

T.C.
AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ANTROPOLOJİDE 3D UYGULAMALARI

CELİL HAKYEMEZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ANTROPOLOJİ ANABİLİM DALI

KIRŞEHİR

2014

T.C.
AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ANTROPOLOJİDE 3D UYGULAMALARI
THE APPLICATION OF 3D METHODS IN
BIOLOGICAL ANTHROPOLOGY

CELİL HAKYEMEZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ANTROPOLOJİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI

Yrd. Doç. Dr. Ahmet Cem ERKMAN

KIRŞEHİR

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE,

Bu çalışma jürimiz tarafındanAnabilim Dalında YÜKSEK LİSANS
TEZİ olarak kabul edilmiştir.

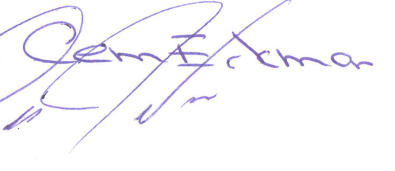
Başkan *Yrd. Doç. Dr. Yener BEKİT* (İmza)
Akademik Unvanı, Adı-Soyadı



Üye *Yrd. Doç. Dr. Lübnan İmer* (İmza)
Akademik Unvanı, Adı-Soyadı



Üye *Yrd. Doç. Dr. Ahmet Cem Erteman* (İmza)
Akademik Unvanı, Adı-Soyadı



Üye.....(İmza)
Akademik Unvanı, Adı-Soyadı

Üye.....(İmza)
Akademik Unvanı, Adı-Soyadı

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../2014

(İmza Yeri)
Akademik Unvan, Adı-Soyadı
Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmanın amacı biyolojik antropolojide 3D baskı rolünü araştırmaktır. 3D baskı bilgisayar tarafından üretilen programları kullanarak fiziksel modeller üreten bir yöntemdir. Bu çalışma, literatür araştırması sonucu elde edilen verilerin yayın tarihleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmeleri temeline dayalıdır. Kaynakların büyük bir kısmı, üniversite kütüphaneleri ve internette yapılan araştırmalar sonucu elde edilen süreli yayınlar, makaleler ve kitaplardan oluşmaktadır. İngilizce olan bütün yayınların hepsi dilimize çevrilmiştir. Her zaman somut verilerle açıklanamayan bu tür konularda araştırmacıların kişisel görüşlerine ait bulgular olabilmektedir. Böyle durumlarda birkaç araştırmacının aynı konu hakkındaki görüşleri birlikte değerlendirilip, sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Antropolojide kullanılan 3D yöntemleri teker teker incelenerek araştırmacıların antropoloji için uygun olan programlar ve yöntemler açıklanmaya çalışılmıştır. İnternet ortamında 3D sanal müzeler incelenerek örnekleme için çalışmada kullanılmıştır. Çalışmalarda kullanılan modelleme teknikleri diğer bilim dallarının teknikleri kullanılarak ayrı ayrı incelenmiştir. Teknoloji kullanımının artmasıyla antropolojide kullanılan eski yöntemlerin yerine bilgisayar tabanlı teknolojileri kullanarak antropolojik araştırmalara farklı bir boyut kazandırmak, antropoloji biliminin de gelişmesi yönünde faydalı olacaktır. Araştırmacıların elinde görsel bir öge olmadan materyal üzerinde çalışmaları zordur; bu yüzden 3D gibi gelişmiş teknolojilerden yararlanır. Bu teknolojinin kullanımını gerçekleştirmeden önce, araştırmacılar bu 3D baskı teknolojisinin tam olarak ne olduğunu ve nasıl kullanabileceğini anlaması gerekir ki bu da bu çalışmanın temel amacıdır.

Anahtar kelimeler: 3D, biyolojik antropoloji, CT, RP, müze, adli antropoloji

ABSTRACT

This dissertation aims to study the role of 3D modelling in biological anthropology. 3D printing is a method to produce physical models by using computer programs. This study is based on published data. The included sources are comprised of periodicals, articles and books discussing various methods of this field. In this subject, as the findings can not always be explained by concrete scientific formulas, it is possible to evaluate or to have personal/subjective opinions based on 3D data. In such cases, some of the findings have been compared utilizing various programs and methods. The data analyzed by modelling techniques were also evaluated by other research methods. This study brings a new dimension to anthropological research and contributes to the development of the field. It is very difficult for the researchers to work on materials without any visual element; therefore the advanced technology such as 3D is quite useful. Before using this new 3D modelling technologies, it is vital that researchers should learn what it is all about, which is the main concern of this study.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamda beni yönlendiren ve bana yardımcı olan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ahmet Cem Erkman'a, teknik bilgileri ve kaynak araştırmasında her daim yanımda olan ve beni yönlendiren, sabrını ve bilgisini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Yusuf Eradam'a, Almanca kaynak araştırmasında yardımcı olan ve bilgisini esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Erol Hacısalihoğlu'na ve yardımlarını esirgemeyen, kader arkadaşım Gamze Özgün Yaşar'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ÖNSÖZ.....	iii
RESİMLER DİZİNİ	v
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
GİRİŞ	1
BİYOLOJİK ANTROPOLOJİ VE 3D	2
TARİHÇE	2
1.BÖLÜM:.....	6
MODELLEME TEKNİKLERİ	6
1.1.ANATOMİK MODELLEME.....	6
1.2. ANTROPOLOJİDE HIZLI PROTOTİP UYGULAMASI	6
1.3. X-RAY BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ TARAMA	7
1.4. 3D İLE YÜZEY TARAMA	10
1.5. ÜÇ BOYUTLU SANAL VERİLERDEN SANAL MODELLER OLUŞTURMA	11
1.6. SANAL REKONSTRÜKSİYON	12
2.BÖLÜM:.....	14
3D UYGULAMALARI.....	14
2.1. İSKELET ÜZERİNDE SANAL MODELLEME ÇALIŞMALARI	14
2.1.1. BASİTLEŞTİRME TEKNİĞİ	18
2.1.2. MODEL ÜZERİNDE DETAYLANDIRMA.....	19
3.2. İSKELET ÜZERİNDE CT TARAMA	20
2.3. KIRILMIŞ İSKELETİ BİRLEŞTİRME	22
2.4. SANAL ORTAMDA MUMYA ÇALIŞMALARI	23
2.5 ADLİ ANTROPOLOJİDE 3D UYGULAMASI	27
2.6. MÜZELERDE 3D UYGULAMASI	29
3.BÖLÜM:.....	39
TARTIŞMA	39
SONUÇ:	41
KAYNAKÇA	43
RESİM KAYNAKÇASI	49

RESİMLER DİZİNİ

RESİM 1: Bir CT kafatası taraması örneği.....	10
RESİM 2: 3 boyutlu sanal veri kullanılarak yapılan sanal bir saksı Modeli örneği.....	12
RESİM 3: Ferrante'nin kafatası-yüz rekonstrüksiyonu.....	15
RESİM 3a: Cristofano Papi dell'Altissimo'nun portresi.....	16
RESİM 4: Femur Distal ve Proksimal tarama.....	17
RESİM 5: İschium kemik tarama.....	18
RESİM 6: İschium basitleştirilmiş tarama.....	19
RESİM 7: Detaylandırılmış ishium taraması.....	20
RESİM 8: CT ile insan iskeleti tarama.....	21
RESİM 9: Femur kemiği üzerinde birleştirme işlemi.....	22
RESİM 10: Femur kemiğinin sanal ortamda birleştirilmiş hâli.....	23
RESİM 11: Dijital fotoğraf makinesi ile çekilmiş mumya fotoğrafı.....	25
RESİM 12: Sanal mumya üzerinde geometrik modelleme.....	25
RESİM 13: Sanal modelleme ile mumyaların iskeletini görüntüleme aşaması.....	26
RESİM 14: Sanal modelleme ile mumyaların iskeletini görüntüleme aşaması.....	26
RESİM 15: Adli antropolojide kullanılan yeniden yüzlendirme çalışması.....	27

SAYFA

RESİM 16: Antropoloji laboratuvarında tarama işlemi.....	28
RESİM 17: Müzelerde 3 boyut çalışması yapılırken kullanılan cihazlardan biri (DeltaSphere).....	30
RESİM 18: Harabe bir evin fotoğraflandırılmış görüntüsü.....	31
RESİM 19: Resim 18'deki harabe evin sanal ortamda reproduksiyonu.....	32
RESİM 20: Bir serginin taranmış bir görüntüsü.....	33
RESİM 21: Meksika Ulusal Antropoloji Enstitüsü tarafından hazırlanmış olan, Meksika Teotihuacan Arkeoloji Bölgesi 3D Rekonstrüksiyonu.....	34
RESİM 22: Isparta müzesinde çalışılmış panoramik hareketli görüntü (360 derece tüm yönlü görüntü).....	34
RESİM 23: Isparta müzesinde, müze içinde panoramik hareketli görüntü(360 derece tüm yönlü görüntü).....	35
RESİM 24: Üç boyutlandırma - Poligonlama-a.....	38
RESİM 25: Üç boyutlandırma - Poligonlama-b.....	38

KISALTMALAR DİZİNİ

CAD: Bilgisayar Destekli Tasarım

CNC: Bilgisayar Numerik Kontrol

CT: Bilgisayar Tomografisi

NURBS: Düzgün Olmayan Oransal B- Çubuğu

RP: Hızlı Prototipleme

SLA: Stereolitografi Cihazı

2D: İki Boyutlu

3D: Üç Boyutlu

3DP: 3 Boyutlu Yazıcı

GİRİŞ

Bu tez çalışmasında biyolojik antropoloji 3D baskı tarayıcıların rolü araştırılmıştır. Biyolojik antropolojide 3D'nin tarihsel gelişiminin yanı sıra, bir vaka çalışması yaklaşımı ve 3D baskıda kullanılan uygulamaların anlaşılmasını sağlamak için 3D modelleri oluşturularak belirlenen yöntemler incelenmiştir. Bu çalışmadaki vaka çalışmasında örneklem olarak öncelikle uzun kemikler, pelvis, omurgalar, metacarpaller ve cranium incelenmiştir. Bilindiği üzere, 3D çalışmalarında kullanılan birçok yöntem vardır. Bu çalışmada en kolay ve ucuz yöntem olan lazer tarama yoluyla bilgisayar tomografisi ile alınmış örnekler incelenmiştir.

Biyolojik antropolojinin yanı sıra 3D tekniğinin müzelerde ve adli antropoloji gibi benzer alanlarda da kullanılması ve bu yerlerde 3D tekniği uygulanırken dikkat edilmesi gereken noktalar üzerinde açıklayıcı çalışmalar incelenmiştir.

BİYOLOJİK ANTROPOLOJİ VE 3D

TARİHÇE

“Hızlı Prototipleme” (RP, Rapid Prototyping 1980’li yıllarda ilk cihazın sürümü ile tanıtıldı ve genel bir terim olarak kullanılmaya başlandı. Bu dönemde RP mühendislik ve ürün tasarımı olarak saniyelerde kullanılmaya başlandı. RP bilgisayar nümerik kontrol (CNC) üretimi, CAD (Computer Aided Design) bilgisayar destekli tasarım ile daha büyük blokların yapımı ile daha fazla verim alınması amaçlanıyordu (Weiser, 1991).

Araştırmacılar bilimsel yöntemlerin cilt cilt bilgi üretmeye muktedir olduğunun farkına varmaya başladılar fakat insan bu bilgileri elde bir çeşit görsel gönderme olmaksızın görsel öge olmadan yorumlama becerisine sahip değildir (Gaither ve ark., 2004, van Dam ve ark., 2002).

CNC imalatı, geleneksel tornalama ile bilgisayar programları arasında birleşme dışında geliştirilen ilk bilgisayar otomatik üretim süreci oldu. CNC cihazları büyük bir malzemeden istenilen blokları yapmak için kullanıcı, bilgisayar algoritması tarafından kontrol edilen bir kesme aracını kullanır. CNC cihazı geniş bir taban algoritması ile malzemeleri keserken, malzemelerin dış özelliklerini modellemede sınırlı kalmıştır. RP cihazları bu engelleri aşmak için kullanılmaya başlandı (Wohlers, 2003). CNC cihazlarının ara yüzü çoğu operatör ve kullanıcılar için zor olduğundan bu programları kullanmak için özel bir eğitim gerektirmektedir (Grimm 2004, Grimm ve Wohlers 2003, Seely 2004). RP cihazlarının çoğalması,

özellikle eğitim alanında kısmen teknolojinin CNC üzerindeki kullanımını kolaylaştırmıştır (Seely, 2004). Zaman içerisinde gelişen RP cihazları hızlı modül üretmeye başlamış ve tasarımlar için özel ve yoğun eğitim almadan kullanılabilir duruma gelmiştir (Grimm, 2004).

CNC kullanımı, daha yeni olan RP teknolojisi üzerinden birçok avantaja sahiptir. RP cihazları (203 mm³ - 610mm X 914mm X 508mm) oda boyutlarında inşa aralığı ile sınırlıdır. CNC ise daha büyük ve geniş boyutlarda çalışma olanağı verir (Grimm, 2004).

Biyolojik antropoloji uygulamalarında RP cihazları kullanmak en iyi yaklaşım olacaktır. Mühendislik ve üretim disiplinlerinden farklı olarak eğitimde kullanılabilecek bir cihaz olması son derece önemlidir. İnsan kemiklerinin boyutu bakımından fazla büyük olmamasından dolayı biyolojik antropolojide daha az sorun teşkil etmektedir. En önemlisi, içyapıları ve karmaşık yüzeyleri üretme yeteneğine sahip iskelet kopyaları oluşturacak cihazların varlığıdır. İskelet elemanları genellikle morfolojileri karmaşık ve çok sayıda kanallar bulunmaktadır bunlar için üretilen RP cihazları mevcuttur ve bu cihazlardan verimli sonuçlar alınmaktadır. Bu yüzden, Charles Hull, 11 Mart 1986'da üç boyutlu nesnelere üretiminde kullanacağı RP cihazının patentini almıştır (Grimm 2004: 15). Bu patent CAD verilerinden fiziksel model oluşturmak için RP yaklaşımının başlangıcı oldu. 1988 yılında "3D System Incorporated Hull" patentine dayalı ve hızlı prototip olarak adlandırılan ticarî Stereolitografi (SLA) cihazı ortaya çıkmıştır. Bu cihazla birlikte farklı teknoloji alanlarında bu cihazın farklı türevleri geliştirildi. Bu terim SLA kökenli olmasına rağmen bunlar teknoloji başlığı altında RP altında toplanmıştır. Ortaya çıkan bu teknolojik yaklaşımlar en son sanayi ve çeşitli akademik araştırmalar için geliştirildi.

“3D Printing” (3DP) RP’i tanımlamak için kullanılan bir terimdir. 3DP bazen tüm RP teknolojileri için kullanılır bazen sadece RP’e özgü yaklaşımlar için kullanılır. Ancak her ikisi de kendisine özgü hızlı prototipleme kullanım özelliği ile özel bir anlam taşır (Grimm, 2004).

3DP teknolojisinin kısaca bahsedilmesi gereken yeni başka bir kullanımı da canlı hücrelerin basılabilmesine olanak sağlamasıdır. Bazı araştırmacılar, canlı organları yüzey oluşturabilmek için mücellit (sargı) usulü 3D baskı yapabilme olanaklarını araştırmaya başlamışlardır (Jakab ve ark. 2004a ve 2004b, Markwald 2003 Mironov ve ark. 2003).

RP teknolojileri beş anahtar yöntemlerden birine dayanmaktadır. Bunlar; kür, kaplama, dağıtım, sinterleme ve / ya da bağlama (Upcraft ve Fletcher, 2003).

Kür, bir lazer gibi odaklanmış bir ışık kaynağını kullanarak ışığa reçine gibi katılaşabilme özelliğini verir. Gövde patentli SLA teknolojisi bu yaklaşımı kullanır, sadece malzeme olarak SLA kullanılabilir (Upcraft ve Fletcher, 2003).

Kaplama, tek bir malzeme kullanıldığından parça kalitesi ve çok yönlülük olanakları sınırlı bir yöntemdir. Kaplama veya nesne imalatı z ekseni etrafında katmanlı olarak şekil verir ve kesilmemiş malzemenin üst üste gelmesini sağlar. Burada kullanılabilen malzemeler arasında kâğıt, polyester / polietilen, seramik kaplamalı kâğıt ve polikarbonat kompozit sayılabilir (Upcraft ve Fletcher, 2003).

Dağıtım, belirli bir alan üzerine bir filamentin sistematik bir deşarj kullanmasına denir. Bu süreç aynı zamanda “fused deposition modeling” (FDM) olarak da bilinir. Malzemeler ise elastomer, mum ve polikarbonat içerir (Upcraft ve Fletcher, 2003).

Sinterleme, (selective laser sintering), duyarlı tozları ışığa göndererek ve reçineler yerine yoğun bir ısı kaynağı kullanarak katılaştırmaktır; bu açıdan SLA'ya benzer. Bu işlem için kullanılacak malzemeler arasında karbon, çelik, naylon, polistiren, polikarbonat, mum, seramik, zirkonyum kum ve esnek elastomere sayılabilir.

Bağlama yöntemi, istenilen şekli yapıştırmak yerine ısı kaynağını kullanarak katılaştırma yoluna gider. Bu süreçte ya nişasta ya da alçı kullanılır (Upcraft ve Fletcher 2003: 326).

Grimms'in değerlendirme ve ölçümlerine göre SLA ve FDM uygulamalar içinde en iyisi, 3DP ise en kötüsü olarak tanımlanır (Grimm, 2004).

1.BÖLÜM:

MODELLEME TEKNİKLERİ

1.1. Anatomik Modelleme

RP teknolojileri tasarım ve imalat sanayi için geliştirilse de son zamanlarda RP biyomedikal uygulamaları içinde tahmin edilemeyecek seviyelere gelmiştir. RP, biyomedikal sorunları çözmek için bu alanda sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Zollikofer ve Leon, 2005). RP uygulamaları cerrahî müdahalelerde de kullanıldığı için daha dikkatli ve daha milimetrik hesaplamalar yapılarak geliştirilmiş, tıbbî alanda yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmış ve ameliyat öncesi planlama ile ameliyat sonrası gözlemlene bakımından bazı avantajlar getirmiştir (Powers, 1998). Anatomik modellerde yapılan çalışmalar, tıp eğitiminde kullanılmakta ve öğrenciler için yararlı bir kaynak oluşturmaktadır (Decker, 2010).

1.2. Antropolojide Hızlı Prototip Uygulaması

Antropoloji biliminin RP'nin biyomedikal alanında kullanılma sıklığına bakılırsa RP uygulamasını antropoloji biliminin fazla yararlanamadığı görülmektedir. Antropoloji biliminde RP uygulamasının en büyük avantajı materyal üzerinde herhangi bir tahrip yapmadan materyale zarar vermeden programın uygulanmasıdır. Hjalgrim ve arkadaşları (1995) tarafından CT kullanılarak antik mısırdaki bulunan bir mumya kafatasını 3 boyutlu bir model oluşturmak için taramışlardır bu çalışmada araştırmacılar mumyayı almak zorunda kalmadan iskelet yapısını incelemişlerdir.

Kültürel duyarlılık bakımından da tarihsel dokuya zarar vermeden araştırmalarını yapmaları çok büyük önem arz etmiştir.

3D modelleme tekniğinin ilk uygulaması ve en önemli incelemelerden biri de Alp Dağları'nda bulunan Trolean Buz Adam'ı üzerinde yapılmıştır (Weber, 2001b; Nedden, 1994). Bulunan mumya ve buz adamı korumak için her türlü çaba sarf edilmiş ve bu buluntuları incelemek için fazla bir zaman da yoktu bu yüzden kısa bir zaman içerisinde incelenmesi gerekiyordu ve bu buluntuları incelemek isteyen birçok araştırmacı bulunmaktaydı. İlk etapta her iki örnekte de 3D uygulaması devreye girdi ve iskelete zarar vermeden CT ve SLA yöntemi ile tarandı bu tarama ile çok hassas olan mumyalanmış bireye zarar vermeden hassas doğasını bozmadan araştırma imkânı sunulmuştur (Nedden *ve ark.* 1994).

Bu RP uygulamaları ile Paleoantropolojik buluntular taranıp çoğaltılabilir ve araştırmak isteyen herkese ulaştırılabilir (Zollikofer ve Leon, 2005).

1.3. X-Ray Bilgisayarlı Tomografi Tarama

1990'lu yılların başında sarmal bilgisayar tomografisinin (CT: Computed tomography) bulunuşundan başlayarak, iki boyutlu kesit alan görüntü modalitesinden 3D volümetrik data setlerini kapsayabilecek kadar geniş bir modaliteye evrilmiştir. Anatomik yapıların sunumu için yeni yollar ortaya çıkmıştır. Volüm sağlayan çeşitli yöntemler data setlerinin uygun (münasip) bir şekilde teşhir edilebilmesine olanak sağlamıştır fakat 2D ekranda sunuldukları için bunların gerçek üç-boyutluluğa sahip olmadıkları görülmüştür. Stereoskopik teşhir kullanılırsa bu bilgi yitiminin

üstesinden gelinir, fakat o da hem teknik olarak olgunlaşmamıştır hem de kolaylıkla ulaşılabilir değildir. Dahası, eğitsel amaçlar için özellikle ve tıp alanında meslek sahibi olmayanlara sunumlarda gerekli olabilecek dokunma duyusu ile ilgili bir öğesi de yoktur. Bu sorunların üstesinden tıbbi 3D görüntülemeyi hızlı prototipleme teknikleri ile birleştirmekle gelebiliriz. Böylelikle, anatomik olarak doğru ve kesit alan görüntülemesine dayanan hastaya özgü modeller üretilebilir (Ebert ve ark, 2011).

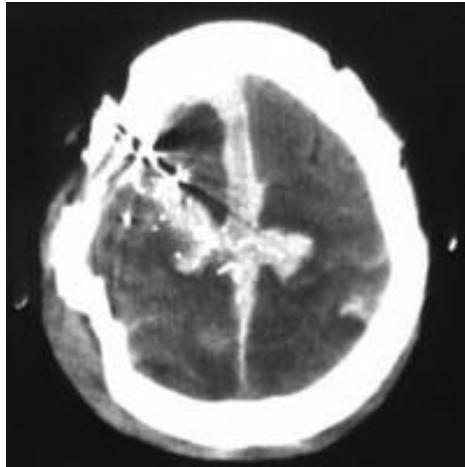
X-ray CT biyolojik antropolojide veri toplama kabul gören bir yöntem haline gelmiştir (Spor ve ark. 2000, Weber 2001a ve 2001b, Zollikofer ve Leon, 2005). RP antropolojide CT'ye göre nispeten yeni bir uygulama olmasına rağmen, paleoantropoloji, paleontoloji ve morfometrik çalışmalarda non-invasif görüntüleme için araştırmalar devam etmektedir (Mehta, 1997). 3D rekonstrüksiyon kemikler üzerinde kullanmaya başlamış ve bunun etkili bir yöntem olduğu sonucuna varmıştır. Parçalanmış halde iskeletler içinde herhangi bir problem oluşturmamaktadır CT tarama yapılarak sonuca gidilebilir (Lynnerup ve ark, 1997). Arkeolojik taramalarda da CT kullanılarak yüksek non-invasif yönleri görülebilir (Wood, 2000). CT taramada zararlı temizleme yöntemlerinden kaçınarak, fosilleşmiş kemikleri belirlememize yardımcı olur. Perez ve meslektaşları (2000) 3D etkin bir tarama ile gizli anatomik bölgelerde ele alınabilir. Ruhli ve meslektaşları (2002a,b) gelişmiş CT ile paleopatolojik lezyonlarında önemli ölçüde ele alınıp tanı koymada faydalıdır.

CT verileri kullanmak için gerekli işlemler şunlardır:

Öncelikle, CT tarayıcı kullanarak nesneyi kaydetmek daha sonra bu nesnelere DICOM (Tıpta Sayısal Görüntüleme ve İletişim) biçimi olarak kaydetmek ve bu dosya formatlarını bir bölümünü 2D görüntüleme olarak nesnenin bir bölümü kaydedilir.

Görüntü daha sonra 3D olarak aktarılmalı ve nesne *render bölge* (görüntüleme için modelde seçilen alan) olarak izole edilebilir hale getirilmelidir. CT'nin her sürecinde veri toplama mevcuttur. CT veri toplama öncelikle işlemi anlama sonra da anatomik modelleme ve biyolojik çalışmalar bu verinin etkin kullanımının ayrılmaz bir parçasıdır (Zollikofer ve Leon, 2005). Herhangi bir görüntüleme çalışmasına başlamadan önce toplanan gerekli verilerin niteliği dikkatle incelenmeli ve araştırılmalıdır (Lester ve Olds, 2001).

CT tarama yapılırken bazı hatalar vermektedir bu hatalardan birisi de PVE (kısmî hacim etkisi) burada materyalin hacmine bağlı olarak materyal üzerinde açık renkli çizgiler görülmektedir (Zollikofer ve Leon, 2005: 77).



Resim 1: Bir CT kafatası taraması örneği.

“Kiriş sertleşmesi” (Beam-hardening) materyal üzerindeki kirişler arası sertleşmeden kaynaklı farklılıklar nedeniyle bir nesne içerisinde görünen koyu bantlar ile yoğunluğun karakterize olmasıdır (Zollikofer ve Leon, 2005: 77-78). “Kiriş sertleşmesi” CT taramalarında alt tarafta beyaz bir şerit olarak belirgin halde görünmektedir. Resim 1’deki gibi alt tarafta beyaz şerit şeklinde görünen bölgeyi temsil etmektedir.

1.4. 3D ile Yüzey Tarama

3 boyutlu modeller üretebilmek için diğer yaygın bir yöntem ise yüzey tarama yöntemidir. CT taramasının aksine bu yöntemle kullanıcı tarafından 3D alanı sanal bir model oluşturmak için nesnenin sadece ilgili yüzeyi taranarak bilgi toplanır. Tarama yüzeyinde iki temel yaklaşım vardır. Bunlardan birincisi fotogrametri çoklu kamera görüşü ve 2D görüntüleri 3 boyutlu yapmak için bir ızgara kullanılır. Bilinen oranlar ızgara nesne üzerine yansıtılır. Mekânsal boyutlar ızgara da deformasyon ve orijinal bilinen değerler arasındaki farka dayanmaktadır. Diğer bir yaklaşım ise lazer tarama aralığı 3-uzay sanal modeli oluştururken kullanılan mesafe değerini tahmin etmek için bir nesnenin yüzeyine odaklanmış ışık yansımasından faydalanılır (Zollikofer ve Leon, 2005).

1.5. Üç Boyutlu Sanal Verilerden Sanal Modeller Oluşturma

Bir yüzey modeli oluşturulması yüzey gösterimi için bazı nokta verilerine dönüştürmek gerekir. Yüzeyle ya NURBS (düzgün olmayan oransal B-çubuğu) ya da başka bir bölümlendirme algoritması kullanılarak oluşturulur. *NURBS yüzeyler* CAD ortamlarında nesnelere tanımlamak için kullanılır. Bir NURBS yüzey eğrisi matematiksel bir temsildir (Boehler vd., 2002). Kullanılmış yüzeyler nokta bulutu içinde *ayrık bir noktayı birleştiren* üçgen bir dizi oluşturur. Algoritmalar bir dizi yüzey oluşturmak için kullanılabilir (Lin ve Liang, 2002). Yüzey modelinin doğruluğu veri noktaları ve büyük kurvartur alanlarının sayısı verilerin doğru temsil edilmesine bağlıdır (Wang ve ark. 1999). Bölümlendirme işleminden önce nokta bulutu tedavisi de örgü kalitesi üzerinde bir etkisi olabilir (Boehler vd., 2002).



Resim 2: 3 boyutlu sanal veri kullanılarak yapılan sanal bir saksı modeli örneği.

NURBS yüzeyler daha az geometrik sorun çıkarır ve doya boyutu verimli bir halde tanımlanır ve çeşitli denklemler uygulanarak tüm yüzeyler tanımlanır. Fakat NURBS yüzey, karmaşık biyolojik yüzeyleri temsil eden çizgi denklem yaklaşımı pürüzsüz yüzeyleri tanımlamada sınırlıdır. Biyolojik yüzeyler ve genellikle karmaşık olan düzensiz ayrıntılar genellikle biyolojik araştırmacılar için sorun yaratır (Kai ve ark., 1997a: 566).

1.6. Sanal Rekonstrüksiyon

RP kullanımı örnek çalışma raporlarında görüldüğü üzere mevcut durumu ile biyolojik antropolojide kullanımı tam olarak kesin sonuçlar vermemektedir bu yüzden projelerini teknolojiye entegre etmek isteyen araştırmacılar için kesin sonuçlar doğurmayacaktır. Bu kısmen maliyetli bir çalışma olduğundan dolayı yeterli ödeneklerle tamamen desteklenmediğinden kaynaklanır. RP'nin biyolojik antropolojide kullanılabilirliğinin artması ve düzenli projelerde kullanılması için daha kapsamlı bir teknolojik çalışma gerekir.

Biyolojik antropolojide bazı kemiklerin parçalar halinde olması ve bunların araştırılmak için bir bütün haline getirilmesi gerekebilir, sanal rekonstrüksiyon yöntemi ile parçalar halinde olan malzemeleri bir bütün haline getirmek bazı çalışmalar için son derece önemlidir. Parçalanmış malzemelerin rekonstrüksiyon çalışmaları, araştırmacılar için yapının daha tutarlı bir şekilde incelenmesi ve yorumlanması için kırık parçaları birleştirilir. Parçaları birleştirdikten sonra biyolojik antropolojide morfometrik çalışmalar yapmakta mümkün olacaktır. Parçalanmış

kalıntuların birleştirilmesi aynı zaman da adli bir olayın aydınlatılması içinde önemli bir rol oynamaktadır. Sanal rekonstrüksiyon 3 boyutlu bilgisayar programları ile dijital teknoloji kullanılır. Eski konumuna getirmek için malzemeleri bir Şekilde yeniden inşa etmekte kullanılan bu yöntem biyolojik antropoloji içinde önemli bir yer tutmaktadır (Zollikofer ve Leon, 2005).

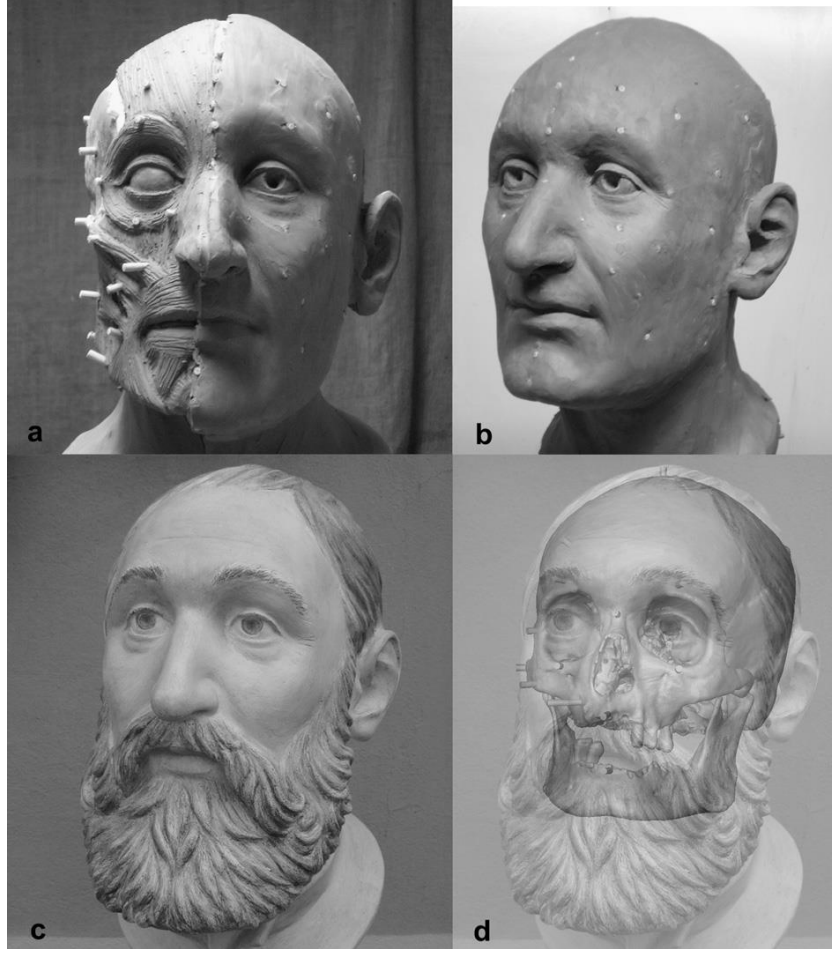
2.BÖLÜM:

3D UYGULAMALARI

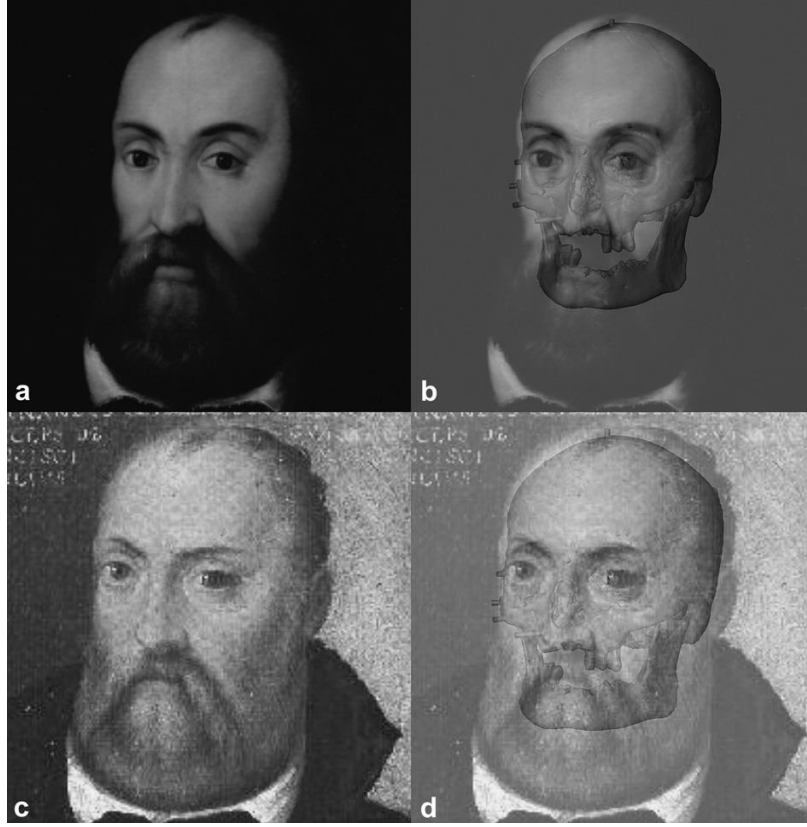
2.1. İskelet Üzerinde Sanal Modelleme Çalışmaları

İskelet materyali üzerindeki bu çalışmalar gerçek bir materyal üzerindeki bu çalışmaları ve programları test etmek amacıyla yapılmıştır. Vaka çalışmalarında bir modeli çalışırken çeşitli programlar ve yöntemleri kullanmak daha verimli bir sonuca ulaştıracaktır. Ne kadar çok yöntem ve metot denenirse materyal üzerinde kesin sonuca varmak daha mümkün olacak ve materyal üzerinde yanlışları minimum seviyeye indirecektir (Zollikofer ve Leon 2005). CT taramalarda materyal yüzeyi taranırken bazı sınırlamalar ile karşılaşıldığında başka bir yöntem ile veri toplanmalıdır. Lazer ile yüzey tarama daha doğru bir şekilde yapılırken yine aynı materyal üzerinde CT ile de çalışmalar yapılabilir. Lazer tarama ile bütün bir iskelet çalışılabilirken alternatif bir yöntem olarak da CT kullanılabilir.

Kafatası rekonstrüksiyonu için otomatik bilgisayar temelli işlemlerdeki ilerlemeye karşın, sonuçların daha geniş sayısal geçerlilik onayına hâlâ ihtiyaç duyulmaktadır (Vandermeulen ve ark., 2006). Aynı zamanda, bilgisayar yardımı ile yapılan yüz rekonstrüksiyonu dünyada maalesef az sayıda ekipler tarafından kontrol edilen karmaşık teknikler gerektirdiğinden, adli tıp bilim adamları tarafından manüel yöntemler hâlâ kullanılmaktadır (Quatrehomme ve ark., 2007). Hal böyle olunca da, manüel yüz rekonstrüksiyonu Ferrante'nin kafatasının prototipinin epoksi kalıbı üzerinde ve Manchester protokol yöntemine göre yapılmış oluyor (Prag ve Neave, 1997; Wilkinson, 2004).



Resim 3. Ferrante'nin kafatası-yüz rekonstrüksiyonu; a) tıkaçlar ve kasların yeniden yaratılması için plastisin ile modellenmiş hali; b) 50 yaşında bir erkeği gösteren deri modellemesi; c) Ferrante'nin yüzünün son rekonstrüksiyonu; d) rekonstrüksiyonu yapılmış kafatasının 3D dijital modelinin kafatası fotoğrafı üzerine yerleştirilmiş hali.



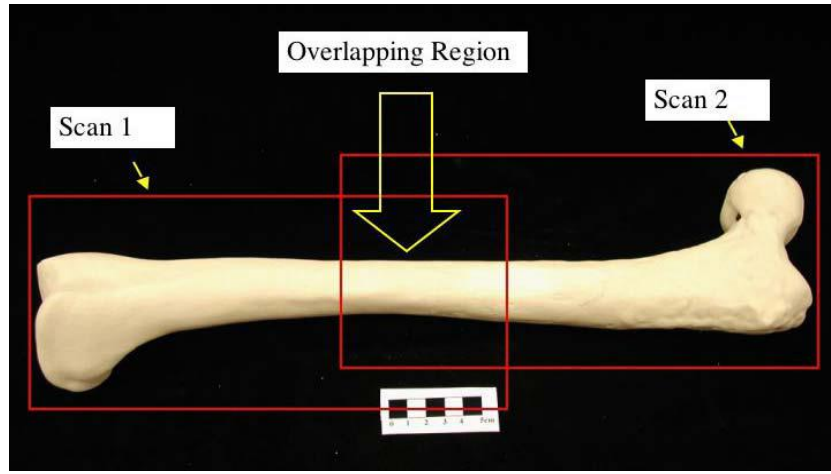
Resim 3a: a) Cristofano Papi dell'Altissimo'nun portresi, Ritratto di Ferrante Gonzaga, Firenze, Galleria degli Uffizi (Uffizi Galerisi'nden portre); b) Uffizi portresinin 3D dijital modeli üstüne yapıştırılmış kafatası resmi; c) Anonim ressam, Ritratto di Ferrante Gonzaga, Viyana, Kunsthistorisches Müzesi, Schloss Ambras (Ambras portresi); d) Ambras portresinin üstüne 3D dijital model eklenerek yapılmış kafatası portresi.

Veri toplama ile fiziksel modellerin kullanışlılığı derecesine göre karşılaştırılır. Biyolojik antropoloji için araştırma ile ilgili 3 özel uygulama vardır:

1. Genel eğitim için fiziksel modellerin uygulanması

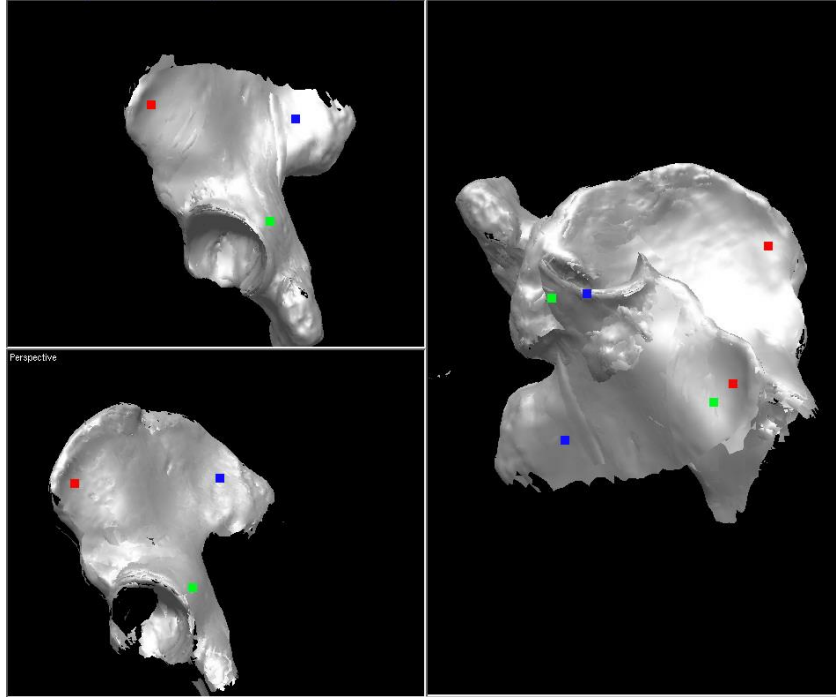
2. Araştırmanın yaygınlaştırılması için fiziksel modellerin uygulanması
3. Geleneksel osteolojik analizde fiziksel modellerin oluşturulması

Ortaya çıkan modeller kullanışlılığı biyolojik antropolojide 3D baskı rolünü tartışmak için bu çalışmaların genel amacı ile ilgilidir. Bu çalışmaların ve araştırmaların biyolojik antropolojide veri toplama yöntemlerinin hedeflerine ulaşmak için bir gereklilik olduğu unutulmamalıdır (Weber, 2001).



Resim 4: Uzun bir iskelet taranırken distal ve proximal bölgeler olarak iki tarama yapılır. Burada dikkat edilmesi gereken husus kemiğin orta geometrik noktasının iyi tespit edilmesi gerektiğidir.

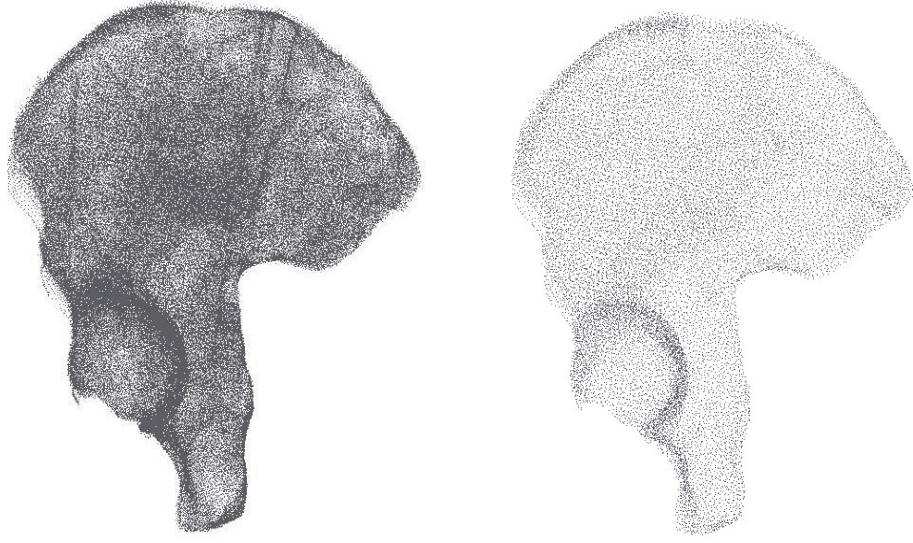
Bu işlem, bazı karmaşık kemiklerde tek bir tarama ile yapılamamaktadır. Bu yüzden, birkaç defa farklı şekillerde tarama yapılması gerekir. Yazılım için en iyi sonuca varmak için de taramalarda ortak bir geometrik sonuca ulaşılır ve bu ortak payda yazılımda kullanılır. Bazı kemiklerde iki tarama yapılır ve bu taramalar birleştirilerek amaca ulaşılır (Weber, 2001).



Resim 5: Bu çalışmada 3 farklı tarama gerçekleştirilmiş ve bu resimde görülen “mavi”, “yeşil” ve “kırmızı” noktalar kemiklerdeki ortak noktayı işaret etmektedir.

2.1.1. Basitleştirme Tekniği

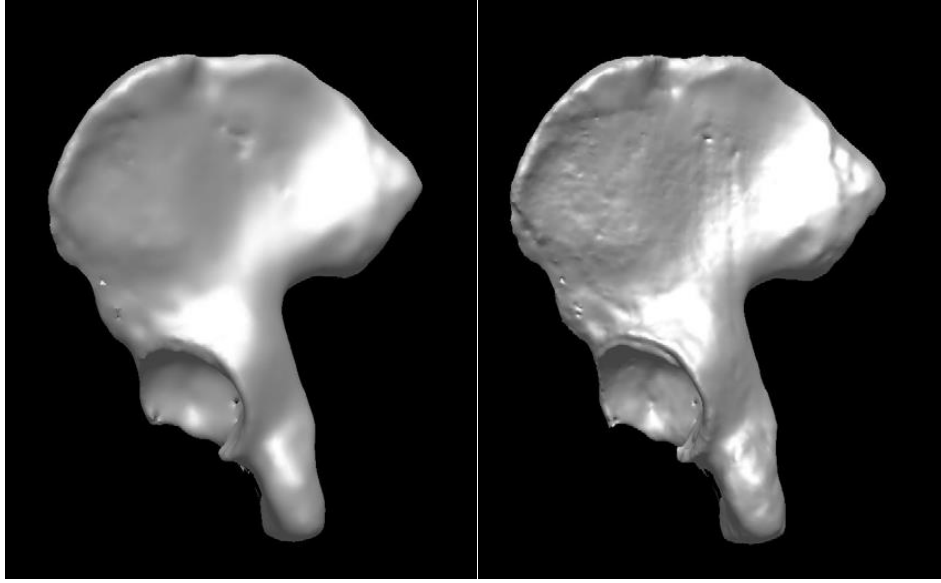
Taranan ve bilgisayar ortamında yazılımla işlenmiş olan materyali görsel olarak sadeleştirme yöntemi ile daha tanınabilir hale getirme tekniğidir burada çeşitli uygulamalar yapıp kemik üzerinde ki bazı yüzeylerin toz bulutları ile deliklerin doldurulmasıyla işlem gerçekleşir. Basit bir yöntem olup kullanışlıdır. Bu yöntem ile orijinal taramada çıkan sonuç üzerinde bir değişiklik yapmamaktadır. Bu yöntemin tek dezavantaj yanı işlem yapıldıktan sonra dosya boyutu fiziksel olarak artmaktadır (Zollikofer ve Leon, 2005).



Resim 6: Yukarıdaki çalışmada basitleştirilmiş renksel olarak bir koyu, bir açık renkte olan iki çalışma örneği.

2.1.2. Model Üzerinde Detaylandırma

Model tarandıktan sonra model üzerinde basitleştirme işlemi uygulanır ve bu yöntemlerde kemik üzerinde genel anatomik yapısı görünürken detaylar görünmemektedir bu yüzden bu materyaller üzerinde bulunan detayları göstermek için çeşitli programlardan yararlanılır ve bu program aşağıda görünen STL, Z-print programı ile yapılmış bir örneği mevcuttur. Bu işlem yapılırken yukarıda ki basitleştirme işlemi sırasında dosya boyutu büyümüş olup bu program ile boyutu küçültülebilir.



Resim 7: Yukarıdaki resimde soldaki kısım detaylandırılmamış bir çalışma bu kemik üzerinden detaylandırılması sonucu meydana çıkan çalışma ise sağdaki örnek resimde görülmektedir.

3.2. İskelet Üzerinde CT Tarama

CT tarama bu tür iskelet çalışmalarında kullanılan en önemli tekniklerden biridir. CT tarama diğer lazer taramalara oranla maliyeti bakımından daha ucuz ve kullanışlı bir yöntemdir. CT tarama hastanelerin radyoloji bölümlerinde yapılabilmektedir. Yapılış işlemi materyal bir masa üzerine konulur ve cihaz ile taranır (Zollikofer ve Leon, 2005).

CT taraması yüzeysel tarama modellemesinde dışlanmak zorunda kalan yapıların görüntülenmesini sağlamıştır. Bütün omur, karpal ve meta karpal kemikler görüntülenebildi ve sonrasında oldukça az bir işleme tabi tutularak sanal modellere dönüştürüldü. Omurlar için yüzey tarama yöntemi kullanıldığında sonradan gelen işleme tabi tutma süresi çok uzundu (toplamda yaklaşık 10 saat). CT verileri ile omurun segmentasyonu (kesimlemesi) bir saatten az bir zaman almıştır ve daha küçük ve karmaşık dokularda daha etkili olmuştur. Sonradan gelen işlem yüzey tarama modelleri üretmek için bir kısıtlama getiriyor, özellikle de düzensiz biçimli biyolojik malzemede. Anıtlarda ve binalarda yüzeysel tarama yolu ile büyük oranda başarı elde edilmiştir (Ahmon 2004, Fontana ve ark. 2002, Fowles 2000, Taylor ve 2002 ve 2003, Willems, 2005).



Resim 8: CT ile insan iskeleti tarama.

2.3. Kırılmış İskeleti Birleştirme

Kazı çalışmalarında ele geçen materyaller bazen kırılmış halde bulunmaktadır ya da laboratuvar ortamında kırık kemikler üzerinde çalışılmak istenildiğinde kırık kemikler inceleme sırasında sorun yaratabilir, bu yüzden kırılmış kemikleri sanal ortamda bir bütün kemik haline getirip incelemeye koymak araştırmacılar için daha verimli bir çalışma olanağı sağlayacaktır. Bu yöntemi uygularken kırık parçalar macun ya da herhangi bir yapıştırıcı ile açılar belirlenerek yapıştırılıp daha sonra tarama yapılp bilgisayar ortamına atılabilir (Seipel ve Lindkvist, 2002).



Resim 9: Yukarıdaki resimde kırık bir femur kemiği üzerinde birleştirme işleminin uygulanması.

Bu kırılmış femur kemiği yapıştırma işlemi ile taranıp sanal ortama atıldığında sağlam bir femur kemiği gibi görünecek ve çalışmalar daha rahat ve kolay yönden yapılabilecektir.



Resim 10: Bir femurun sanal ortamda birleştirilmiş görüntüsü.

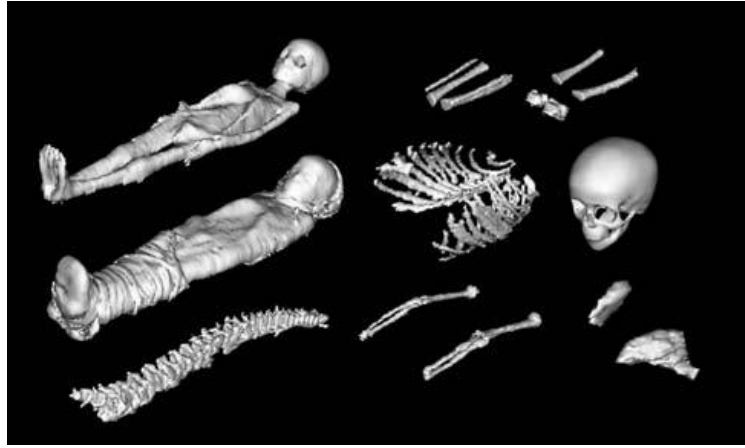
2.4. Sanal Ortamda Mumya Çalışmaları

Araştırmacılar için mumya üzerinde araştırmalar yapmak son derece sıkıntılı bir iştir. Mumyaların hassas dokularından dolayı çok kısa bir süre içinde incelemelerde bulunup incelenen mumyaların hemen koruma altına alınması gerekmektedir. Çok kısa sürede birçok araştırmacının bu mumya üzerinde çalışma

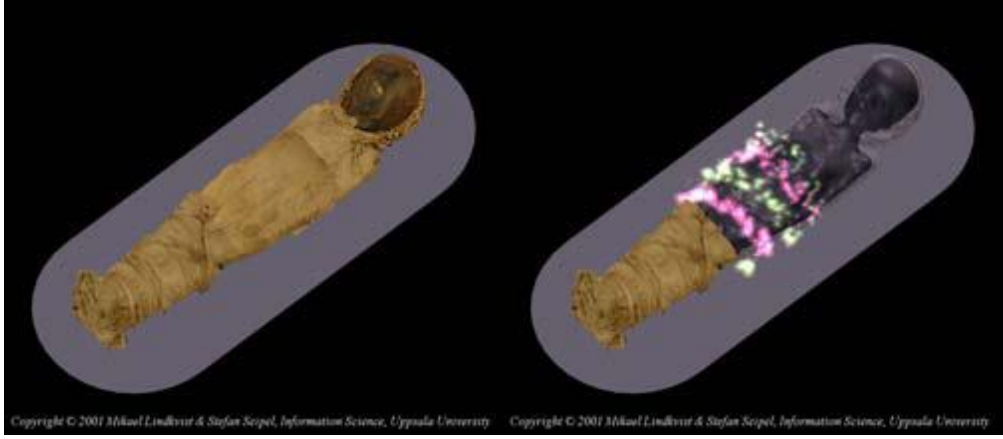
olanağı bulunamaması ve mumyaların kültürel bir varlık olduğundan dolayı üzerlerinde kesici zarar verici herhangi bir çalışma yapılmasına izin verilmemektedir. Bu yüzden çok kısa sürede mumyanın taranıp bilgisayar ortamına atılması, mumyayı korumak ve mumya üzerinde çalışacak birçok araştırmacıya mumyanın sanal ortamda materyallerin ulaşması yönünden önemlidir. Uppsala Üniversitesi Teknoloji bölümünden Seipel ve Lindkvist (2002) bir mumya üzerinde çalışmalar yapmış ve bu çalışmalar üzerinde bir mumyadan nasıl bir materyal ortaya çıkarılacağını ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar Mısır'da bulunan bir mumya üzerinde çalışırken söz konusu mumyayı bir masaya koyup mumyayı taramaya başlamışlar. Burada dikkat edilmesi gereken nokta tarama cihazı ve projeksiyonları doğru ve geniş açı ile yerleştirmektir. Aynı zamanda araştırmacılar mumya üzerinde lazer taramanın yanı sıra Uppsala Üniversitesi Hastanesinin radyoloji bölümü tarafından yürütülen bir çalışma ile mumyalar üzerinde CT taramaları da gerçekleştirdiler (Seipel ve Lindkvist, 2002).



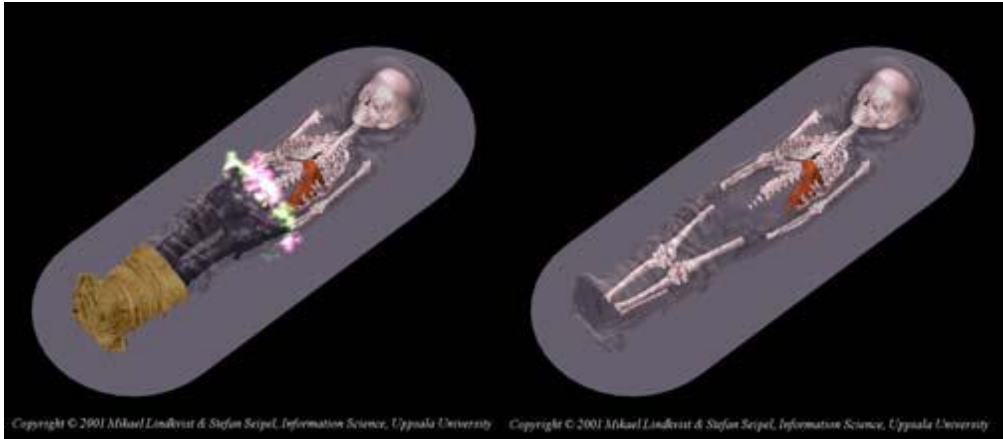
Resim 11: Araştırmacıların üzerinde çalıştığı mumya. Mumya dijital fotoğraf makinesi ile çekilmiş bir görüntüsü.



Resim 12: Sanal mumya üzerinde geometrik modelleme yapmak için program ile hazırlama aşaması.



Resim 13: Sanal modelleme ile mumyaların iskeletini görüntüleme aşaması.



Resim 14: Sanal modelleme ile mumyaların iskeletini görüntüleme aşaması.

Mumya üzerinde çalışmalar yapılırken çeşitli matematik formülleri ile mumyanın yapısına ve tarama yapılacak alanın konumuna göre çeşitli algoritmalara göre taramalar yapılır. Taranan mumyanın açısı yeterli derece ayarlanamazsa sonuca

ulaşmakta çeşitli hatalar meydana geldiği saptanmıştır (Seipel ve Lindkvist, 2002).

2.5 Adli Antropolojide 3D Uygulaması

Adli antropolojide adli vakaları tanımlamak bazen güç olmaktadır. Vakaların fiziksel özellikleri ve yapısının bilinmesi gerekir (Krogman ve İşcan, 1991). Adli antropolojide en önemli konulardan biri vakaları tanımlamaktır. Bazı vakalarda tanınmayacak hale gelmiş bazı deformasyonlar meydana gelebilir. Bu yüzden sanal ortamda vakaların fiziksel tanımlanması ve sanal bir model oluşturulması gerekir. Hassas materyallere de rastlanılabilir bu yüzden temas etmeden iskelet üzerinde çalışma gerekebilir bunu da en iyi yöntem olan sanal bir ortamda çalışmak materyale hem zarar vermeyecektir hem de çalışılması daha kolay olacaktır (Santamaría ve ark., 2007).



RESİM 15: Adli antropolojide kullanılan yeniden yüzlendirme çalışması.

Adli tıp soruşturmalarında hızlı prototipleme tekniklerinin değerini sadece birkaç yazar fark etmiştir. Patolojilerin mahkeme salonunda açık ve seçik sunulabilmesini elverişli kılan tekniklere özel bir ihtiyaç vardır. Hâkimler, avukatlar ve özellikle de kurbanların yakınları gibi tıp mesleğinden olmayanlar için otopsi fotoğrafları rahatsız edici olabilir çünkü bulguları bu şekilde sunmak zordur. Volüm sağlamak durumunun tersine, modelleri hızlı prototipleme gerçek üç boyutluluğu sağladığı gibi dokunma duyusuna hitap eden bir öge de sunar, bu da tıp mesleğinden olmayanların meseleyi anlamalarını kolaylaştırır. Adli tıp radyolojisine bağlantılı olarak yapılan ilk hızlı prototipleme uygulaması Trolean Alpleri'nde bulunan 5000 yaşındaki bir Buzul Çağı erkeği antropoloji vakası ile ilgili gerçekleşti. Stereolitografi kullanılarak, kafatasının birkaç kopyası oluşturuldu ve bilimsel araştırmalar için dağıtıldı. Adli tıp alanında stereolitografi kullanımındaki ilk deneyler Abramov ve arkadaşları tarafından yapıldı ve bu uzmanlar üretilen modellerin teşhis ve tespit amaçlı kullanılabilceği önerisini getirdiler (Ebert ve ark., 2011).



Resim 16: Antropoloji laboratuvarında tarama işlemi

2.6. Müzelerde 3D Uygulaması

Bireysel öge ve sergilerde hatta bütün müzelerde sayısallaştırma içeriğinin pek çok avantajları vardır. Ögelerin ve sergilenen malzemelerin dijital kopyalarının olması onları, her zaman herkes tarafından erişilebilir sağlar. Bir sergiye ya da müzeye dünyanın herhangi bir bölgesinden erişmek mümkündür. Nesnelere herhangi bir zarar vermeden orijinaline sadık kalarak dijital ortamda kaydedilir. 3D sayısallaştırma teknikleriyle nesnelere, küçük kitlelere değil büyük kitlelere ulaşmasını sağlayacaktır. Bir sanal müzenin birçok avantajı vardır bunlar: (Bradley ve ark., 2005).

1. Görüntüler ve mekânlar insan yorumuna açıktır.
2. Her şey tam olarak kaydedilebilir ve detaylandırılabilir.
3. Hassas tekrarlanabilir ölçümler yapılabilir.
4. Nesnelere hiç bir ücret ödemediğinde hemen görülebilir.
5. İnsanların zaman ve maddî kaybını önler.
6. Dünyanın diğer müzelerdeki materyaller ile morfolojik karşılaştırma yapabilme olanağı sağlar.

Mimari alanların 3D rekonstrüksiyon ve görselleştirilmesi giderek daha çok önem kazanan ve büyük ölçeklerde çabaların uygulamaya küresel çapta konmak üzere olduğu bir araştırma meselesidir. Google Haritaları GL (Google Maps GL) dışarıda uydular, antenler ve sokak yan görüntülemelerinden topluluk fotoğraflarına kadar çekilmiş fotoğrafik içeriği sorunsuz bir şekilde entegre edebilmektedir. (Tamamlayıp

birleştirebilmektedir). İç mekân çevreleri de etkin bir şekilde fotoğraf yakalamak için hedef olarak alınmış bu artan bir iş talebi ile karşılaşmıştır. Örneğin, Google Sanat Projesi (Google Art Project) dünyanın her yerindeki müzelerin keşfine ve aynı zamanda da yüksek çözünürlükte fotoğrafı çekilmiş yüzlerce sanat yapıtının incelenmesine olanak tanımaktadır (Xiao ve Furukawa ., 2010).



Resim 17: Müzelerde 3 boyut çalışması yapılırken kullanılan cihazlardan biri (DeltaSphere)

DeltaSphere, bilgisayar kontrol tabanlı bir cihaz olup sahneyi ya da odayı otomatik olarak tarayabilmektedir. Belirgin ve net bir tarama yapabilmesi için cihazın taranacak bölgeden 15 mt. uzakta olup taranacak alana açısı 13.33 mm olarak

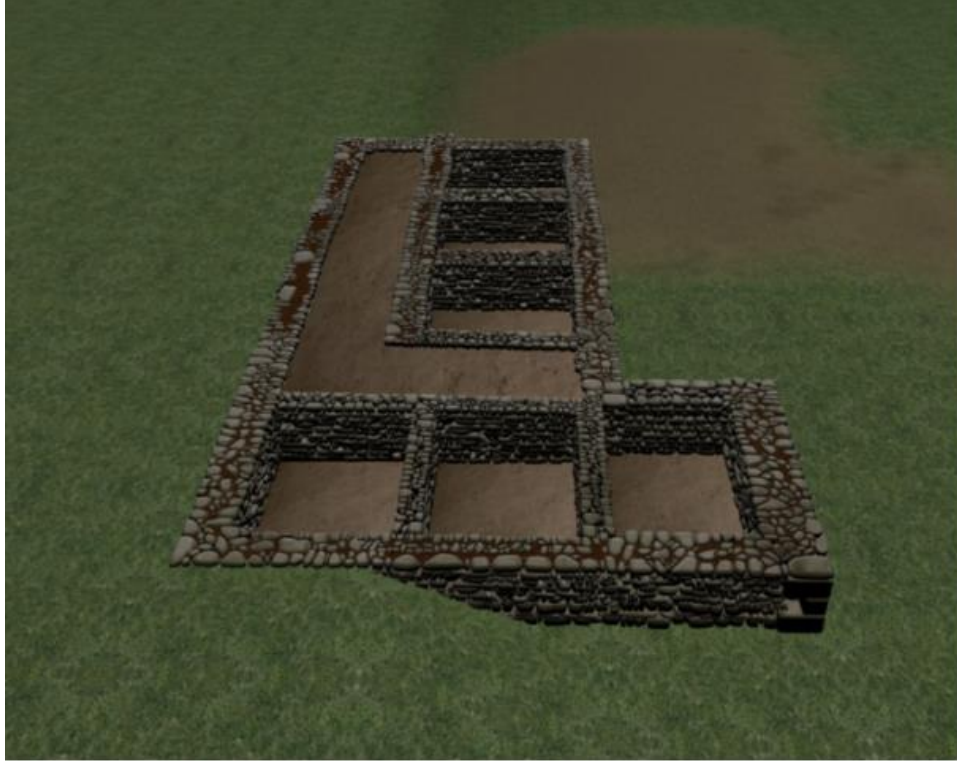
ayarlanması daha kesin sonuçlar vermektedir, cihaz taramayı yaklaşık olarak 20 dk içinde tamamlamaktadır (Bradley ve ark., 2005).



Resim 18: Girit'in doğusunda yerle bir olmuş odalardan oluşma bir ev.

Yapının sanal modeli birçok sebepten yararlı idi. Görünen duvarların elde bulunan fotoğraflık belgeler ve grafiklerden yapılan rekonstrüksiyonu bütün evin bugün korunduğu halinin, bugün 'Compleso Nord-Ovest/P' ile kaplı kuzey bölgesini de içeren global bir resmini kapsıyor. Dahası, üst katın önerilen modeli dâhili alanın kullanımının daha açık bir temsilini versin diye gerçekleştirilmişti ve böylelikle de depolara kapaklardan geçiş sağlandığı ortaya çıkmıştı. Vektorialize (yöneysel) plan Blender'da çalışıldı ve ikonografik puntolardan elde edilen öğelerle tamamlandı. Daha sonra da duvarlar haddeden çekildi, böylelikle kalan sıralarda gözlemlenen

özgün inşaat tekniğini gerçekçi bir şekilde taklit etmek mümkün oldu (Mercadante ve ark., 2009).



Resim19: Resim 18'deki Evin gerçekteki halinin sanal ortamdaki reproduksiyonu.

Bugüne kadar, antropolojideki görselleştirme projelerinin çoğu, miras kalan parçaların gerçekçi fotoğraf kopyalarını yapmaktan ibaretti ve sanal sergiler için gerekli diğer araç gereç göz ardı edilmiştir (Roussou ve Drettakis, 2003).



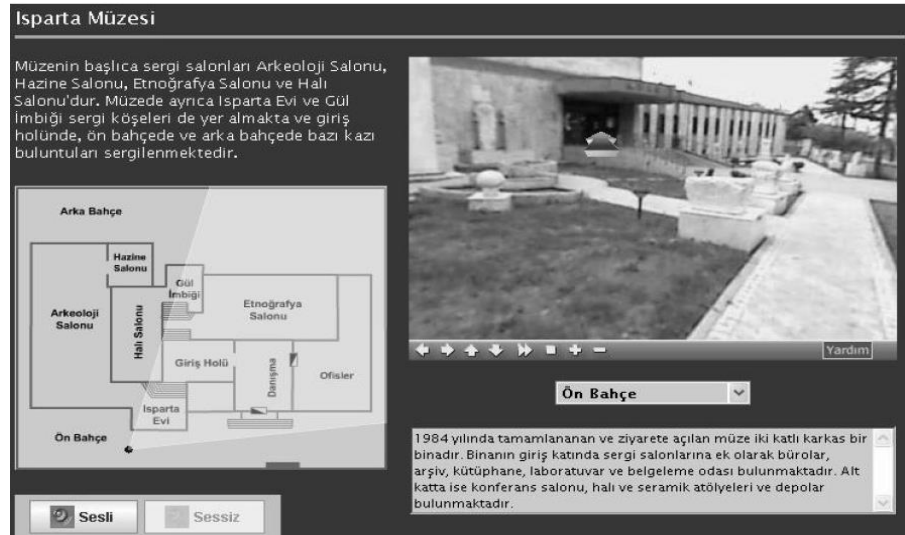
Resim 20: Bir serginin taranmış bir görüntüsü.

Ziyaretçilerin sergiye gelmeden önce sanal ortamda sergi hakkında bilgi alabilir sergiye nerden nasıl başlayacakları konusunda bilgi sahibi olabilirler.

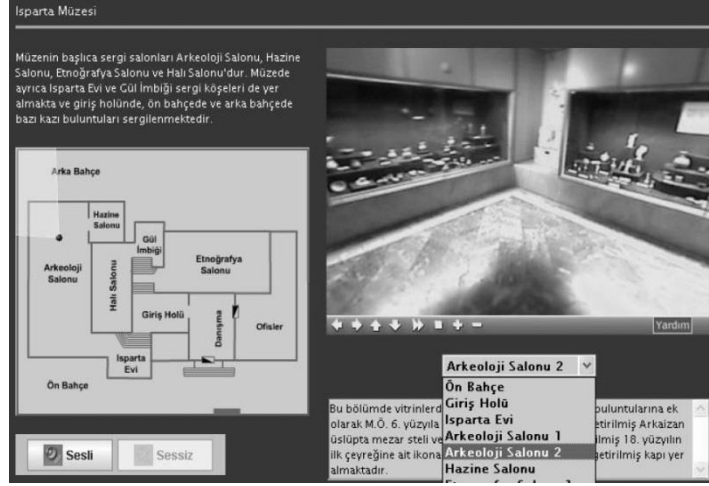
Arkeoloji, antropoloji yerleşim yerlerini de 3 boyutlu olarak rekonstrüksiyonu almak mümkündür. Bu çalışmayı Meksika Ulusal Antropoloji Enstitüsü, Meksika'nın önemli Arkeolojik bölgelerinden biri olan Teotihuacan arkeoloji bölgesinde 3D çalışmalar yapmıştır.



Resim 21: Meksika Ulusal Antropoloji Enstitüsü tarafından hazırlanmış olan, Meksika Teotihuacan Arkeoloji Bölgesi 3D Rekonstrüksiyonu.



Resim 22: Isparta müzesinde çalışılmış panoramik hareketli görüntü (360 derece tüm yönlü görüntü)



Resim 23: Isparta müzesinde, müze içinde panoramik hareketli görüntü(360 derece tüm yönlü görüntü)

Türkiye’de sanal müze çalışmaları ilk olarak Orhan Alav, İ.Sengör Altın gövde, Abdullah Kaplan tarafından 2007 yılında ele alınmıştır. Örnek çalışma olarak Isparta ve burdur müzeleri pilot müze seçilmiştir ve çalışmalarını bu iki müzede yapmışlardır.

Isparta müzesinde sanal gezi sayfası açılmış olup ziyaretçilere sunulmuştur bu sayfada:

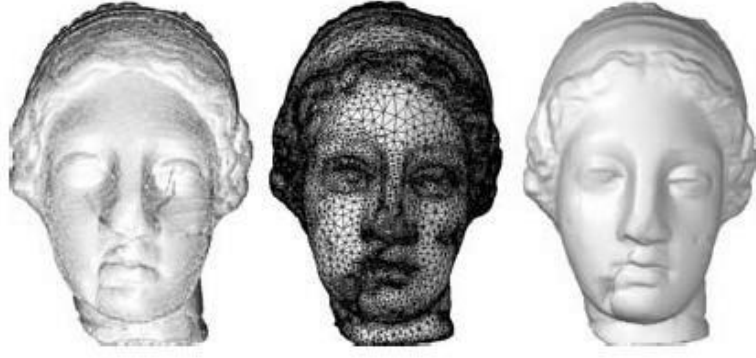
1. Görüntüleme penceresinin tüm/yön/uzaklık-yakınlık fonksiyonları buton, klavye ve fare ile kontrol edilebilmektedir.
2. Görüntülenen salon hakkında ayrıntılı bilgi yazılı ve sesli olarak aktarılmaktadır.

3. Sergilenen salon ve o anda görüntülenen görüş açısı kat planı üzerinde gösterilmektedir.
4. Kat planı ve görüntüleme penceresi appletleri birbiriyle etkileşimli çalışmaktadır.
5. Görüntüdeki okların üzerine tıkladığında o yöndeki sonraki görüntüleme noktasına geçilmektedir.
6. Sergilenen eserlerle ilgili ayrıntılı bilgi ve fotoğraflara, varsa 3D görüntüleme ve eserin videosuna, eserlere yapılan bağlantılara tıklanarak erişilmektedir.
7. Eserin adı/görüntüsü üzerine gelindiğinde belirecek resme tıklayarak ulaşılabilir.

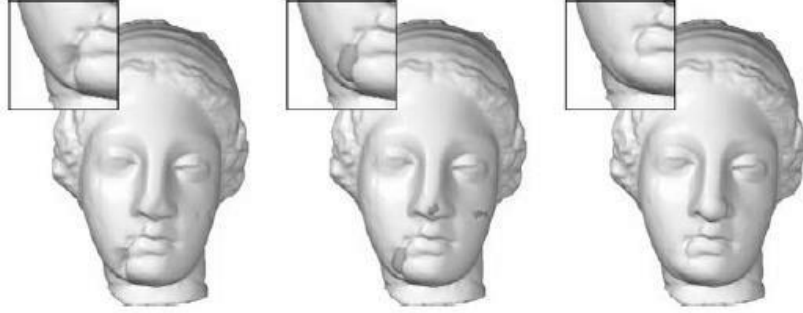
Müzelerdeki objeler, üç boyutlandırmada kullanılan yazılımlar 3D & 3DMax ve üç boyutu destekleyen diğer yazılımlar (Cool vb.) ile grafik-poligon modellemesi ile üç boyutlu hale getirilmektedir. Heykel başı ve yüz tanımlanması aşamaları şunlardır:

1. Heykel öncelikle düz ve açılı olarak taranır.
2. İlk yüzeysel mask modellemesi oluşturulur.
3. Doku güçlendirmesi için nokta ayrıntıları belirlenir ve güçlendirilir.

4. Yüz hatlarında mask üzerindeki nokta ayrıntıları olan burun, çene, kulak, göz çukuru, ağız/dudak yapısı koordinat bölgeleri yoğun çizgi ve tarama ile güçlendirilir.
5. Yüz ve baş 3D modelinde yoğun tarama noktaları ve normal tarama bölgeleri kaynaştırılarak doku (yüzey) giydirilmesi yapılır.
 - 5.1. Giydirilen dokuya aslına uygun renk giydirilmesi ile birlikte sabit dikey (*vertical*) görüntü elde edilmiş olur.
 - 5.2. Tamamlanmış esere isteğe bağlı olarak ışık ve gölgelendirme verilebilir.
 - 5.3. Tamamlanmış baş veya yüz modeline hareket ve döngü verilir. Bu döngüler eserin her açıdan koordinatlı olarak görülmesini sağlayabilecek yapıda olmalıdır (360 derecelik hareket döngüsü).
 - 5.4. Esere verilen hareket ve döngü 360 derecelik bir açı ile serbest veya kontrollü olarak her yöne olabilmelidir.



Resim 24: Üç boyutlandırma - Poligonlama-a



Resim 25: Üç boyutlandırma - Poligonlama-b

Son aşamada elde edilen ürün, etkileşimli web ara yüzünde, orijinal esere gömülü imaj/video dosyası halinde bağlanarak, 3 boyutlu görüntü olarak kullanıma hazır hale getirilir. Aynı zamanda isteğe bağlı ve kontrollü olarak 3 boyutlu görüntüler, Web üzerindeki butonlar/oklar yardımı ile sağ-sol, yukarı-aşağı şeklinde yön kontrolü ile izlenebilir (Alav ve ark., 2007).

3.BÖLÜM:

TARTIŞMA

Biyolojik antropoloji çalışmalarında faydalanılan belli başlı cihazlar vardır ve bu cihazların kullanımı herkes tarafından kullanılabilir kadar kolay değildir. CNC cihazlarının ara yüzü çoğu operatör ve kullanıcılar için zor olduğundan bu programları kullanmak için özel bir eğitim gerektirmektedir (Grimm 2004, Grimm ve Wohlers 2003, Seely 2004).

RP kullanımı örnek çalışma raporlarında görüldüğü üzere mevcut durumu ile biyolojik antropolojide kullanımı tam olarak kesin sonuçlar vermemektedir bu yüzden projelerini teknolojiye entegre etmek isteyen araştırmacılar için kesin sonuçlar doğurmayacaktır (Zollikofer ve Leon, 2005).

Materyal üzerinde CT ile tarama yapılırken bazı hatalar vermektedir bu hatalardan biriside PVE (kısmi hacim etkisi) burada materyalin hacmine bağlı olarak materyal üzerinde açık renkli çizgiler görünmektedir (Zollikofer ve Leon, 2005: 77).

Araştırmacılar tarafından Mısır'da bulunan Mumya üzerindeki çalışmalarda, açısı yeterli derece ayarlanamazsa sonuca ulaşmakta çeşitli hatalar meydana geldiği saptanmıştır (Seipel ve Lindkvist, 2002).

Etik ve araştırma perspektifinden bakıldığında, insan kalıntıları sorumluluk üstlenen bir yerde uygun bir şekilde muhafaza edilmeli. Bu sınırlamalardan kurtulmanın bir yolunun söz konusu iskeletin her grubun çıkarlarını doyuracak ve

materyali sosyal sorumluluk gösterilerek bir kopyasını (kopya) oluşturmak olduğu önerilmiştir (Brownlee ve ark., 2005, Sitchon ve ark., 2005).

Biyolojik antropolojide kullanılan bazı teknik ve yöntemlerin kesin sonuç vermediği ve bu teknikler daha ucuz yolla araştırma yapılabilen, maliyeti düşük cihazlarda görölmektedir. Cihazları kullanırken çeşitli algoritmaları iyi hesaplamak gerekmektedir ve materyalin konum ve açısını yeterli düzeyde hesaplanamaz ise çeşitli hatalar ile karşılaşmak mümkündür. Açıların doğru hesaplanabilmesi için çeşitli matematik formüllerinden yararlanılmaktadır bu yüzden araştırmacıların matematik formüllerini hesaplarken dikkatli olması gerekmektedir. Kullanılan cihazların ve bilgisayar ortamında yazılım programları, cihazların ve programların çok pahalı olmasından dolayı her kullanıcıya hitap etmemektedir. Araştırma yapan kişiler için çalışmalar bir hayli maliyetli olmaktadır.

SONUÇ:

1980'li yıllardan günümüze gelen 3 boyut teknolojisinin gelişimi ile bilimsel verileri değerlendirmek daha kolay bir hale gelmiştir. 3 boyut teknolojisi geniş bir teknoloji olup bilimin her yerinde kullanmak mümkündür. Geçmiş yıllardan günümüze gelişen teknolojiyi incelediğimiz zaman gelecekte daha kesin sonuçlar ve kullanılması daha kolay yazılımlar ile bütün kullanıcılara hitap etmesi beklenebilir.

Kazı sırasında bulunan materyali hemen olay yerinde tarayıp dijital ortamda bütün dünya ile paylaşma olanağı sağlar ve araştırmacılar için kırılmış parçalanmış materyalleri sanal ortamda birleştirip inceleme olanağı sağlar. Bulunan bazı materyaller üzerinde çalışma olanağı, hem zaman olarak hem de inceleme bakımından çok kısıtlı sürede yapılması gerekebilir. Örnek olarak Alplerde bulunan Buz Adam'ın çok kısa bir süre içinde araştırılması gerektiği gibi ya da kültürel bir miras olarak görülen mumyalar üzerinde herhangi bir kesme ya da içini açma gibi durumların söz konusu olamayacağı materyallerde 3D teknolojisi ile araştırmacılar rahatlıkla materyal üzerinde çalışma olanağı sağlar ve birden fazla araştırmacıya dijital ortamda çalışma imkânı sağlamaktadır.

Adlî antropoloji gibi alanlarda 3 boyut teknolojisinden yararlanıp kimlik belirleme ve verilerin dijital ortamda karşılaştırılması gibi birçok olanak sağlar. Müzelerde kullanımı ile bütün dünyaya müzedeki materyalleri sunmak ve bireylerin müzeye gelmeden müzeleri gezmesini sağlar bu şekilde bireyler sadece görmek istedikleri ya da ilgilendikleri materyali evinde bilgisayar başında izleme ve inceleme imkânı bulur.

Eğitim alanında öğrencilerin her zaman materyal üzerinde çalışma imkânları bulunmamaktadır. Öğrencilerin istediği zaman istediği yerde istediği materyali inceleme ve çalışması için 3 boyut tekniğinden yararlanılır ve öğrencilerin osteoloji gibi teorik olarak öğrenilmesi zor alanlarda 3 boyut tekniği ile öğrenmeleri kolaylaşır.

KAYNAKÇA

Alav, Orhan vd.; (2002). “Sanal müzelerde panoramik ve 3 boyutlu görüntü teknikleri ve içerik sorgulama: Isparta Müzesi örneği”, [DPT-YUUP] 35 123-144.

Ahmon, J.; (2004). “The application of short-range 3D laser scanning for archaeological replica production: The Egyptian Tomb of Seti I”, *Photogrammetric Record* 19: 111-124.

American, 265 (3), 66–75

Boehler, W vd., *3D Scanning Software: An Introduction*. Mainz, Germany: i3mainz, Institute for Spatial Information and Surveying Technology. (2002).

Erişim:http://www.i3mainz.fhmainz.de/sites/default/files/public/data/p11_Boehler.pdf
(16.01.2014).

Bradley, M vd.; (2005). “Capturing Content for Virtual Museums from Pieces to Exhibits”, *J. Digit. Inf.* 6 (1)

Brownlee, K vd.; (2005). “Planning for the future: Developing strategies for post-repatriation analysis of archaeological materials”, *Paper presented at the Annual Meetings of the Canadian Archaeological Association*, Nanaimo. May 2005.

Decker, Summer J.; (2010). “The Human in 3D: Advanced Morphometric Analysis of High-Resolution Anatomically Accurate Computed Models”, Graduate School Theses and Dissertations.

Erişim: <http://scholarcommons.usf.edu/etd/3525>.(13.01.2014).

Fontana, R.; (2002). “Three-dimensional modelling of statues: the Minerva of Arezzo”, *Journal of Cultural Heritage* 3: 325-331.

Fowles, PS.; (2000). “The Garden Temple at Ince Blundell: a case study in the recording and non-contact replication of decayed sculpture”, *Journal of Cultural Heritage* 1: 89-91.

Gaither, K.; (2004). “Panel 2: In the Eye of the Beholder: The Role of Perception in Scientific Visualization”, *IEEE Visualization*, 567-568.

Grimm, Todd.; (2003). “Fused Deposition Modeling: A Technology Evaluation”, *Time Compression-Technologies* April 2003, 11/2

Hjalgrim, H vd.; (1995). “Stereolithography: potential applications in anthropological studies”, *Am J Phys Anthropol* 97: 329-33.

İşcan, M. Y-Wilton Marion Krogman.; (1991). “A pioneer in human biology”, *American Journal of Human Biology* 3 (6), 553-554.

J. Santamaría vd.; (2007). “A scatter search-based technique for pair-wise 3D range image registration in forensic anthropology”, *Soft Comput* 11: 819-828

Jakab, K vd.; (2004a). “Organ printing: fiction or science”, *Biorheology* 41: 371-5.

Jakab, K vd.; (2004b). “Engineering biological structures of prescribed shape using self-assembling multicellular systems”, *Proc Natl Acad Sci USA* 101: 2864-9.

Jianxiong Xiao-Yasutaka Furukawa.; (2012). “Reconstructing the World’s Museums”: Massachusetts Institute of Technology. Volume 7572, 668-681.

Kai, C.C vd.; (1997). "Interface Between CAD and Rapid Prototyping Systems Part 1: A study of Existing Interfaces", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (13): 566-570.

L.C. Ebert vd.; (2011). "Getting in touch-3D printing in Forensic Imaging", *Forensic Science International*, 211 e1–e6.

Lester, D.S-Olds, J.L.; (2001). "Biomedical Imaging: 2001 and beyond", *Anat Rec. Apr 15*, 265 (2): 35-36.

Lin A.C- Liang S.R.; (2002). "Rapid Prototyping through Scanned Point Data", *International Journal of Production Research*, Vol. 40, No. 2, 293-310.

Lynnerup, N vd.; (1997). "Non-invasive Archaeology of Skeletal Material by CT Scanning and Three-dimensional Reconstruction", *International Journal of Osteoarchaeology* 7: 91-94.

Markwald, R.; (2003). "Desktop organ printing", *Anat Rec B New Anat* 273: 120-1.

Mehta, BV vd.; (1997). "Comparison of image processing techniques (magnetic resonance imaging, computed tomography scan and ultrasound) for 3D modeling and analysis of the human bones", *J Digit Imaging* 10: 203-6.

Mironov, V.; (2003). "Organ printing: computer-aided jet-based 3D tissue engineering", *Trends Biotechnol* 21: 157-61.

Pearson, K.; (1899). "Mathematical contribution to the theory of evolution. On the reconstruction of the stature of prehistoric races", *Philos. Trans. R. Soc. London* 192, 169–244.

Powers, DB vd.; (1998). "Stereolithography: a historical review and indications for use in the management of trauma", *J Craniomaxillofac Trauma* 4: 16-23.

Prag, J- Neave, R.; (1997). *Making Faces*, London, British Museum.

Quatrehomme, G.; (2007). "Assessment of the accuracy of three-dimensional manual craniofacial reconstruction: a series of 25 controlled cases", *Int. J. Legal Med.* 121, 469–475.

Roussou, M-Drettakis, G.; (2003). "Photorealism and Non-Photorealism in Virtual Heritage Representation", *VAST: 4th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology, and Intelligent Cultural Heritage*. Eurographics Association, 51-60.

Ruhli, FJ vd.; (2002b). "Technical note: CT-guided biopsy: A new diagnostic method for paleopathological research", *Am J Phys Anthropol* 117: 272-5.

Seely, JC.; (2004). "Digital Fabrication in the Architectural Design Process", *Master of Science*, Boston, Massachusetts, Institute of Technology.

Seipel Stefan - Mikael Lindkvist.; (2002). "Methods and application of interactive 3D computer graphics in anthropology". Uppsala University.

Erişim: <http://www.it.uu.se/research/publications/reports/2002-002/2002-002.pdf>
(11.01.2014)

Sitchon, ML vd.; (2005). "Second time around: Mennonite repatriation efforts in Manitoba", *Paper presented at the Annual Meeting of the Canadian Archaeological Association*, Nanaimo, British Columbia, May 2005.

Spoor, F vd.; (2000). "Using diagnostic radiology in human evolutionary studies", *Journal of Anatomy* 197: 61-76.

Taylor, J vd.; (2002). "Culture as a Driving Force for Research and Technology Development: A Decade's Experience of Canada's NRC 3D Technology", *Electronic Imaging and the Visual Arts*, 4.1-4.13.

Upcraft S- Fletcher R.; (2003). "The rapid prototyping Technologies", *Assembly Automation* 23: 318-330.

Van, Dam, A.; (2002). "Experiments in immersive virtual reality for scientific visualization", *Computers & Graphics-UK* 26: 535-555.

Vandermeulen, D.; (2006). "Computerized craniofacial reconstruction using CT-derived implicit surface representations", *Forensic Sci. Int* 159S, 164–174.

Wang, GJ vd.:(1999). "Reverse engineering of sculptured surfaces by four-axis non-contacting scanning", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 15: 800-809

Weber, GW.; (2001). "Virtual anthropology (VA): a call for Glasnost in paleoanthropology", *The Anatomical Record (Part B: New Anat.)* 265:193-201.

Weiser, M.; (1991). "The computer for the 21st century", *Scientific*

Wilkinson, C.; (2004). *Forensic Facial Reconstruction*. Cambridge: CUP.,
s.70

Willems, G vd.; (2005). "Easy and Cost-effective Cuneiform Digitizing. The
6th International Symposium on Virtual Reality", *Archaeology and Cultural
Heritage (VAST)*, 73-80.

Wohlers, Terry.; (2003). "Words of Wisdom: Rapid manufacturing on the
horizon", *Plastics Machinery & Auxiliaries*, October 2003.

Wood, B.; (2000). "Investigating human evolutionary history." *Journal of
Anatomy* 197: 3-17.

Zollikofer CPE;(2002). "A computational approach to paleoanthropology",
Evolutionary Anthropology 11: 64-67.

Zollikofer CPE-Ponce de Leo'n MS.; (2005). *Virtual Reconstruction: a
primer in computer-assisted paleontology and biomedicine*. Hoboken, NJ: John
Wiley & Sons.

Zollikofer, CPE.; (2005). "Virtual cranial reconstruction of Sahelanthropus
tchadensis", *Nature* 434: 755-759.

Zur, Nedden, D vd.; (1994). "Skull of a 5,300-year-old mummy: reproduction
and investigation with CT-guided stereolithography", *Radiology* 193: 269-72.

RESİM KAYNAKÇASI

RESİM 1: <http://www.thetruthaboutforensicscience.com/category/pathology/>
(10.01.2014).

RESİM 2: <http://www.maillustrations.com/tutorials/images/> (10.01.2014).

RESİM 3-3a: S. Benazzi et al. / *Journal of Archaeological Science* 37 (2010) 1572–1578).

RESİM 4: Weber GW (2001) “Virtual anthropology (VA): A call for Glasnost in paleoanthropology”, *The Anatomical Record (Part B: New Anat.)* 265:193-201.

RESİM:5-6-7

http://radiology.usc.edu/presentations/saddleprosthesis/Cover_Final.html
(08.01.2012)

RESİM 8: <http://blogs.scientificamerican.com/observations/2012/07/13/ct-scans-reveal-early-human-fossils-inside-rock/>(12.01.2014).

RESİM 9-10: http://www.3dtoad.com/human_skeleton_femer.php (01.01.2014).

RESİM 11-12-13-14: Seipel Stefan and Mikael Lindkvist (2002) *Methods and application of interactive 3D computer graphics in anthropology.*

RESİM 15: <http://www.jenjdanna.com/blog/2012/5/29/forensics-101-3d-facial-reconstruction.html> (10.01.2014).

RESİM 16: J. Santamaría , O. Cordon , S. Damas • I. Aleman ,M. Botella (2006) *A scatter search-based technique for pair-wise 3D range image registration in forensic anthropology.*

RESİM 17-20: Bradley Hemminger, Gerald Bolas, Doug Schiff (2005) *Capturing Content for Virtual Museums: from Pieces to Exhibits.*

RESİM 18-19: G. Gallo, G. Mercadante, F. Stanco, D. Tanasi *3D Modeling in the Archaeology of Minoan Crete: the Architecture of Ayia Triada (Crete) 1827-1915,* Vol. 3 (2009)

RESİM 21: <http://artdaily.com/news/31452/Mexico-s-National-Institute-of-Anthropology-and-History-Publishes-3D-Models-of-Teotihuacan#.UuVSmRBajIU> (15.01.2014).

RESİM 22-23-24-25: Alav Orhan, Altıngövdü, İ.Sengör, Kaplan Abdullah (2007) “Sanal Müzelerde Panoramik ve 3 Boyutlu Görüntü Teknikleri ve İçerik Sorgulama: Isparta Müzesi Örneği”, [DPT-YUUP]