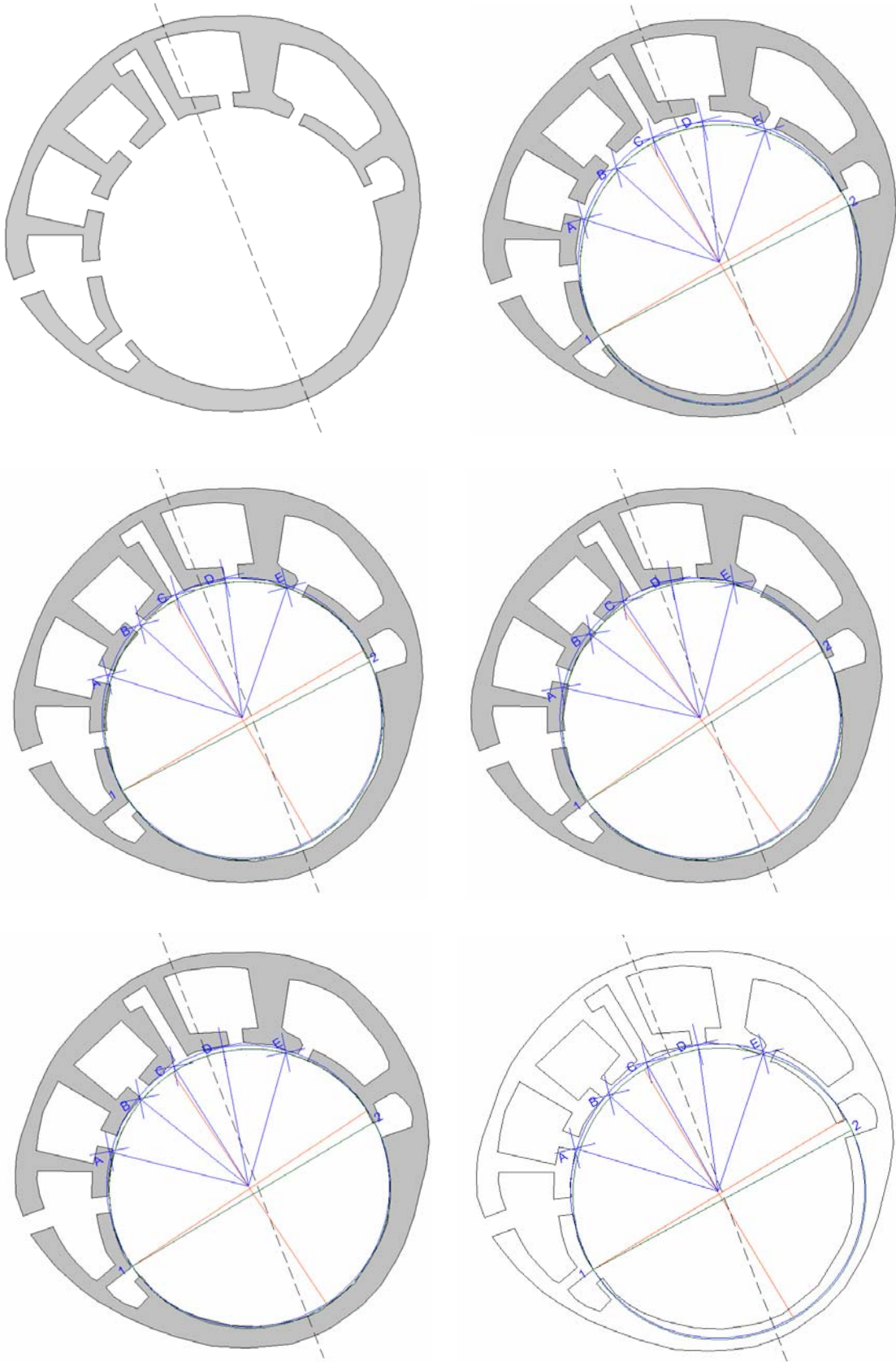
Şekil 5.15 Çiftlik Evi’nde merdivenin solundaki mekanın sol ve sağ duvar görüşleri



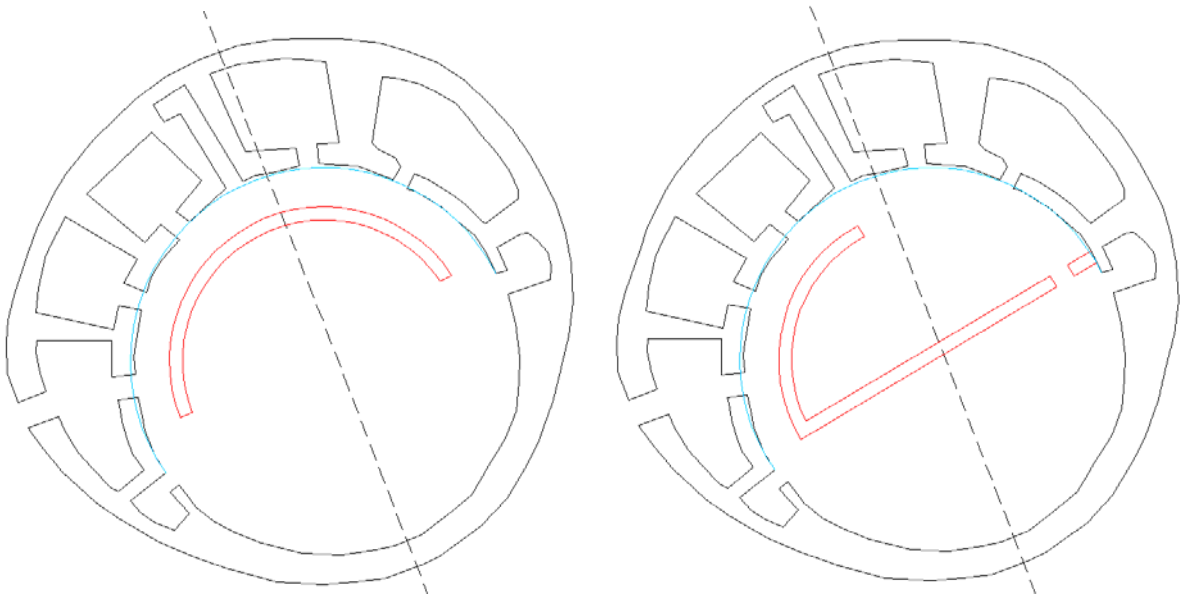
Şekil 5.16 Çiftlik Evi’nde merdivenin solundaki mekanın ölçüm ve tespit sonrası simülasyon modeline yönelik kesit ve plan çalışmaları



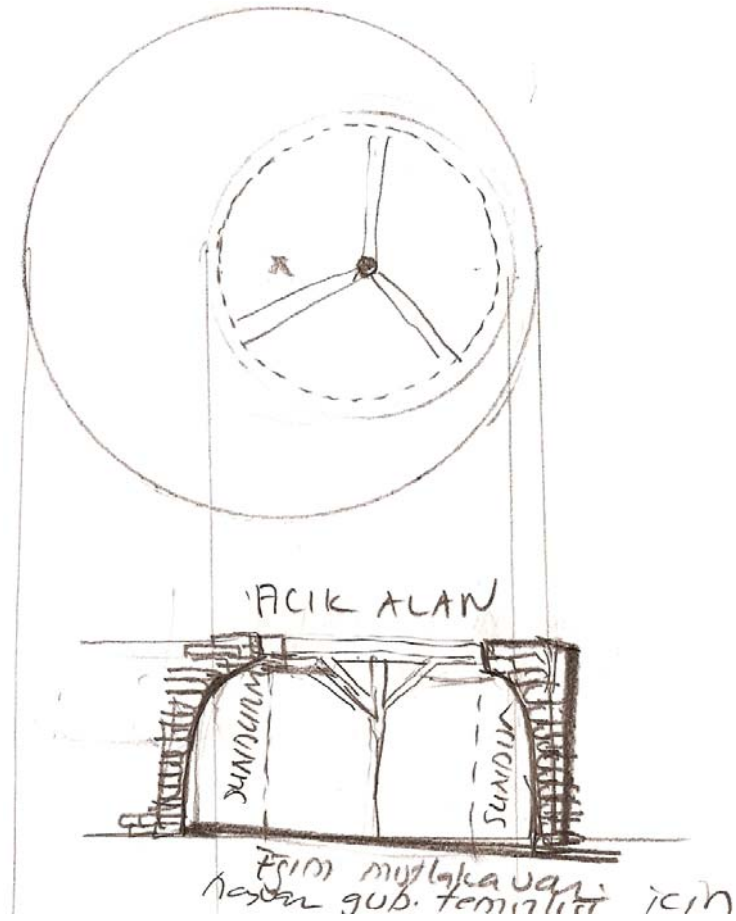
Şekil 5.17 Çiftlik Evi'nin planının ölçüm ve tespitlerini sayısallaştırma çalışmaları



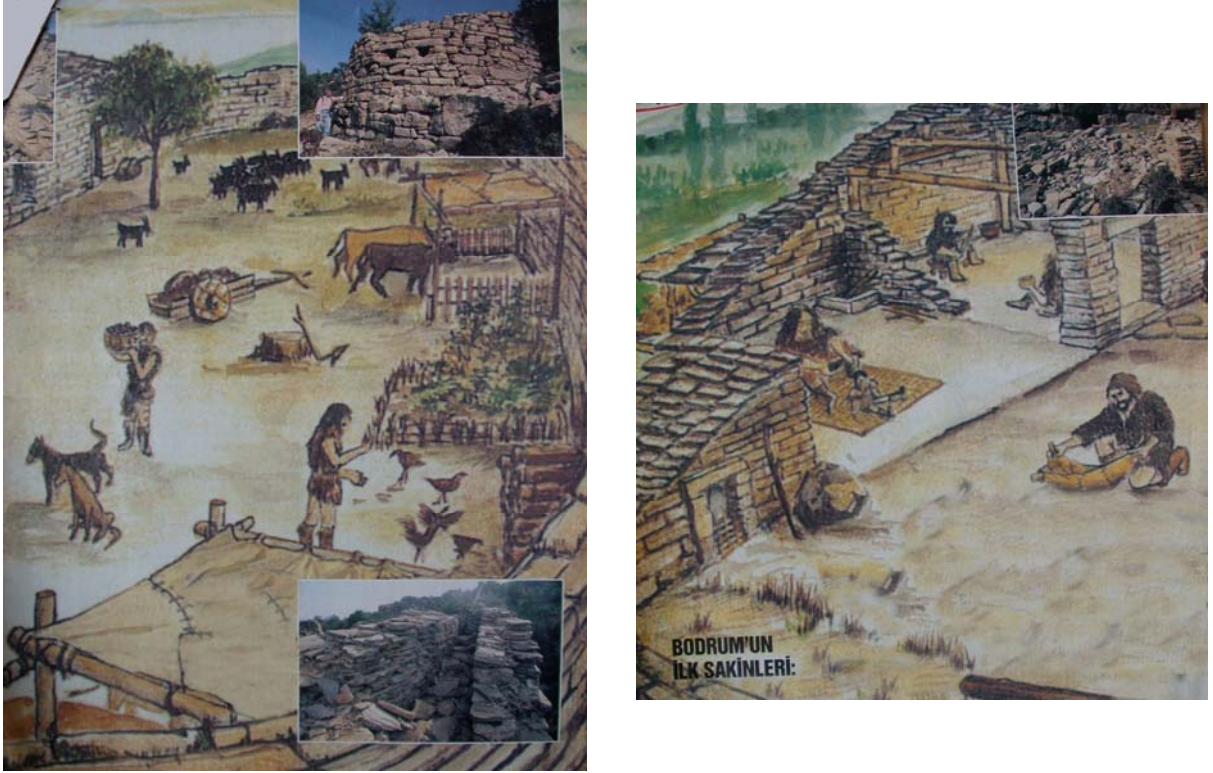
Şekil 5.18 Radt'ın (1979) kitabından sayısallaştırılan (en başta solda) ve ölçüm, tespit sonrası çizilen Çiftlik Evi planlarının karşılaştırılması



Şekil 5.19 Çiftlik Evi'nin alternatif plan denemeleri



Şekil 5.20 Prof. Dr. Adnan Diler'in yapmış olduğu Çiftlik Evi plan ve kesit çalışma eskizi örneği

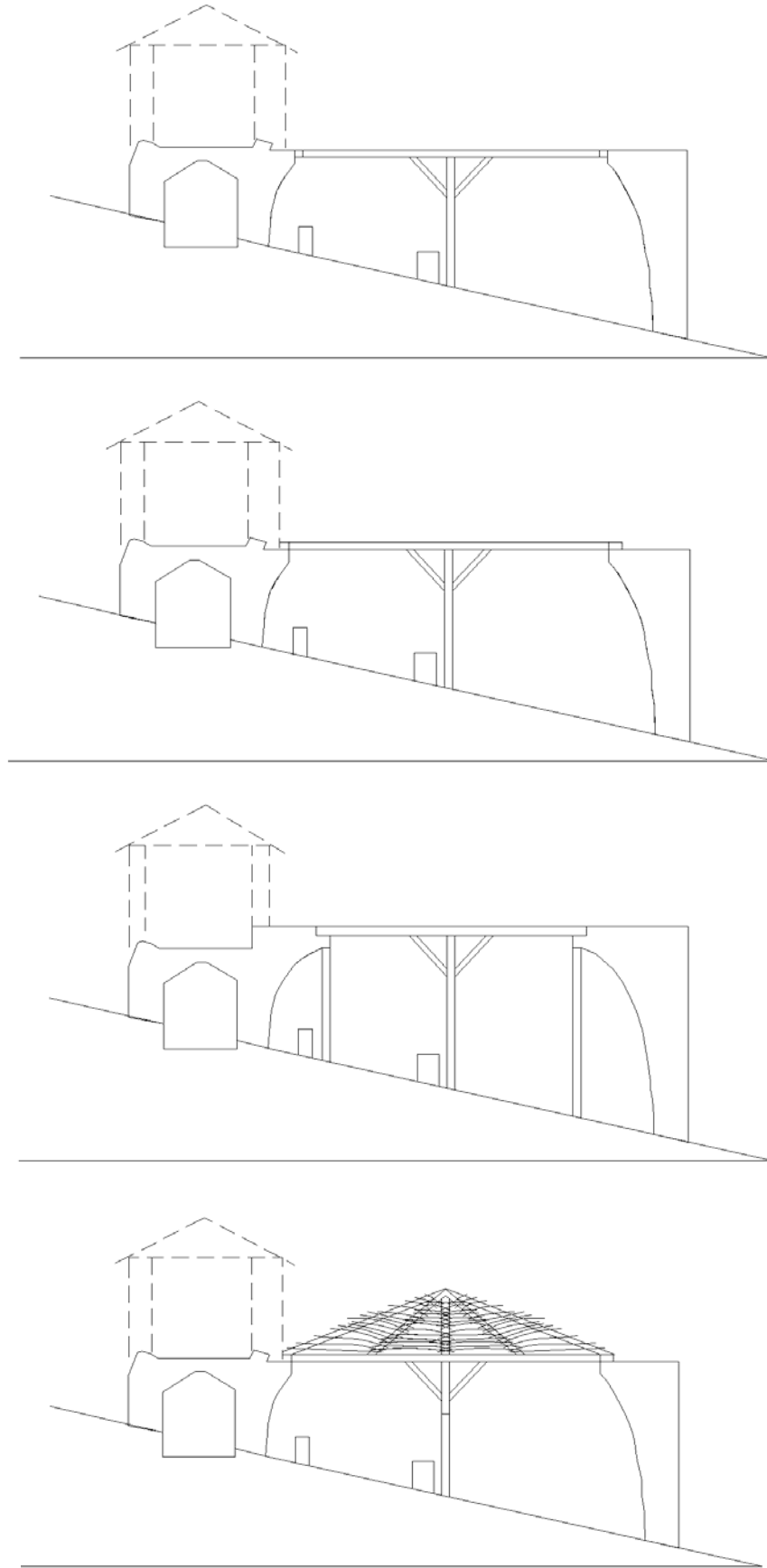


Şekil 5.21 Çiftlik Evleri’ndeki yaşamı ve iç avlu kullanımını anlatan illüstrasyon örnekleri (Focus, 2001)

Şekil 5.21’deki illüstrasyonlarda da görüldüğü gibi Lelegler Çiftlik Ev’lerinin orta avlusunu ortak yaşama alanı olarak kullanmışlardır. Lelegler besledikleri hayvanları, Çiftlik Evi dışına çıkarmadan, orta avluda tutmuş, avluyu da ona göre şekillendirmişlerdir. Avlu etrafındaki odalar yüksek eğimde konumlanmış, hayvan pisliklerinin düşük eğimde toplanması için aşağıda mekan yapılmamıştır. Ayrıca, dışarıdan gelecek her hangi bir tehlikeye karşı avlu duvarları mümkün olduğunca yüksek tutulmuştur.

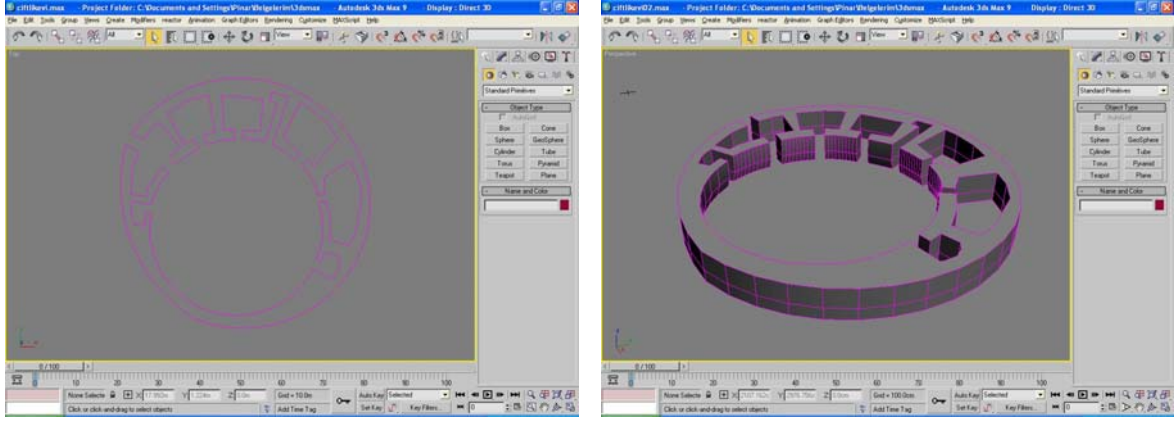
Radt’ın (1979) kitabındaki örneklerde (Şekil 5.8) de görüldüğü gibi, Çiftlik Ev’lerinin planları, avlu etrafında yer alan mekanlar ve sayıları değişkendir. Plan kurgusu ve araziye yerleşim şekilleri bakımında, Çiftlik Ev’leri organik bir yerleşim dokusuna sahiptirler. Tez kapsamında incelenen Çiftlik Evi’nde, terasa çıkan bir merdiven, merdivenin sağında iki, solunda üç oda olmak üzere toplam beş oda, ortak kullanım alanı olarak da mutfak ve tuvalet hacimleri yer almaktadır. Bu tür yapılara “**Birleşik (compound) Yapılar**” denmektedir. Ayrıca, Pedasa bölgesinde Çiftlik Evi dışında, “**çevirme**” olarak nitelendirilen “Koca Ören” gibi yapılar da vardır.

Çiftlik Ev’leri yakın zaman kadar, “keçi tokatı” olarak çobanlar tarafından kullanılmış ve hazine avcıları tarafından da kaçak kazılara maruz kalmışlardır.

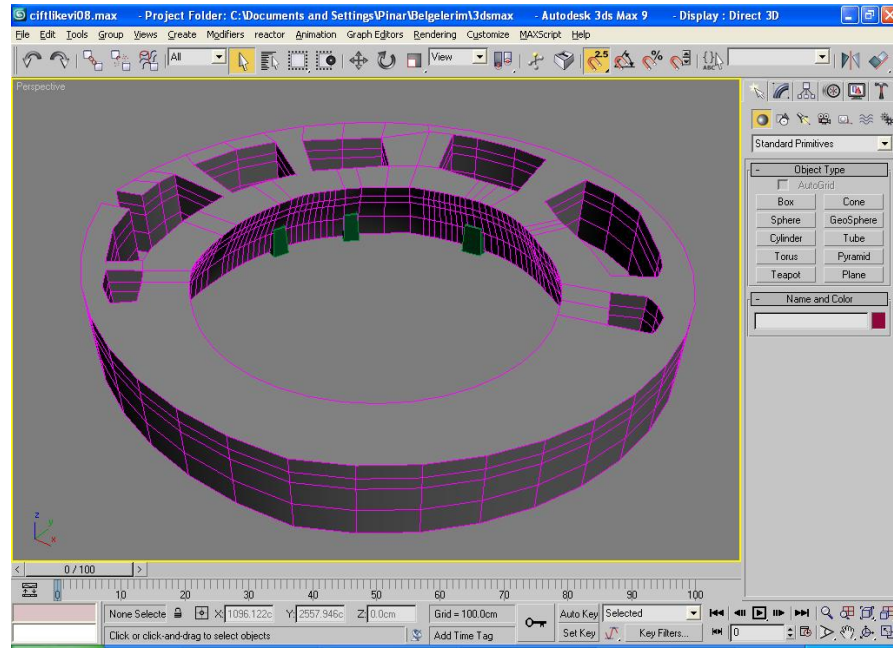


Şekil 5.22 Çiftlik Evi orta avlu çatı örtüsü alternatif kesit çizimleri

AutoCAD yazılımından hazırlanan bu çizimler, 3ds Max yazılımına aktarılarak, düşük konturlu (low poly) olarak modellenmiştir. (Şekil 5.23; Şekil 5.24) İlk olarak hazırlanan model dış kabuğu oluşturmuş, odalardaki eğrisellik ve yapının formu gereği Çiftlik Evi'nin odaları da ayrı modellenerek (Şekil 5.25), genel model içine monte edilmiştir.

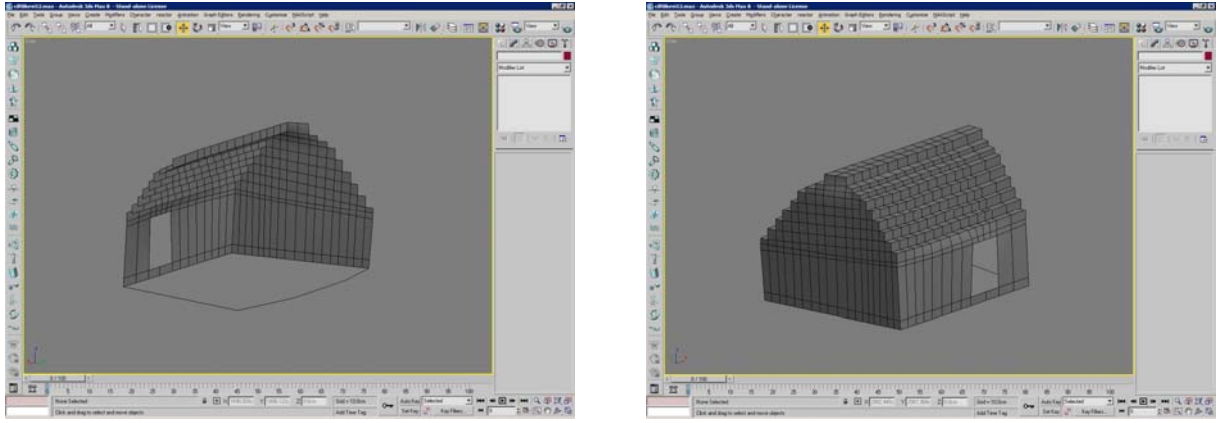


Şekil 5.23 AutoCAD'den 3ds Max'e aktarılan 2B çizim(solda) ve yükseltilmiş (sağda) görüntüsü



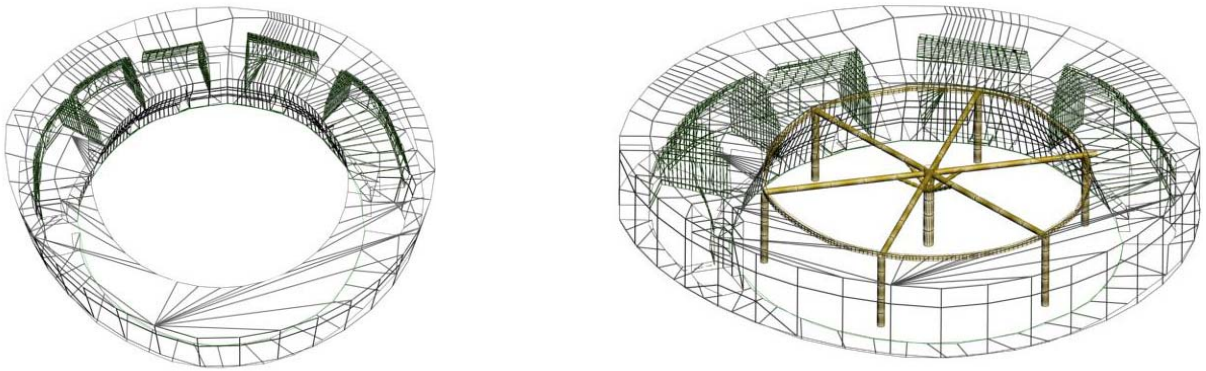
Şekil 5.24 3ds Max'de Çiftlik Evi çalışması

Proje modeli simülasyona yönelik hazırlandığı için modelin düşük poligonlu olması ve bu nedenle poligon sayısının sürekli kontrol altında tutulması gerekmiştir. Modelleme yapılırken, oyun motorları poligonları 3'lü olarak gördüğü için, sayısı fazla olan poligonlar bölünerek, yüzeyler sürekli kontrol altında tutulmuştur.

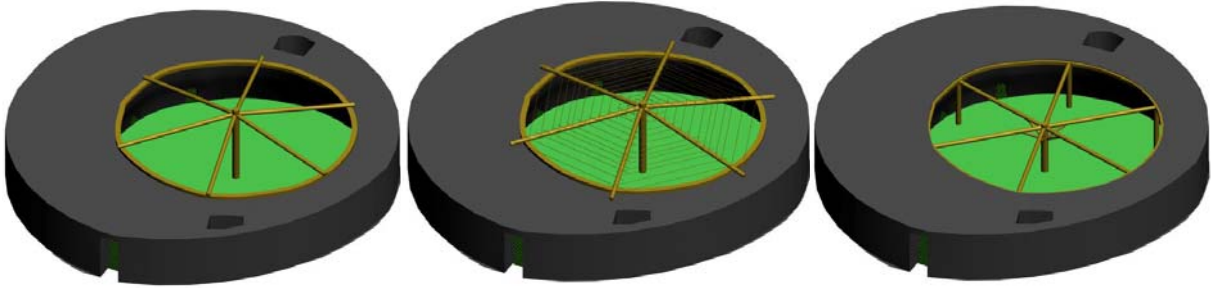


Şekil 5.25 Çiftlik Evi odalarının 3B modeli

Çiftlik Evi'nin orta avlusunun üstü kapalı ya da açık olması konusunda kaynaklara ve mevcut verilere göre hazırlanan çizimlere göre, alternatif modeller yapılmıştır. (Şekil 5.26; Şekil 5.27) Kaynaklar, o dönem koşullarında, Lelegler'in besledikleri hayvanları orta avluda tuttuklarını ve dışarı çıkarmadıklarını göstermektedir. Bu nedenle, orta avlunun üstünün açık olması gerektiği ve aynı zamanda duvarlardaki eğriselliği karşılayacak ahşap taşıyıcıların olabileceği düşünülmüştür. Fakat, orta avlunun tam olarak olmasa da, kapalı olma ihtimali de göz önünde bulundurulmuştur. Bu nedenle alternatif modeller hazırlanmıştır. Bu modeller sonuç ürünün simülasyonu için önemli olduğu kadar, Çiftlik Evi'nde sonraki süreçte yapılacak olan restorasyon çalışmaları açısından da büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, hazırlanan 3B modellerin, arkeolog ve tarihçiler için de önemli bir sorgulama aracı olacağı düşünülmektedir.

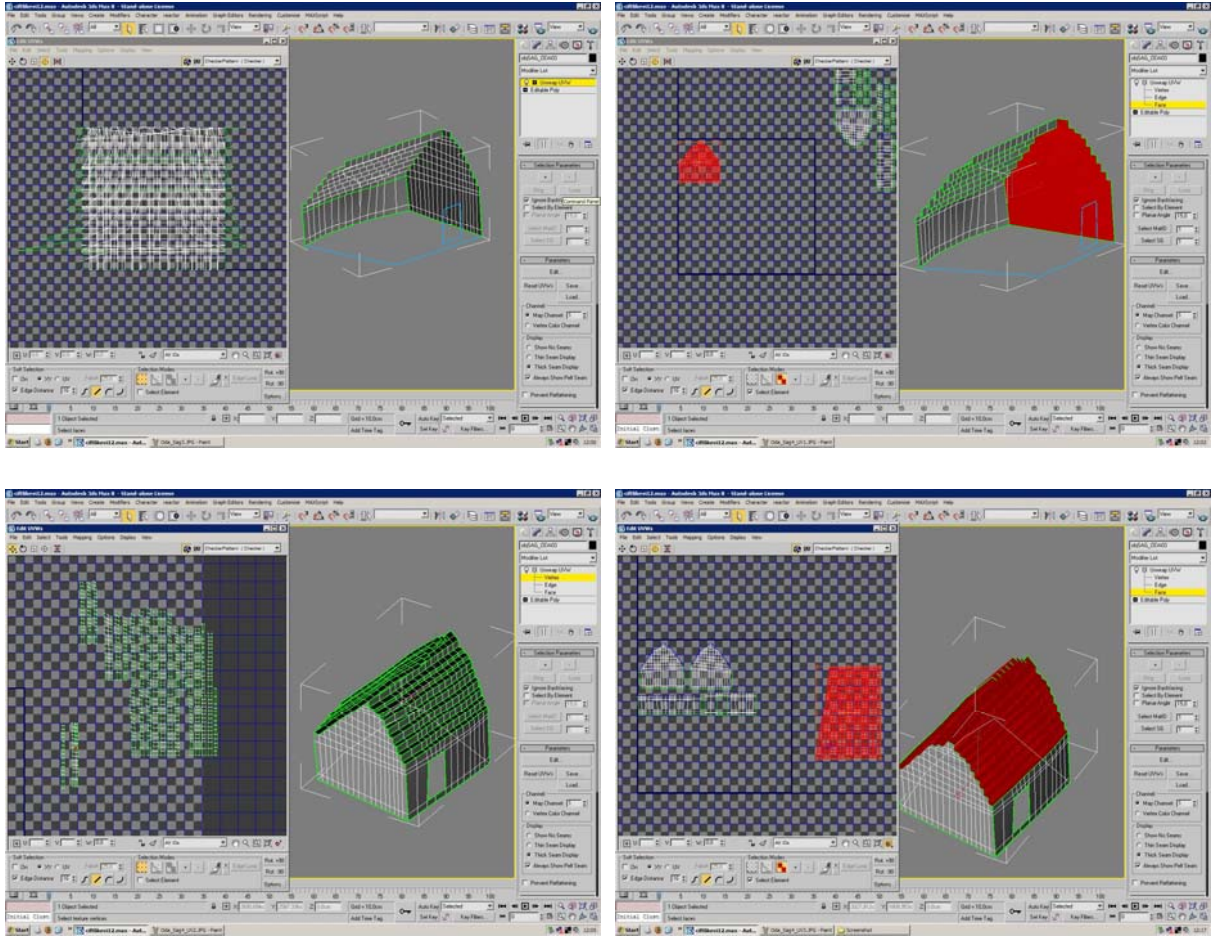


Şekil 5.26 Çiftlik Evi orta avlu çatı örtüsüz ve örtülü tel çerçeve model görünüşü

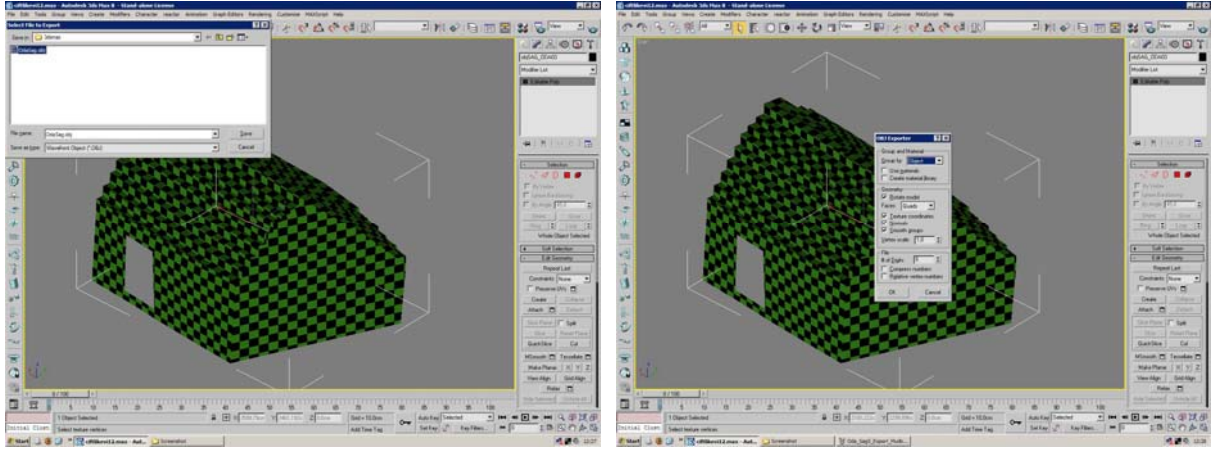


Şekil 5.27 Çiftlik Evi orta avlu çatı örtüsü alternatifleri

Çiftlik Evi'nin modelleme sürecinde daha detaylı ve işlenmiş görüntüler elde etmek için, 3ds Max yazılımında hazırlanan düşük poligon sayılı oda modelinin, Unwrap UVW haritası açılıp (Şekil 5.28), .obj formatında export edilerek, Mudbox yazılımına aktarılmıştır.

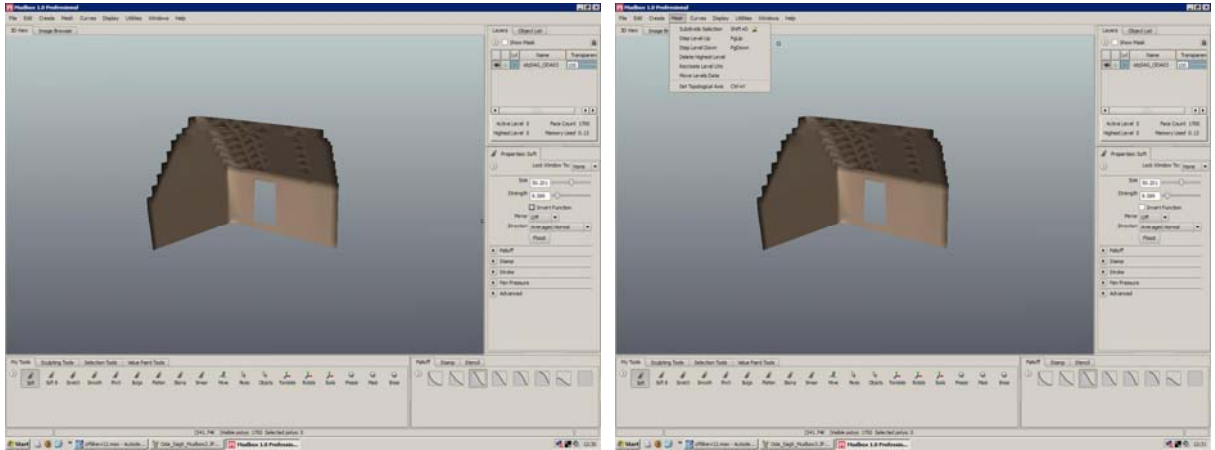


Şekil 5.28 Düşük poligon sayılı oda modelinin Unwrap UVW haritası açılması süreci



Şekil 5.29 3ds Max’de hazırlanan düşük poligon sayılı oda modelinin Mudbox’da detaylandırılmak için .obj formatında kaydedilme süreci

Mudbox, dijital yontu programı olup, küp gibi primitif bir objeyi çamur gibi işleme olanağı sağlamaktadır. Organik modelleme konusunda oldukça başarılı, öğrenmesi ve kullanması kolay, sade bir programdır. Fakat, Mudbox’da boyama yapılamamaktadır. Bu nedenle, model Mudbox’da detaylandırılıp, yüksek poligonlu Normal Map haritası çıkarıldıktan sonra, tekrar 3ds Max yazılımına aktarılmıştır.



Şekil 5.30 Mudbox yazılımında düşük poligon sayılı oda modelinin detaylandırılması

Modelin ışık ve ortam ayarları yapıldıktan sonra, Mudbox’da hazırlanan Normal Map haritasıyla birlikte bütün malzemeler ve özellikler pişirilerek (texture baking), yeni bir harita çıkarılmış ve düşük poligonlu modele giydirilmiştir (retexturing).

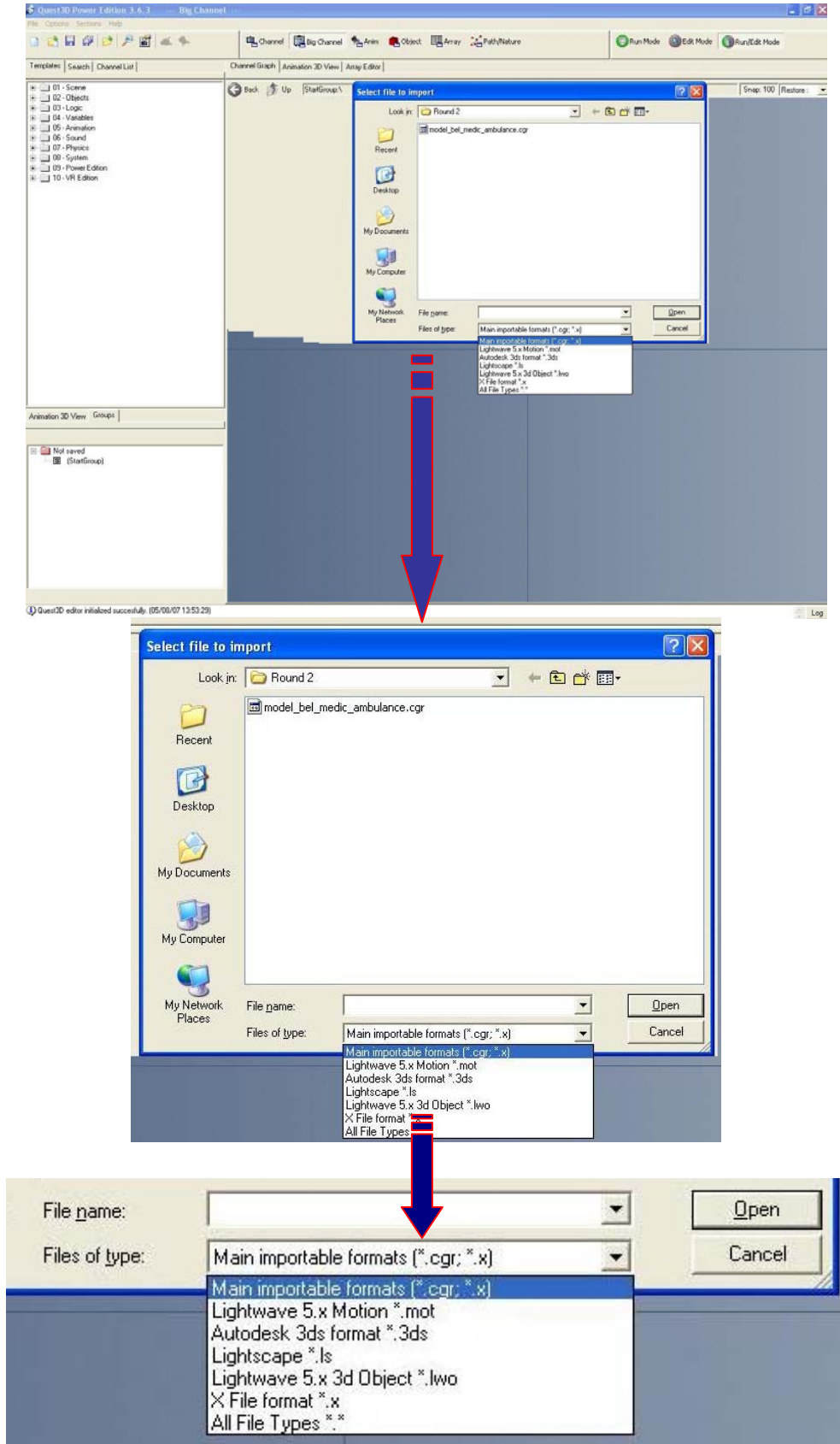
Çizelge 5.1 Çiftlik Evi modelinde kullanılan programlar

İŞLEM	PROGRAM
2B Çizim	AutoCAD
İmaj İşleme	Photoshop
Modelleme	3ds Max
Model Detaylandırma	Mudbox
Sunum	Quest3D

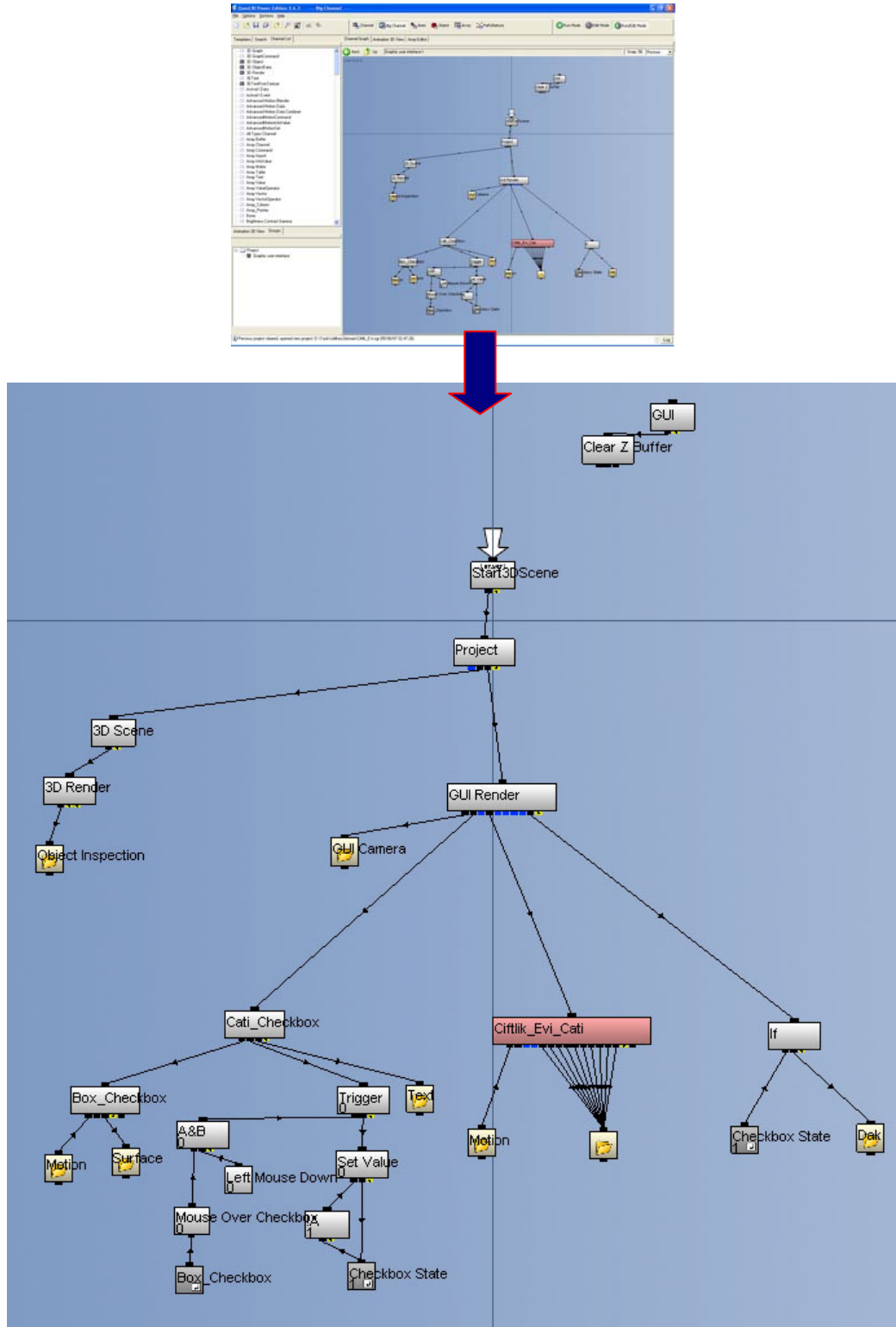
5.5 Sunum

Sunum aşamasında, 3ds Max’de hazırlanan model Quest3D yazılımına aktarılarak, gerçek zamanlı simülasyon için ayarlamalar yapılmıştır. Quest3D’nin en büyük avantajlarından biri gerçek zamanlı 3B projeleri programlama bilgisine ihtiyaç duymadan ve tek satır kod yazmadan yaratabilmektir. Böylece daha az zamanda ve düşük maliyetle oyunlar ve simülasyonlar hazırlanabilmektedir. Quest3D’nin özel “channel” sistemi proje üzerinde mutlak hakimiyet sağlamaktadır. Bu metod herhangi bir programlama istemeden, her şeyi grafikler yardımıyla düzeltme ve düzenleme imkanı sağlamaktadır. Örneğin, kullanıcı simülasyona eklenen ortam efektlerini (ses-görüntü efektleri – yağmur, rüzgar, gündüz, gece v.b.) istediği gibi değiştirip, etkilerini görebilir ve etkileşimli ortamda değişimleri gözlemleyip, hissedebilir. Yukarıda sayılan sebeplerden dolayı ve programın getirileri göz önünde bulundurularak Pedasa Arkeolojik Yerleşiminin gerçek zamanlı etkileşimli 3B simülasyonunda Quest3D programı kullanılmaya karar verilmiştir.

Quest3D programı metrik olarak çalıştığından, 3ds Max’de hazırlanan Çiftlik Evi modeli metrik olarak kaydedilmiş ve sonra da Quest3D’de .x uzantısında import edilmiştir. (Şekil 5.31) Daha sonra, Quest3D’nin özel “channel” sistemi kullanılarak simülasyon sahnesi hazırlanmıştır. (Şekil 5.32)

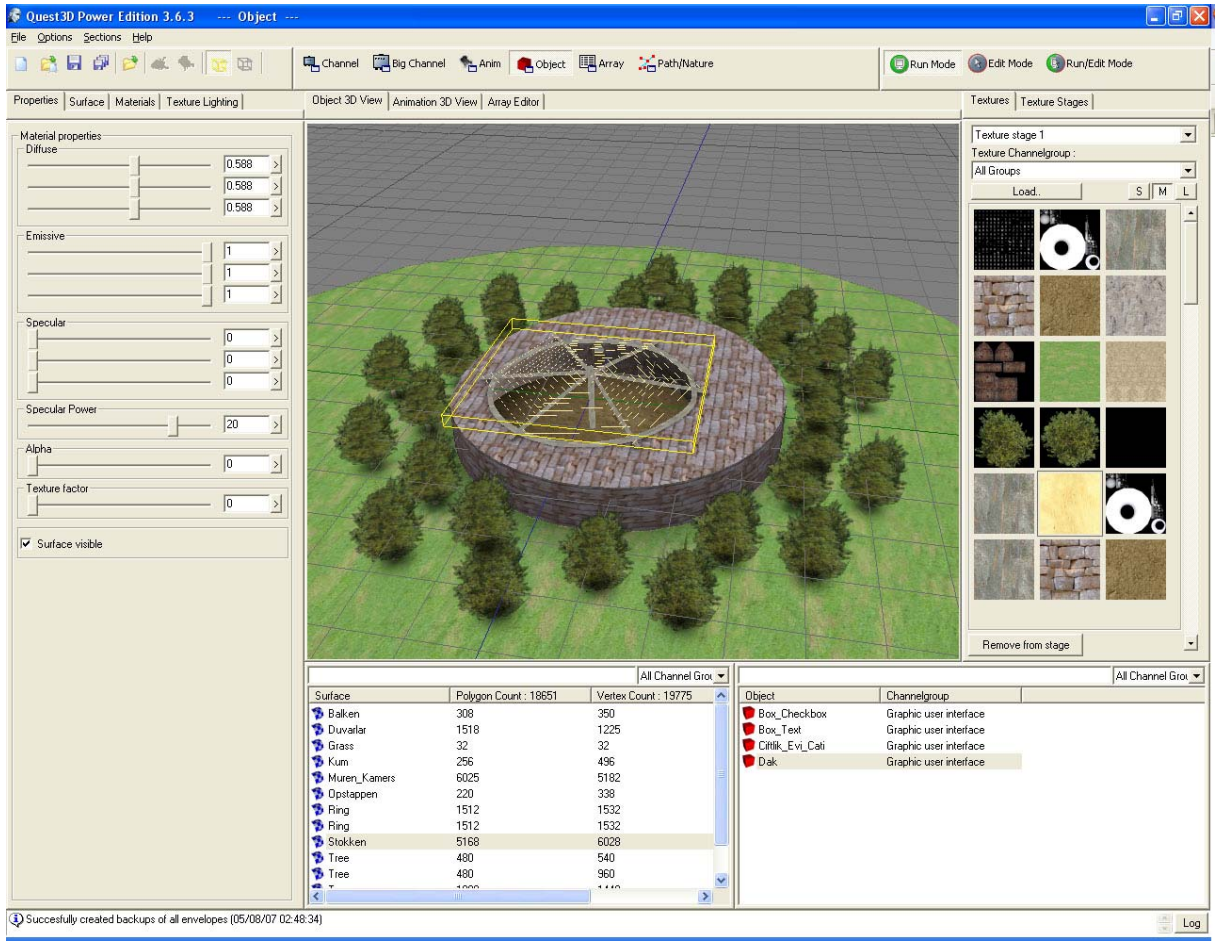


Şekil 5.31 Quest3D'ye 3ds Max'de hazırlanan modelin aktarımı

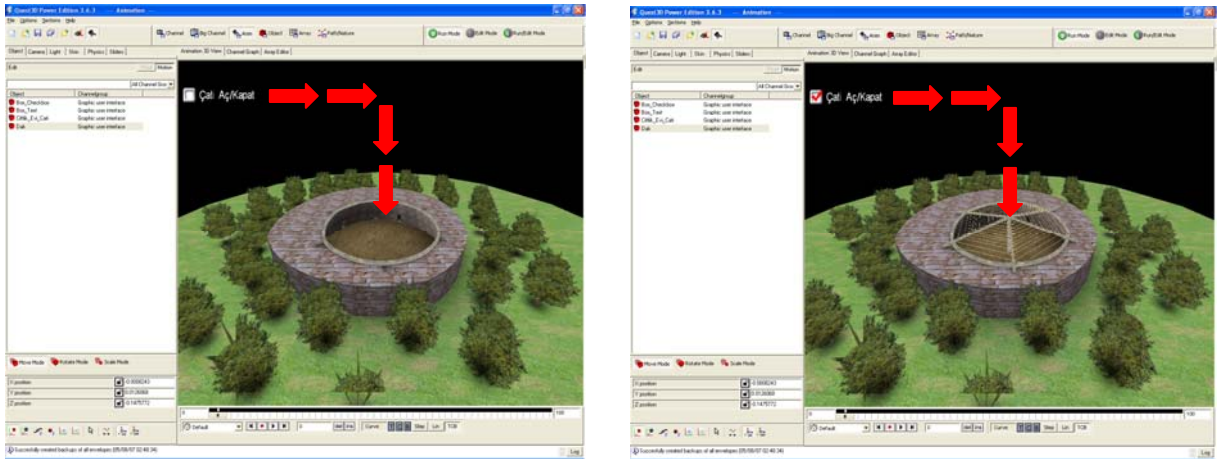


Şekil 5.32 Çiftlik Evi’nde Quest3D’deki “channel” sistemi uygulaması

3ds Max’den Quest3D’ye aktarılan modelin malzeme (Şekil 5.33) ve ışık düzenlemeleri yapılarak, simülasyon sahnesine, alternatif modellere geçiş sağlayacak kontrol düğmeleri (Şekil 5.32’deki “channel” sistemi içinde görüldüğü gibi) yerleştirilmiştir. (Şekil 5.34)



Şekil 5.33 Çiftlik Evi'nin Quest3D arayüzünde malzeme düzenleme sahnesi



Şekil 5.34 Simülasyon sahnesine yerleştirilen kontrol düğmeleri ve etkileri



Şekil 5.35 Quest3D’de hazırlanan simülasyon sahnesi (iç avludan)



Şekil 5.36 Quest3D’de hazırlanan simülasyon sahnesi (oda içi)

Quest3D’de hazırlanan simülasyon .exe uzantısında kaydedildiği için, herhangi bir masaüstü bilgisayardan, ek bir plug-in gerektirmeden kullanılabilir.



Şekil 5.37 Çiftlik Evi'nin simülasyon sahnesi

Çiftlik Evi'nin modelleme ve simülasyon çalışmaları devam etmektedir. Tez kapsamında yapılan çalışmalar deneme ve ön çalışma niteliğindedir. Araştırma projesinin model sunumlarının, öncelikli olarak Web ortamından yapılması düşünülmektedir. Modellerin son hali Quest3D'de hazırlandığı için, Web ortamından .exe dosyası indirilerek, interaktif olarak model içinde dolaşılabilir. Ayrıca Web ortamından, hazırlıkları devam eden, 360 derece panoramik fotoğraflar, etkileşimli haritalara da ulaşılabilir.

Sonraki süreçte, araştırma bölgesinde kurulacak bir merkezde, ziyaretçilerin, sanal gözlük, sanal eldiven ve joystick gibi sanal ortam araçlarıyla model simülasyonu ile gerçek zamanlı etkileşim kurmaları ve model içinde dolaşmaları sağlanacaktır.

5.6 Değerlendirme

Çiftlik Evi'nin gerçek zamanlı etkileşimli simülasyonunun hazırlık süreci ve projede kazanılan deneyim, proje ekibi tarafından çalışmaları devam eden araştırma projesi kapsamındaki, Bodrum Yarımadası'nda Pedasa'da yer alan diğer arkeolojik yapılarda, Aspat, Kissebükü, Milas Damlıboğaz; Mobolla Kalesi (Muğla Kentsel Siti) ve Sedir Adası-Gelibolu

Yarımadası-Çamlı Köyünde karşılaşılan arkeolojik yerleşimlerde yapılacak benzer çalışmalar için önemli bir örnek uygulama niteliğindedir. Ayrıca, projenin akış sürecinin diğer araştırma bölgelerinde yapılacak olan çalışmalara altlık olacağı ve proje sonucunda hazırlanan modellerin kazı çalışmalarına da yön vereceği düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında şimdiye kadar yapılan çalışmalar kısaca özetlenecek olursa:

- Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Ortamında Araştırma-Tasarım (BOAT) Laboratuvarı'nın, Muğla Valiliği ve Muğla Üniversitesi Rektörlüğü ile 2006 yılında imzalamış olduğu protokolün ardından çalışmalara başlanmıştır.
- İlk olarak, Muğla Üniversitesi'nden alınan bilgiler değerlendirilmiştir.
- Daha sonra 2006 yılında Nisan ve Temmuz aylarında çalışma alanına gidilerek tespitler yapılmıştır.
- Araştırma projesinin genel süreç planı çıkartılmıştır.
- 2006 güz yarıyılında BOAT laboratuvarında, araştırma bölgesinde yapılan video çekimleri ve tespitler kullanılarak, yüksek lisans öğrencileri tarafından, bölgenin üç boyutlu model ve simülasyon çalışmaları yapılmıştır.
- Çalışma ekibi tarafından, haritacıardan alınan bölgenin 3 boyutlu haritası üzerinde çalışmalar yapılmıştır.
- Ön çalışmalar sonrasında yapılan değerlendirmeler sonucunda, öncelikli olarak Çiftlik Evi'yle çalışmanın daha doğru olacağına karar verilmiştir.
- Alınan karar doğrultusunda bölge ziyaretlerindeki kamera ve fotoğraf çekimleri tekrar değerlendirilmiştir.
- 1970'li yıllarda araştırmalar yapan Alman arkeolog Radt'ın (1979) kitabındaki plan ve fotoğraflarla, mevcut illüstrasyonlar ve bölge ziyaretlerinde toplanan veriler, Prof. Dr. Adnan Diler ile birlikte yapılan toplantılarda tartışılarak, yorumlanmıştır.
- Radt'ın kitabındaki planlar taranıp sayısallaştırılmış ve Google Earth'den elde edilen uydu fotoğrafları ile karşılaştırılmıştır.
- Eldeki veriler değerlendirildiğinde, Çiftlik Evi ile ilgili veriler yeterli görülünce, bölgeyi tekrar ziyaret etmeye karar verilmiştir.

- 2007 yılında Şubat ayında Çiftlik Evi ölçüm ve tespitleri öncelikli bölge ziyareti yapılmıştır.
- Alan araştırmasında çekilen fotoğraflar Photoshop yazılımında birleştirilip, düzeltmeler yapılarak, panoramik fotoğraflar hazırlanmıştır.
- Çalışma bölgesindeki ölçümler, tespitler ve eskizler, bilgisayar ortamına aktarılmıştır.
- Radt'ın çizimleri ölçeklendirilip, son ziyarette yapılan eskizler ve ölçümlere göre hazırlanan plan çizimleri ile karşılaştırılarak, karşılaştırılmıştır.
- Daha sonra elde edilen planlar ve kesitler, toplanan bütün verilerle birlikte değerlendirilip, yorumlanarak, orijinal plan ve kesit alternatifleri çizilmeye başlanmıştır.
- Çiftlik evleriyle ilgili daha önceden yapılmış illüstrasyonlar, Radt'ın kitabındaki veriler ve Prof. Dr. Adnan Diler'den alınan kritikler doğrultusunda hazırlanan senaryolara ve yapılan eskiz çizimlerine bağlı kalınarak plan alternatifleri kuvvetlendirilmiş ve en doğru çözümler yapılmaya çalışılmıştır.
- Daha sonra bu çizimler 3ds Max yazılımına aktararak, düşük konturlu (low poly) olarak modellenmiştir.
- 3ds Max yazılımında hazırlanan düşük poligon sayılı model, Mudbox dijital yontu programında detaylandırılmıştır.
- Modelin ışık ve ortam ayarları yapıldıktan sonra, Mudbox'da hazırlanan Normal Map haritasıyla birlikte bütün malzemeler ve özellikler pişirilerek (texture baking), yeni bir harita çıkarılmış ve düşük poligonlu modele giydirilmiştir (retexturing).
- Hazırlanan model Quest3D yazılımına aktararak, gerçek zamanlı simülasyon için ayarlamalar yapılmış ve .exe uzantısında kaydedilerek, her hangi bir masaüstü bilgisayarda ek bir plug-in gerektirmeden izlenebilmesi sağlanmıştır.

Çiftlik Evi'nin modelleme ve simülasyon çalışmaları devam etmektedir. Tez kapsamında şimdiye kadar Çiftlik Evi ve Pedasa Kalesi'yle ilgili yapılan çalışmalar, ön çalışma niteliğindedir. Pedasa Kalesi'nin detaylı ve kapsamlı model hazırlıkları devam etmektedir. Çiftlik Evi'nin alternatif modellerinin hazırlığı tamamlandıktan sonra da, daha detaylı modeller hazırlanıp, doku kaplanmaları düzenlenerek, o dönemki ortam koşullarıyla Çiftlik

Evin'deki yaşam canlandırılacaktır.

Bodrum Yarımadası'na özgü Leleg kültürünün ve mimarisinin izlerini taşıyan yapıların bilgisayar ortamında modelleme, yeniden canlandırma ve simülasyon çalışmaları ile daha önce çoğu kişinin adını hiç duymadığı ya da nerde olduğunu bilmediği Leleg Uygarlığı hakkında herkesin bilgi sahibi olması ve yaşam alanlarında gerçek zamanlı etkileşimli bir şekilde dolaşma imkanını sağlamak hedeflenmektedir.

Çiftlik Evi'nin gerçek zamanlı etkileşimli simülasyon çalışmaları sayesinde, yerel halkın bile çok fazla bilgi sahibi olmadığı Leleg uygarlığına ait kalıntıların tespit ve belgeleme çalışmaları hız kazanmıştır. Pedasa Arkeolojik Yerleşimi'nde öncelikli olarak, Çiftlik Evi'nin modelleme ve simülasyonu ile Pedasa Kalesi'nin basit modelleme çalışması yapılmıştır. Çiftlik Evi ve Pedasa Kalesi'yle ilgili detaylı model ve simülasyon çalışmaları devam etmektedir. Çalışmanın devamında başka hiçbir Leleg yerleşiminde rastlanılmayan, sadece Pedasa'daki Leleg yerleşiminde görülen "Tapınak" yapısı ve Anadolu'da dahi örnekleri bulunmayan "platform mezar"ların yer aldığı "nekropol alanı" da modellenenecektir. Proje kapsamında yapılan çalışmaların, tarihi ve kültürel çevreyi koruma çalışmalarında önemli bir yere sahip olmaları yanında, daha önce Türkiye'de bu nitelikte bir çalışma yapılmadığı için önemli ve öncü bir örnek teşkil edeceği düşünülmektedir.

6 SONUÇ

Günümüzde bilgisayar ve sanal gerçeklik teknolojileri artık her alanda kendini etkin bir şekilde göstermekte ve bu teknolojiler her geçen gün büyük bir hızla yenilenip, gelişmektedir. Bu gelişmeler beraberinde görsel iletişimin kullanımını arttırmakla birlikte, mimarlık ve arkeoloji de bir çok disiplin gibi bunlardan etkilenmektedir.

Mimarlıkta, ürün tasarımı, sunum ve üretime kadar her aşamada bilgisayar teknolojilerinin kullanımı giderek artmaktadır. Fotogerçekçi modeller, gerçek zamanlı etkileşimli simülasyonlar ve bunlarla etkileşim kurabilen ortamlarla ilgili çalışmalar sektörde kendine yer bulma çabasıdadırlar. Şimdilerde, hem mimarlar, hem de kullanıcılar açısından, tasarım ve sunum aşamasında, 3B model ve modelle kurulan etkileşimin karşılıklı iletişim ve pazarlamadaki önemi giderek artmaktadır. Mimari projelerin uygulama öncesi yapılan, 3B modelleme ve gerçek zamanlı etkileşimli yürüme simülasyonları ile ilgili her geçen gün yeni ve gelişmiş yazılım, donanım ürünleri piyasaya sürülmekte ve bu modelleri hazırlamak için yeni teknikler geliştirilmektedir.

Modelleme ve gerçek zamanlı simülasyon çalışmalarının daha çok mimarlıkla ilgili örnekleriyle karşılaşılsa da, arkeolojik ve tarihi mekanlarla ilgili de bu tür çalışmalar yapılmaya başlamıştır. Tarihi ve arkeolojik yerleşimlerle ilgili yapılan 3B modelleme ve simülasyon çalışmaları sayesinde, hem tarihi ve kültürel mirası koruma ve belgeleme çalışmaları farklı bir boyut kazanmakta, hem de tarih bilinci daha etkili bir şekilde oluşturulabilmektedir. Ayrıca, görselliğin ve üç boyutluluğun algılama açısından önemli olduğu mimarlık ve arkeoloji disiplinlerinde, üç boyutlu veriler, iki boyutlulara göre, çalışmaların ve bilimsel verilerin daha kolay kavranmasını sağlamak ve disiplinler arası bilgi paylaşımında anlaşılabilirliği arttırmaktadır.

Çalışmada ilk bölümde, tezin amacı, önemi, kapsamı ve yöntemi hakkında bilgi verildikten sonra, ikinci bölümde mimarlık ve arkeolojinin kesiştikleri noktalar ile koruma ve belgeleme çalışmalarının önemi üzerinde durulmuştur. Üçüncü bölümde, mimarlık ve arkeolojide kullanılan bilgisayar teknolojileri, sanal ortamlar, yöntem ve teknikler anlatılmış, dördüncü bölümde de örnek incelemeler yapılmıştır. Beşinci bölümde, pilot proje olarak kararlaştırılan, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Ortamında Araştırma-Tasarım (BOAT) Laboratuvarı'nın, Muğla Valiliği ve Muğla Üniversitesi Rektörlüğü ile 2006 yılında imzalamış olduğu protokole göre ilk çalışma bölgesi olarak belirlenen, Bodrum Pedasa Arkeolojik Yerleşimi'ndeki arkeolojik yapılardan, "Çiftlik Evi"nde uygulama yapılmıştır. Tez

kapsamında yapılan Çiftlik evi uygulaması, deneme ve ilk çalışma niteliğinde olup, modelleme ve simülasyon çalışmaları devam etmektedir. Ayrıca, süreçte Pedasa Kalesi'nin de basit modeli yapılmıştır ve bu modelle ilgili çalışmalar da devam etmektedir. Pedasa Arkeolojik Yerleşimi'ndeki dini bir merkez olan "Athena Tapınak"ı ve "Nekropol Alanı" için de benzer çalışmalar yapılacaktır. Araştırma projesi sonucunda Pedasa'nın "Arkeolojik Park"a dönüştürülmesi hedeflenmektedir.

Üçüncü bölümde detaylı bir şekilde anlatılan, arkeoloji disipliniinde kullanılan ölçüm ve tespit aletlerindeki yenilikler, zamandan tasarruf sağlamakla birlikte, kullanılan teknikleri değiştirmekte, bu alanda yeni ve gelişmiş yöntemler sunmaktadır. Ayrıca, bu aletlerle kazanılan üç boyutlu verilerle, sonradan hazırlanacak olan 3B modellere altlık olacak hazır bilgiler elde edilebilmektedir. Bu sayede de, doğru ve güvenilir verilere dayanan 3B model ve simülasyonları daha kısa sürelerde hazırlamak mümkün olmaktadır.

Teknolojik ve gelişmiş aletlerle yapılan veri kazanımları, hazırlanan 3B model ve simülasyonlar, tarihi ve arkeolojik yapıların, belgeleme ve tespit çalışmalarına farklı bir boyut kazandırmaktadır. Gelişmiş aletler ve yöntemler sayesinde, tarihi ve arkeolojik yapıların kazı ve restorasyonu aşamasında hataya imkan vermeyecek biçimde belgelemenin yanında, mevcut durumun sanal ama gerçekçi bir rekonstrüksiyonu yaratabilmektedir.

Her geçen geliştirilen yazılım ve donanım ürünleri ile 3B model ve simülasyon hazırlamak için kullanılan yöntem ve teknikler de üçüncü bölümde ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Artık, gelişmiş tekniklerle hazırlanan 3B modellere orijinal renk, doku ve ışık etkisi verilebilmekte, oyun motorları ve sanal gerçeklik sistemleri sayesinde yaratılan sanal dünyalar içinde, etkileşimli bir şekilde hareket etmenin görsel ve hissel deneyimini yaşamak mümkün olmaktadır.

Arkeolojik yerleşimler ve tarihi mekanların sanal olarak yeniden inşa ve görselleştirme çalışmaları yurtdışında başarılı örneklerle takip edilebilirken, Türkiye'de bu konuyla ilgili yapılmış çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Yurt içinde yapılan çalışmalar, yurt dışındakilerle kıyaslandığında da, kullanılan teknikler, yazılımlar, medyalar ve başvuru yöntemlerinde çok büyük farklılıklar görülmektedir. Çalışmalarda kullanılan modelleme ve simülasyon yazılımlarının nitelikleri yetersiz ve sonuç ürünlerin kalitesi düşük olduğu için, bu araştırmaların geri dönüşümleri de sınırlı olmuştur. Bu nedenle, pilot projede yapılan ve çalışmaları devam eden uygulamanın, Türkiye'deki bir üniversitenin bu nitelikte hazırlamış olduğu ilk proje olduğunu belirtmek gerekir.

“Çiftlik Evi”nin gerçek zamanlı etkileşimli modeli en yeni ve en son yazılımlarla hazırlanmaktadır. Projede kullanılan oyun motoru Quest3D, şimdiye kadar diğer projelerde çoğunlukla kullanılan VRML’den oldukça farklı bir arayüze sahip olup, çok daha kaliteli, daha gerçekçi ve kullanışlı sonuç ürünler elde edilebilmektedir. Quest3D’de hazırlanan bir simülasyon içinde dolaşmak için, çoğu yazılım ve VRML’de olduğu gibi, VRML Browser veya Web tarayıcılarına VRML Plug-in yüklemeye gerek yoktur. Quest3D’de, “channel” sistemi sayesinde, programlama bilgisine ihtiyaç duymadan ve tek satır kod yazmadan, grafikler yardımıyla her şey düzeltilip, düzenlenebilmektedir. Böylece, daha az zamanda ve düşük maliyetle oyunlar ve simülasyonlar hazırlanabilmektedir.

Hazırlanan simülasyonlarda, izlenim ekranına eklenen ortam veya parametre değiştirici butonlar sayesinde, gerçek zamanlı malzeme değişimi yapılabilmekte, ortam efekti ekleme-çıkarma ve bunların etkileri görülebilmektedir. Örneğin, arkeolojik bir yerleşimde senaryolara uygun hazırlanan, yapıların alternatif modelleri, gerçek zamanlı olarak ekrandan kontrol edilebilen butonlarla denenebilmekte ve istenilen model içinde dolaşılabilmektedir. Hatta, modellerin, orijinal durumlarındaki malzeme alternatiflerine göre hazırlanan dokular, butonlarla değiştirilip, eş zamanlı ekranda görülebilmektedir. Pilot projede de benzer şekilde Çiftlik Evi’nin orijinal durumuna ilişkin alternatif modeller hazırlanmış ve Quest3D arayüzünde, bunların kullanıcının tercihiğine göre seçilerek, deneyimlenmesi hedeflenmiştir.

Çiftlik Evi’nin gerçek zamanlı etkileşimli simülasyon çalışmaları sayesinde, yerel halkın bile çok fazla bilgi sahibi olmadığı Anadolu Kültür Mozaïği içersinde yer alan Leleg Uygarlığı’na ait kalıntıların tespit ve belgeleme çalışmaları hız kazanmıştır. Çiftlik Evi modellerinin ve simülasyonun hazırlık sürecinde yapılan çalışmalar, Bodrum Yarımadası’nda Pedasa’da yer alan diğer arkeolojik yapılarda, Aspat, Kissebükü, Milas Damlıboğaz; Mobolla Kalesi (Muğla Kentsel Siti) ve Sedir Adası-Gelibolu Yarımadası-Çamlı Köyünde karşılaşılan arkeolojik yerleşimlerde yapılacak benzer çalışmalar için de hem iyi bir deneyim, hem de yol gösterici olmuştur. Hazırlanan modeller sonuç ürünün simülasyonu için önemli olduğu kadar, arkeolog ve tarihçiler için de önemli bir sorgulama aracı olacaktır. Bu nedenle, çizimlerin, modellerin, kurgulanan senaryolara göre hazırlanan simülasyonların, süreçte elde edilen bütün verilerin, Çiftlik Evi’nde yapılacak olan arkeolojik çalışmalara ve kazılara yön vereceği ve ışık tutacağı düşünülmektedir.

Kazı çalışmaları sırasında, araştırma bölgesinde kurulacak olan çalışma istasyonunda, etkileşimli ve bilgi verici haritalar, panoramik görüntüler, 3B model, gerçek zamanlı etkileşimli simülasyon gibi, hazırlanan yazılı ve görsel bütün bilgilerin sunulması ve

ziyaretçilerin Pedasa Arkeolojik Yerleşimi ile ilgili kapsamlı bir şekilde bilgilendirilmesi hedeflenmektedir. Kurulacak olan merkezdeki bilgisayarlardan veya kiosklerden izlenen modeller dışında, özel odalarda, tamamen sarmalayan ortamlarda, veri eldiveni, kask, hissel aletler gibi sanal gerçeklik araçlarını kullanarak, ziyaretçilerin geçmişe yolculuk deneyimini yaşaması hedeflenmektedir. Ayrıca, sonraki süreçte hazırlanacak olan, turist davranış modeli ile, Pedasa Arkeolojik Yerleşimi'ndeki Pedasa Kalesi, Nekropol Alanı, Athena Tapınak'ı, Çiftlik Evi ve diğer bütün arkeolojik yapılara ulaşımın, belirlenen alternatif güzergahlara göre yapılması da hedeflenmektedir. Böylece, gerçek tur öncesinde güzergah belirlenip, hem ziyaretçilerin rotaya uygun olarak gezi yapması, hem de önceden bilgilendirme ile bölgeyi daha iyi algılamaları sağlanmış olacaktır. Bu modelin aynı zamanda, projenin Web ortamındaki ziyaretçileri için de, alternatif gezi turları sağlaması düşünülmektedir.

Geleceğin nasıl olacağı bilinemez, fakat geçmişe bakarak bir takım çıkarımlar yapmak mümkündür. Şimdiye ve geleceği anlamanın en iyi yolu ise geçmişi iyi yorumlamaktır. İnsan kendi geçmişini bilmeden geleceğini şekillendiremez. Bu nedenle tarihi ve kültürel varlıklar toplumların gelişmelerinde önemli bir yeredir ve bu nedenle arkeolojik araştırmalara daha fazla önem verilmeli ve yapılan çalışmalar desteklenmelidir.

Türkiye'de yeri, adı, sayısı bilinmeyen yüzlerce antik yerleşim ve arkeolojik eser vardır. Bunların bir an önce tespit edilip, belgelenmesi ve korunması gerekmektedir. Bunun için iyi bir tarih bilincinin oluşturulması ve organize bir şekilde çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu tez kapsamında bu tür çalışmalar için izlenecek yol, yapılması gerekenler, kullanılabilecek teknikler ve yöntemler ayrıntılı bir şekilde anlatılmış, yurt içinde ve yurt dışındaki benzer projeler incelenerek, çıkarımlar yapılmış ve pilot projedeki uygulamayla desteklenmiştir. Tez genel kapsamı itibari ile benzer çalışmalara kaynak teşkil edecek nitelikte hazırlanmıştır. Hedeflenen çalışmaların her biri, bu konuda yapılacak olan çok önemli birer adımdır.

Sonuç olarak, tez kapsamında yapılan, araştırma projesi kapsamında yapılacak olan ve başka kurumların da yapacağı benzer çalışmalarla, dünyanın tarihi ve kültürel zenginlik bakımından sayılı ülkelerinden biri olan Türkiye'deki tarihi ve arkeolojik eserler yok olmaktan kurtulmakla kalmayıp, bu konuda yapılan çalışmalar Türkiye'de de farklı bir boyut kazanacaktır. Bu sayede, yakın gelecekte, yurt dışında olduğu gibi Türkiye'de de başarılı modelleme ve gerçek zamanlı etkileşimli simülasyon çalışmalarını görmek mümkün olacaktır. Bunlara paralel olarak da, hem bilgisayar teknolojilerinin arkeoloji ve mimarlık çalışmalarındaki gelişmeleri yakından takip edilecek, hem de hazırlanan sunumlarla,

Türkiye'deki tarihi ve kültürel zenginlikler, çok daha etkili bir şekilde yurt içinde ve yurt dışında tanıtılacaktır.

KAYNAKLAR

Ahunbay, Z., (1996), Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, Birinci baskı, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.

Akçın, H. ve Erkan, Y., (2002), “Mekansal Nesnelerin Görselleştirilmiş Üç Boyutlu Modellerini Oluşturma Teknikleri ve Bir Örnek Uygulama”, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002, Konya.

Alper Selçuk, Uğur Güdükbay, and Bülent Özgüç, (2002), "Walkthrough in Complex Environments at Interactive Rates using Level-of-Detail", Elektrik - Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, 10:1:57-72.

Anderson-Wilk, Mark. (2001), Virtual Reality & Laser Scanning Applications: 3D Engineering Solutions from Iowa State University. Iowa State University: Center for Transportation Research and Education.

Ayanoğlu, M. M., (2006), “Mimari Tasarımda Eğitim Amaçlı Bir Bilgisayar Oyunu Önerisi”, Master Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Bayraktar, E.ve Kaleli, F., (2007), Sanal Gerçeklik ve Uygulama Alanları, Akademik Bilişim 2007 Dumlupınar Üniversitesi, 31 Ocak-2 Şubat 2007, Kütahya.

Boehler, W., Heinz, G., Qiming, G. and Shenping, Y., 2004, “The Progress In Satellite Imaging And Its Application To Archaeological Documentation During The Last Decade”, The Proceedings of the International Conference on Remote Sensing Archaeology, October 18-21 2004, Beijing, China.

Bulgurcu, H. ve Aydın, F., (2002), “Soğutma ve İklimlendirme Eğitiminde Animasyon Desteği”, 2.Uluslararası Eğitim Teknolojileri Sempozyumu ve Fuarı, Sakarya Üniversitesi, 16-18 Ekim 2002.

Çetin, A. ve Güdükbay, A., (2006), 3 Boyutlu Bilgisayar Grafikleri, Türkiye Bilişim Ansiklopedisi, 211-220, Editörler: T. Ören, T. Öney, ve R. Çölkesen, Papatya Yayıncılık.

Demir, N., Bayram, B., Alkış, Z., Helvacı, C., Çetin, I., Vögtl, T., Ringle, K. ve Steinle, E., (2004), “Laser Scanning for Terrestrial Photogrammetry, Alternative System or Combined with Traditional System”, ISPRS XX. Symposium, Com. V., WG V/2, 12-23 July 2004, İstanbul.

Demirkesen A.C., Özlüdemir M.T. ve Demir H.M., (2005), “Kapadokya Örneğinde Tarihi ve Kültürel Mirasın Korunması ve Bu İşlemlerde Harita Mühendislerinin Yetki ve Sorumlulukları”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.

Dereli, A., 2005, Mimari ve Arkeolojik Görselleştirme, VideoGraph, 2005, 10, İstanbul.

Dorffner, L. and Forkert, G., (1998), “Generation and Visualization of 3D Photo-Models Using Hybrid Block Adjustment With Assumptions On The Object Shape”, ISPRS Journal Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.53, 369-378.

Drahor, M. G., (2005), Arkeolojik Prospeksiyon, Arkeoloji ve Sanat, 119:114-123.

Drahor, M. G., (2006), Arkeolojik Alanlarda Geniş Ölçekli Jeofizik Prospeksiyon, Arkeoloji ve Sanat, 121:119-132.

- Duran Z. ve Toz G, (2002), “Tarihi Eserlerin Fotogrametrik Yöntemle 3D Modellenmesine Örnek”, 30. Yıl Sempozyumu, Konya.
- Duran, Z. ve Toz, G., (2003), Tarihi Eserlerin Fotogrametrik Olarak Belgelenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemlerine Aktarılması, İTÜ Dergisi, 2:6. 19-30, Aralık 2003, İstanbul.
- Erdoğan, C., (2005), “Tarihi Çeşmelerin Digital Fotogrametrik Yöntemle Rölövelerinin Hazırlanması”, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 23-25 Kasım 2005, İTÜ, İstanbul.
- Fleming, B., (2002), 3D Texture Workshop: Painting Hollywood Creature Textures: The Making of Freaky Frank, Komodo Publishing, Canada.
- Focus, (2001), Bodrum’un İlk Sakinleri: Lelegler.
- Franson, D., (2003), 2D Artwork and 3D Modeling for Game Artists, Premier Press, Cincinnati, Ohio.
- Gaitatzes, A., Christopoulos, D., Voulgarı, A. and Roussou, M., (2001), “Hellenic Cultural Heritage Through Immersive Virtual Archaeology”, Foundation of the Hellenic World, 254 Pireos St., Athens 17778, Greece.
- Göktaş, H., H., Çavuşoğlu, A., A., Şen, B. ve Görgünoğlu, S., (2006), Simülasyon Sistemleri İçin 3 Boyutlu Sanal Şehirlerin Sayısal Coğrafi Haritalar Üzerinde Oluşturulması, Teknoloji, 9:1, 27-38.
- Gönenç, A., (2004), Görsel Veritabanı Modeli “İ.T.Ü. Slayt Arşivi Veritabanı” , Master Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Güdükbay U. ve Çetin, A., (2006), Canlandırma, Türkiye Bilişim Ansiklopedisi, 287-290. Editörler: T. Ören, T. Öney, and R. Çölkesen, Papatya Yayıncılık.
- Güdükbay, U., (1998), "Çok Çözünürlüklü Modelleme için Poligonal Basitleştirme", Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı (SIU'98), 1: 70-75, Kızılcahamam, Ankara, Mayıs 1998.
- Güney, C., Özöner, B., Duman, M., Uylu, K. ve Çelik, R. N., (2001), “MM-CBS’nin Tarihi Dokümantasyon Çalışmasına Uygulanması”, Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, 13-14 Kasım 2001, İstanbul.
- Güney, C., (2002), “İnternet Ortamında Çoğulortam Destekli CBS Uygulamaları ve Jeodezik Altyapı” (Uygulama: Tarihi Eserlerin Dokümantasyonu), Master Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Impyeong, L. and Yunsoo, C., (2004), “Fusion of Terrestrial Laser Scanner Data and Images for Building Reconstructions”, ISPRS xx. Symposium, Com. V., WG V/4, 12-23 July 2004, İstanbul.
- Kalaycı, T., E. ve Uğur, A., (2005), “X3d İle İnternet Üzerinde Üç Boyut”, Akademik Bilişim 2005.
- Karlı, F., Ayhan E. ve Friedrich, J., (2003), “Dijital Fotogrametri Tekniklerin Mimari ve Tarihi Yapılarda Uygulanması”, 8. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara
- Kayabaşı, Y., (2005), “Sanal Gerçeklik ve Eğitim Amaçlı Kullanılması”, The Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET, July 2005, ISSN: 1303-6521 Volume 4, Issue 3, Article 20.

- Kuban D., (1998), Mimarlık Kavramları. Tarihsel perspektif içinde mimarlığın kuramsal sözlüğüne giriş, Beşinci baskı Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.
- Kuban D., (2004), Tarihi Çevre Korumanın Mimarlık Boyutu. Kuram ve Uygulama, Birinci baskı Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, 9–201, İstanbul.
- Luebke, D., Reddy, M., Cohen, J. D., Varshney, A., Watson, B. and Heubner, R., (2003), Level of Detail for 3D Graphics, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco.
- Marangoz, A., M., (2002), “Sayısal Kameralarla Tarihsel Yapıların Rölevelerinin Çıkarılması Olanakları”, Master Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Moller, K., H., (2006), 3D Object Modelling via Registration of Stereo Range Data, Master Thesis IMM-Thesis-2006-08.
- Müller, P., Vereenooghe, T., Vergauwen, M., Gool, L. V. and Waelkens, M., (2004), “Photo-Realistic and Detailed 3D Modeling: The Antonine Nymphaeum at Sagalassos (Turkey)”, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA): Beyond the artifact - Digital interpretation of the past, 221-230.
- Özdaş, C., (2005), Mimari Render, Mimarlık Teknik, TBMMOM Mimarlar Odası Ankara Şubesi, 2 Ocak 2005.
- Özen, A., (2006). Mimari Sanal Gerçeklik Ortamlarında Algı Psikolojisi, <http://ab.org.tr/ab06/ozet/81.html>, 28 Şubat 2006.
- Radt, W., (1970), Siedlungen und Bauten auf der Halbinsel von Halikarnassos, Unter Besonderer Berücksichtigung der Archaischen Epoche (Bodrum-Halikarnasos Yarımadası'nda Antik Yerleşme Alanları ve Yapılar), Verlag Ernst Wasmuth, Tübingen
- Roussou, M., (2001), “Immersive Interactive Virtual Reality in the Museum”, Foundation of the Hellenic World, 254 Pireos St., Athens 17778, Greece.
- Turan, B., O., (2002), Mimarlıkta Temsil ve Teknolojileri, Master Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Turan, M., H., (2004), Mimari Fotogrametri Alanındaki Çağdaş Gelişimlerin Değerlendirilmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, 19,1.
- Uğur, A., (2002), “İnternet Üzerinde Üç Boyut ve Web3D Teknolojileri (Three Dimensional Graphics on the Internet and Web3D Technologies)”, VIII. Türkiye’de İnternet Konferansı (INET-TR 2002), Bildiri No : 54, 19-21 Aralık 2002, İstanbul, Türkiye.
- Uğur, A. ve Özgür, E., (2003), “İnternet Üzerinde Üç Boyut ve Mimarlıkta Web3D”, IX. Türkiye’de İnternet Konferansı (INET-TR 2003), Bildiri No : 3, İstanbul, Türkiye.
- Ulm, K., (2003), “Improved 3d City Modeling With Cybercity-Modeler (Cc-Modeler™) Using Aerial-, Satellite Imagery and Laserscanner Data, International Workshop On Visualization and Animation Of Reality-Based 3D Models Hotel Villa Post, 24-28 February 2003, Vulpera (Engadin) Switzerland.
- Unver, R., Yüksel, Z., Erdoğan, S., Binan, C. ve Can, C., (2005), “Renk Kayıtları ve Görselleştirme; Aspandos Tiyatrosu Örneği”, III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri, Ankara.
- Ünür, K., C., (2001), “Sanal Gerçeklik Destekli Tasarım”, Master Tezi, Fen Bilimleri

Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi.

van Dam, A., (2006), “Immersive Virtual Reality in Scientific Visualization”, Simon Fraser University, 3 March 2006.

Yakar, M., Yılmaz, A. ve Yıldız, F., (2005), “Fotogrametride Görselleştirme Ürünleri ve Teknikleri”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara

Yastıklı, N., (2005), “Sayısal Fotogrametri ve Yersel Lazer Tarayıcılar İle Belgeleme ve Üç Boyutlu Modelleme”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.

Yılmaz, H., M., Yakar, M., (2006), Yersel Lazer Tarama Teknolojisi ,Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, cilt:2:2:43-48.

Zara, J., Chromy, P., Cizek, J., Ghais, K., Holub, M., Mikes, S. and Rajnoch, J., (2001), “A Scaleable Approach to Visualization of Large Virtual Cities”, Fifth International Conference on Information Visualisation - IV 2001, London, UK.

Zara, J., (2004), Virtual Reality and Cultural Heritage on the Web, From Proceedings of the 7th International Conference on Computer Graphics and Artificial Intelligence (3IA 2004) Limoges, France, p. 101-112, ISBN 2-914256-06-X

INTERNET KAYNAKLARI

- [1] <http://www.akropol.com.tr/muhendislik/foto/kulalan.htm> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)
- [2] “Virtual Reconstruction Model: Level of Details”, <http://www.archpark.org.il/virtual17.shtml> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)
- [3] “Creating Seamless Tiles”, <http://www.cadtutor.net/dd/photo/seamless/seamless.html> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)
- [4] http://www.3dtotal.com/services/cds_new/v1.asp (Son erişim tarihi: 10.05.2007)
- [5] http://www.3dtotal.com/services/cds_new/v1/normalmap_overview.htm (Son erişim tarihi: 10.05.2007)
- [6] <http://www.mayamax3d.net/pict/slovník/BakingTexture-process.jpg> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)
- [7] “Shader nedir? Ne işe yarar? Çeşitleri var mıdır?” http://216.239.59.104/search?q=cache:9YmCcNAqQ94J:www.sinefx.com/forum/index.php%3Ftopic%3D1525.0%3Bprev_next%3Dnext+Occlusion+nedir&hl=tr&ct=clnk&cd=2&gl=tr&lr=lang_tr (Son erişim tarihi: 10.05.2007)
- [8] http://en.wiki.autopano.net/Understanding_Projecting_Modes (Son erişim tarihi: 10.05.2007)
- [9] <http://www.panoguide.com/howto/panoramas/types.jsp> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)
- [10] <http://www.360tr.com/> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)
- [11] <http://mekanlar.nurris.org/> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)
- [12] <http://www.hccmagazine.nl/index.cfm?fuseaction=home.showArtikelen&id=49926> (Son

erişim tarihi: 10.05.2007)

[13] <http://www.fabrikmen.com/InOut/Ankor/AnkorII.exe> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[14] http://www.archpark.org.il/tours_index.shtml (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[15] <http://www.vrealities.com/glove.html> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[16] <http://www.vrealities.com/i-visorfx601.html> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[17] http://research.wsu.edu/missions_dc/safety-security/Jayaram.html (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[18] <http://media.www.michigandaily.com/media/storage/paper851/news/2003/11/17/News/u.Receives.Federal.Grant.For.Virtual.Reality.Research-1420409.shtml> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[19] <http://www.uvm.edu/~ymotai/homeImages/r1.jpg> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[20] <http://www.ev1.uic.edu/EVL/NEWS/IMAGES/viseyes.bg.jpg> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[21] <http://www.planetjeff.net/IndexImages/DomeUTinVS.jpg> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[22] <http://www.schroeder-wendt.com/blog/index.php?tag=3d> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[23] http://ifgi.uni-muenster.de/3_projekte/geovisc/cave/cave.html (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[24] <http://escience.anu.edu.au/lecture/cg/Display/printNotes.en.html> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[25] <http://cgi.cnet.de/alpha/artikel/tv-home-entertainment/200612/nichts-fur-smart-fahrer-spielkugel-von-virtusphere.htm> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[26] <http://escience.anu.edu.au/lecture/cg/Display/printNotes.en.html> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[27] http://www.byte.com.tr/forum/forum_posts.asp?TID=1089 (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[28] <http://www.innova.com.tr/kiosk/03referanslar/referanslar.htm#> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[29] <http://artscool.cfa.cmu.edu/~hemef/pompeii/> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[30] http://lifeplus.miralab.unige.ch/HTML/results_visuals.htm (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[31] <http://lifeplus.miralab.unige.ch/HTML/home.htm> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[32] http://www.ust.ucla.edu/ustweb/PDFs/siggraph_flyer.PDF (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[33] <http://www.ust.ucla.edu/ustweb/Projects/Israel/sidebartest.pdf> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[34] http://www.ust.ucla.edu/ustweb/Projects/Israel/USpress10_327.htm (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

10.05.2007)

[35] http://www.ust.ucla.edu/ustweb/Projects/Israel/USpress1_327.htm (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[36] Jerusalem's Temple Mount, <http://www.ust.ucla.edu/ustweb/Projects/israel.htm> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[37] The Jerusalem Archaeological Park, <http://www.archpark.org.il/> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[38] Doyle, A., (2001), "Living in the Past", <http://www.ust.ucla.edu/ustweb/Projects/Israel/compgraphics.pdf> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[39] Herodian Temple Mount PC Application, (2004), <http://www.ust.ucla.edu/ustweb/Projects/Israel/sidebartest.pdf> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[40] The Ethan and Marla Davidson Center in the Jerusalem Archaeological Park, http://www.ust.ucla.edu/ustweb/PDFs/siggraph_flyer.PDF (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[41] Lin-Eftekhari, J., "Digital Tools Bring Archeological Site Back to Life", <http://www.today.ucla.edu/2001/010828digital.html> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[42] Karabuda, G., (200), "Angkor Wat Bir Dünya Harikası", http://www.milliyet.com.tr/ekler/gazete_pazar/000402/haber/gez.html (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[43] Dedjou, J., "Presentation of Phnom Bakheng and the History", <http://pille.iwr.uni-heidelberg.de/~bakheng/Dedjou/presentation.html> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[44] <http://www.canbypublications.com/maps/TempleMapaap2.htm> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[45] Hoppe, C., (2006), "Modellin of Phnom Bakheng", http://pille.iwr.uni-heidelberg.de/~bakheng/Hoppe/part3_blender.html (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[46] "Aizonai", <http://www.metu.edu.tr/home/wwwart/kultur/phrygia/aizanoi.html> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[47] "Krallara Hizmet Eden Kent: Aizonai", http://www.turkishtime.org/temmuz/print/107_5_tr_p.htm (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[48] (2005), "Aizonai kazıları ekim'de de Sürüyor", <http://www.ntvmsnbc.com/news/344192.asp> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[49] <http://www.seddulbahir-kumkale.com> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[50] <http://www.kayipsehirani.org/lib/pages/galeri.asp?eserid=14> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[51] <http://www.kayipsehirani.org/lib/pages/galeri.asp?eserid=4> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[52] <http://www.kayipsehirani.org/lib/pages/simulasyon.asp?sayfa=5> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[53] <http://www.kayipsehirani.org/> (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

[54] http://www.real-estate-in-bodrum.com/haritalar/peninsula_map_k.jpg (Son erişim tarihi: 10.05.2007)

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	02.03.1981	
Doğum yeri	Muğla	
Lise	1994-1998	Bodrum Lisesi (Yabancı Dil Ağırlıklı Lise)
Lisans	1999-2004	İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fak. Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	2004-2007	Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı

Çalıştığı Kurum(lar)

07.2004-09.2004	Efe Mühendislik
10.2004-06.2005	Perspekta Mimarlık
07.2005-09.2005	Efe Mühendislik
02.2006-12.2006	Kovuk İnşaat