

**T.C.  
Mersin Üniversitesi  
Sosyal Bilimler Enstitüsü  
Heykel Ana Sanat Dalı**

**DİJİTAL ORTAMDA HEYKEL TASARIMI VE UYGULAMALAR**

**Nevzat Kürşat İNAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mersin, 2010**



**T.C.  
Mersin Üniversitesi  
Sosyal Bilimler Enstitüsü  
Heykel Ana Sanat Dalı**

**DİJİTAL ORTAMDA HEYKEL TASARIMI VE UYGULAMALAR**

**Nevzat Kürşat İNAN**

**Danışman  
Yrd. Doç. Can KÜÇÜKTEPEPINAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mersin, 2010**

**Tez Onay Sayfası**

Mersin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

N.Kürşat İNAN tarafından hazırlanan DİJİTAL ORTAMDA HEYKEL TASARIMI VE UYGULAMALAR başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından Heykel Ana Sanat Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başarılı

Başarısız



Başkan

Yrd.Doç.Can KÜÇÜKTEPEPINAR  
(Danışman)



Üye

Prof.E.Berika İPEKBAYRAK



Üye

Doç.Rahmi ATALAY

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim elemanlarına ait olduklarını onaylıyorum.

... / ... / ....



## ÖNSÖZ

“Dijital ortam geleneksel heykel çalışmasına katkıda bulunabilir” savından yola çıkarak hazırladığım bu çalışmada tasarımın ve modellemenin dijital ortamda yapılabilmesi, dijital ortamın heykeltıraş için çağdaş bir stüdyo haline dönüşebilmesinin koşullarını araştırdım. Heykelde sanal ortam aracılığıyla modelajın ve sağlayacağı faydaların denemelerini yaptım. Çalışmamın bu alanla ilgilenenlere destek sağlayacağını umut ediyorum.

Sanal heykel ve animasyon çalışmaları yapan birçok sanatçıya karşılık bu çalışmalarını sanal ortamdan fizik ortama aktaran heykeltıraş sayısı parmakla sayılacak kadar azdır. Ülkemizde bilgisayar ve 3B çizim yazılımlarıyla ilgilenen gözardı edilemeyecek sayıda genç insanımız internet ortamında tasarımlarını sergilemektedir. Bu genç nüfusun sanat ve özelinde heykel birikimi ve deneyimi ile birlikte dijital ortamın avantajlarını da kullanmaları izleyen yıllarda ülkemizin heykel alanında çağı yakalamasına olanak sağlayabilir.

Araştırmalarım sırasında heykel sanatına ve kavramlarına yönelik destekleri ve sabrıyla beni yalnız bırakmayan danışmanım ve değerli hocam Yrd. Doç. Can Küçüktepepınar’a, heykel alanında çalışmalar yapmam için beni yönlendiren ve sağladığı manevi destekle yol yürümemi sağlayan değerli hocam Prof. E. Berika İpekbayrak’a ne kadar şükran duysam azdır.

Son olarak, çalışmalarım sırasında kendileriyle zaman geçiremediğim biricik oğlum Ekin ve sevgili eşim Sibel’e sabırları ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

## ÖZET

“Dijital ortam heykeltıraş için gerçek bir atölye olabilir” savından yola çıkarak hazırlanan çalışmada bu atölye için gerekenler, işlevleri, temel kavramlar ve ilgili teknoloji tanıtılmaktadır.

Dijital ortamda heykel tasarımı, modelleme ve fizik malzemeye uygulama heykel sanatının köklü geçmişine rağmen halen yeni bir olgudur. Dijital ortamın ve bilgisayar destekli teknolojilerin sağladığı olanaklar sayesinde otomotiv endüstrisinde başarılı uygulamalar gerçekleştirilse de dijital ortamın heykel sanatına sunacağı kazançların sınanabilmesi heykeltıraşların alana ilgisiyle mümkündür.

Heykelin sanat eseri ve görsel kültür ögesi olarak kimliği, dijital ortamlarla ilişkilendirilebilirliği, dijital ortamın yarattığı simülasyon ve kopyalama süreçlerinin heykel kavramına ve plastiğine etkisi gibi bir kuramsal bağlamın irdelenmesi yanında bilgisayar destekli tasarım ve modelleme ortamının sağladığı olanaklar, bu yolla gerçekleştirilmiş heykellere çalışmalarıyla örnek olan sanatçılar; tasarım ve modelleme süreçlerinin bilgisayar ortamının desteği ile gerçekleştirilmesi üzerine stratejiler ile fizik nesneye yönelik modelleme ve üretimlerimiz çalışmamızın özünü oluşturmaktadır.

### **Anahtar Kelimeler:**

Dijital, Heykel, Modelleme, Simülasyon, CAD, CAM

## ABSTRACT

### **Sculptural Design and Modeling in Digital Environment and Applications**

This study aims to introduce the principal concepts, functions, needs and related technology for the studio by starting from the claim that “the digital medium is able to be a real workshop for a sculptor”.

Besides the art of sculpture has deep roots in history, sculptural design, modeling and materializing in computer environment still is a new fact. Thanks to the capability of digital medium and computer aided technologies, successive applications are practiced in the automotive industry. But, no one can claim that the test of the remedies of digital medium to the sculpture environment is possible without the focus of the sculptors.

In addition to the analysis of the theoretical context such as the identity of sculpture as an object of visual culture and art, its possible interaction with digital medium, the impact of the simulation and reproduction processes derived from the digital medium to the concept and aesthetics of sculpture; the essence of our study is based upon the advantages of the computer aided design and manufacturing, the sculptures created through this medium, the pioneer artists involved in digital experience, the design and modeling strategies within the computer environment and materializing process.

#### **Key Words:**

Digital, Sculpture, Modeling, Simulation, CAD, CAM

	iv
<b>ÖNSÖZ</b>	i
<b>ÖZET</b>	ii
<b>İÇİNDEKİLER</b>	iv
<b>KISALTMALAR LİSTESİ</b>	vi
<b>RESİM VE TABLO LİSTESİ</b>	viii
<b>GİRİŞ</b>	1
<b>I. BİR TASARIM VE ÜRETİM NESNESİ OLARAK HEYKEL</b>	6
<b>II. SANAL HEYKEL VE ÜRETİLEBİLİRLİK</b>	14
II.1. Sanal Sunumlar: Üretilemez Üçboyutluluk	15
II.2. Dijital Temsiliyet: Üretilabilir Üçboyutluluk	18
II.3. Sanatta Kopyalama	18
<b>III. YENİ BİR HEYKELTİRAŞ ATÖLYESİ: DİJİTAL ORTAM</b>	24
III.1. Bilgisayar Destekli Tasarım Ortamları ve Getirileri	32
III.1.1. Mekanik Modelleme	42
III.1.2. Organik Modelleme	45
III.1.3. Melez Çalışma Olanakları	49
III.2. Bilgisayar Destekli Üretim Ortamları ve Getirileri	52
III.2.1. Sanal Modelden Çıkarımsal Üretim	53
III.2.2. Sanal Modelden Eklemeli Üretim	57
III.2.3. Sanal Modelden Parçalı Üretim	63
III.2.4. Tersine Üretim	64
<b>IV. UYGULAMALAR</b>	67
IV.1. Yurtdışından Örnekler	67



	v
IV.2.Yurtiçinden Örnekler	84
IV.3 Çalışmalarımđan Örnekler	85
<b>SONUÇ</b>	91
<b>KAYNAKÇA</b>	93

**KISALTMALAR LİSTESİ**

2B	: İki Boyutlu
3B	: Üç Boyutlu
3CT	: 3D Catalogue Technology (3B kataloglama Teknolojisi)
3D	: Three Dimensional (Üç Boyutlu)
3DP	: Three Dimensional Printing
API	: Application Programming Interface (Yazılım Programlama Arayüzü)
BSD	: Berkeley Software Distribution
CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CAM	: Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli Üretim)
CG	: C for Graphics
CNC	: Computer Numeric Control (Bilgisayar Numerik Denetim)
CTI	: Computer Tomography Imaging (Bilgisayarla Tomograf Görüntüleme)
DSP	: Digital Signal Processor ( Sayısal Sinyal İşlemcisi)
FDM	: Fused Deposition Modeling ( Kaynaştırılmış Yığma Modelleme)
GPL	: General Public Licence ( Kamuya açık Genel Lisans)
HSS	: High Speed Steel (Yüksek Hız Çeliği)
LOM	: Laminated Object Manufacturing (Katmanlı Nesne Üretimi)
MRI	: Magnetic Resonance Imaging (Manyetik Rezonans Görüntüleme)
NURBS	: Non Uniform Rational B-Splines
RP	: Rapid Prototyping (Hızlı Modelleme)
SL	: Stereolithography
SLS	: Selective Laser Sintering (Seçmeli Lazer Sinterleme)

- STL : 3D Systems firması tarafından kurgulanan Stereolithography CAD yazılımının dosya formatıdır. Bir endüstri standardı olmuştur.
- TIG : Tungsten Inert Gas welding (Tungsten ve asal gaz ile yapılan elektrik ark kaynağı)

**RESİM VE TABLO LİSTESİ**

<b>Resim No</b>	<b>Sayfa No</b>
<b>Resim 1</b>	4
<b>Resim 2</b>	4
<b>Resim 3</b>	4
<b>Resim 4</b>	15
<b>Resim 5</b>	16
<b>Resim 6</b>	16
<b>Resim 7</b>	16
<b>Resim 8</b>	17
<b>Resim 9</b>	17
<b>Resim 10</b>	18
<b>Resim 11</b>	28
<b>Resim 12</b>	49
<b>Resim 13</b>	51
<b>Resim 14</b>	53
<b>Resim 15</b>	54
<b>Resim 16</b>	55
<b>Resim 17</b>	56
<b>Resim 18</b>	56
<b>Resim 19</b>	57
<b>Resim 20</b>	58
<b>Resim 21</b>	59
<b>Resim 22</b>	59

<b>Resim 23</b>	59
<b>Resim 24</b>	65
<b>Resim 25</b>	66
<b>Resim 26</b>	66
<b>Resim 27</b>	66
<b>Resim 28</b>	66
<b>Resim 29</b>	67
<b>Resim 30</b>	67
<b>Resim 31</b>	68
<b>Resim 32</b>	69
<b>Resim 33</b>	70
<b>Resim 34</b>	70
<b>Resim 35</b>	71
<b>Resim 36</b>	71
<b>Resim 37</b>	71
<b>Resim 38</b>	72
<b>Resim 39</b>	72
<b>Resim 40</b>	72
<b>Resim 41</b>	72
<b>Resim 42</b>	73
<b>Resim 43</b>	73
<b>Resim 44</b>	73
<b>Resim 45</b>	74
<b>Resim 46</b>	74

<b>Resim 47</b>	74
<b>Resim 48</b>	74
<b>Resim 49</b>	75
<b>Resim 50</b>	75
<b>Resim 51</b>	75
<b>Resim 52</b>	76
<b>Resim 53</b>	76
<b>Resim 54</b>	76
<b>Resim 55</b>	76
<b>Resim 56</b>	77
<b>Resim 57</b>	78
<b>Resim 58</b>	78
<b>Resim 59</b>	78
<b>Resim 60</b>	78
<b>Resim 61</b>	79
<b>Resim 62</b>	79
<b>Resim 63</b>	79
<b>Resim 64</b>	80
<b>Resim 65</b>	80
<b>Resim 66</b>	81
<b>Resim 67</b>	81
<b>Resim 68</b>	82
<b>Resim 69</b>	82
<b>Resim 70</b>	82

<b>Resim 71</b>	83
<b>Resim 72</b>	83
<b>Resim 73</b>	84
<b>Resim 74</b>	85
<b>Resim 75</b>	85
<b>Resim 76</b>	85
<b>Resim 77</b>	86
<b>Resim 78</b>	86
<b>Resim 79</b>	86
<b>Resim 80</b>	86
<b>Resim 81</b>	87
<b>Resim 82</b>	87
<b>Resim 83</b>	88
<b>Resim 84</b>	88
<b>Resim 85</b>	88
<b>Resim 86</b>	89
<b>Resim 87</b>	89
<b>Resim 88</b>	89
<b>Resim 89</b>	90
<b>Resim 90</b>	90
<b>Tablo 1</b>	60

## GİRİŞ

Bilgisayar destekli ortamın heykel sanatında tasarım ve uygulama süreçlerine katkısını araştırmayı, heykelde tasarım ve modellemeye yönelik strateji ve yöntemlerle oluşturulacak bireysel çalışma örnekleri ile açılımlayıcı ve destekleyici olmayı amaçlayan çalışmamızda güncel bilgisayar destekli tasarım ve uygulama ortamlarının heykel alanında tasarım ve modelleme süreçlerine olası katkılarına yoğunlaştık. Modellenen tasarımların sanal ortam ürünüyle yetinmeden, bilgisayar destekli üretim ortamlarında uygulanarak fizik dünyaya getirilmesi yollarını irdelemek üzere sanal ortamda oluşturulan tasarımların üretilebilirliği ve getirilerinin saptanması odağımız olmuştur.

Bilgisayar destekli ortamın heykel alanında kullanılmasına olanak sağlayan yazılımların incelenmesi, örnek yazılım paketleri aracılığıyla tasarım oluşturma ve modelleme olanaklarının irdelenmesi, heykel sanatı bakımından olası kazanım ve kayıpların saptanması yanında modelleme ve malzeme üzerinde gerçekleştirme ortamlarının getirilerini ve üretim stratejilerini tasvir eden bir derleme gerçekleştirdik. Örnekler ve tasvirler kendi çalışmalarımızın tasarım ve üretim aşamalarından alınmıştır.

Çalışmamızda nesnelerin grafik görüntüleri üzerine yerleştirilmiş bir heykel algısı amaçlanmamaktadır. Nesnelerin grafik görüntüleri dijital olarak tanımlanmış nesnelerin bilgisayar monitöründeki iki boyutlu temsiliyeti üzerine kuruludur. Heykelin resmi, fotoğrafı, hologramı gibi kavramlar heykelin nesnesinin temsiliyeti kapısını açmaktadır. Oysa biz dijital ortamın getirileri aracılığıyla heykelin fiziki nesnesine ulaşmayı amaçlamaktayız. Dijital ortamın fiziki nesneye ulaşmada gerek geometrinin belirlenmesi, gerek modellemenin daha sağlıklı gerçekleştirilmesi ve modelleme sonucunun hedef nesneye dönüştürülmesinde bir araç olarak katkıları çalışmamızın



temelini oluşturduğundan Sanal Heykel<sup>1</sup> ya da Suni Heykel<sup>2</sup> gibi alanları çalışmamızın kapsamı dışında bıraktık. Elbet fiziki nesneye giden yolda benzetimler (simülasyon) aracılığıyla doku renk ve yerleştirme gibi problemleri çözebilmek bakımından grafik arabirim aracılığıyla olgunlaştırılan bir çalışma yapmamak dijital ortamın hakkını vermemek olacaktır. Ancak hedeflenen bu tür görselleştirmeler değildir. Bu tür illüstrasyonlar hedefe giden yolda araçlar olarak kullanılmaktadır. Sonuçta kullanılacak grafik görselleştirmeler (render) sadece işin olgunlaşmasını, akışını ve alternatiflerini denetlemek amacını taşımaktadır. Bu tür yan ürünleri sanal bir sergi ortamına koymak amacı taşımamaktayız.

Çalışmamızda bir sanat disiplini olarak heykel ve kavramsal kapsamına salt modelleme ve teknik olanaklar bakımından yaklaşmayı hedeflemiş olsak da heykel kavramı salt estetik bir nesneden öteye geçtiği için zorunlu olarak heykelin biçime yönelik diğer disiplinlerle ilişkisi ve farkını da belirlemek gereği duyduk.

Güzelin keşfinde salt sanat disiplinlerinin sorumluluğu diye bir sınırlılık yoktur. Gökyüzü olaylarını izleyen Astronomi disiplini Hubble uzay teleskobu sayesinde galaksi ve nebulalardan içinde bulunduğumuz yüzyılın ikonografyasına şekil veren ve yeni mistik ilhamlara kaynaklık yapan görüntüler sunmaktadır. Tıbbi ve biyomoleküler görseller; organizmalar ve bölümleri üzerine şaşırtıcı perspektifler yaratmaktadır. Matematik disiplininin oldukça formal alanlarından hayret uyandıracak güzellikte görsel anlatımlar çıkarılmaktadır. Doksanlı yılların başında fraktal sanatın yarattığı heyecan, yine doksanların ortalarına doğru algoritma sanatının hızla popülerleşerek yükselişi özünde

---

<sup>1</sup> Virtual Sculpture

<sup>2</sup> Artificial Sculpture

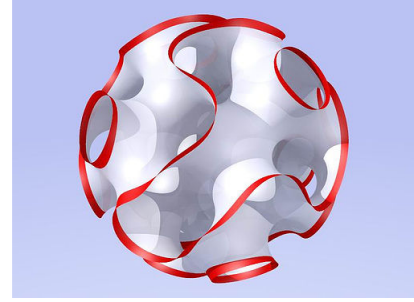
güçlü bilgisayar donanımlarının yüksek karmaşıklık düzeyindeki görüntüleri hesaplayabilmesinin ürünüdür.

Sanatsal uğraş alanlarına baktığımızda kökeni matematiksel alanda birçok mükemmelliğe dayanan, görselleştirilmiş denklemlerden türetilen sanatsal akımlar en iyi halleriyle bile sadece deneyseldir. Özünde bu akımlardan etkilenmemizin nedeni esin kaynağını bu tür görsel verilerden seçen ve kökleri ender olarak matematik soyutlamalarında yatan görsel bir söylemi yaratan sanatçının yeteneğinde gizlidir. M. C. Escher bu tür sanatçılara en iyi örnektir. Escher matematiksel çemberler aracılığıyla ürettiği çizimlere olan tutkulu ilgisine rağmen bir matematikçi değildi ve matematikle derinden ilgilenmesi gerekmemiştir.

Bilgisayar ortamı ikili sisteme tercüme edilerek nesneleştirilmiş bir matematik evren ve bu evren içindeki ilişkilerin dijital modellerinden başka bir şey değildir. Bilgisayarın nesnesi ve işlevini belirleyen hesaplama (computation) ve programlama sistemleri, yarıiletken öbekleri arasındaki mantıksal işlemler, elektriğin akış ve kesiliş koşulları, monitöre yansıyan tarama çizgilerinin saniyedeki sayısından hangi piksel koordinatlarının enerjili hangilerinin enerjisiz olacağı tümüyle matematik üzerine kurulu bir evren oluşturmaktadır. Dijital ortamda heykel sanatıyla uğraşmak için öncelikle bir matematikçi ya da mühendis olmak gerektiği düşünülse de yazılımları kullananlar açısından bu hiç de böyle değildir.

Matematiksel Sanat ve Algoritmik Sanat aynı ortak kaynağı kullanır (Pohlmann, 2007). Bu kaynak karmaşık görsel paternler ve matematiksel yapıların tadı içine örülmüş estetik haz arayışı ve sonuçta da ulaşılanın duygunun bıraktığı tat olmaktadır. Matematiğin bir ontolojisi olmadığından bahsedilmektedir ki “bir şey üzerine” olmayışı bunun delilidir. Matematiksel ve algoritmik sanat minimal geometrik elemanların boyutuna, şekline ve boyutluluğuna bakmadan bu elemanların üzerinden gerçekleştirilen

matematiksel işlemleri estetik haz nesnelere dönüştürür. Kompütasyon sanatları yöntem ya da konu olarak temel bilimlerin ve mühendisliklerin yaptığının aksine matematik ile sınırlanmamışlardır. Protein şekilleri ve bir DNA helisi olduğu kadar genişleyen



**Resim 1**

galaksiler ya da çok boyutlu biçimlerin karmaşık düğümleri de estetik deneyimin bir parçası haline gelebilir (Drucker, 2001:5–6).

Dağlık bir alandaki bir vadiyi

güzel bulabiliriz ve aynı zamanda estetik

olarak değerli görebiliriz. Ancak, estetik

deneyimle sanatsal arzuyu berrak bir biçimde

birbirinden ayırmalıyız. Bir görüntü içinde her ikisi de tek bir algoritma ile tanımlanabilir.

Matematik ögenin deneyimin bir katmanı olduğunu ve

bilgisayar destekli tasarım (CAD) aracının da sadece bir

araç olarak

[img\_assist|nid=154|title=|desc=|link=none|align=left|width=150|height=150]

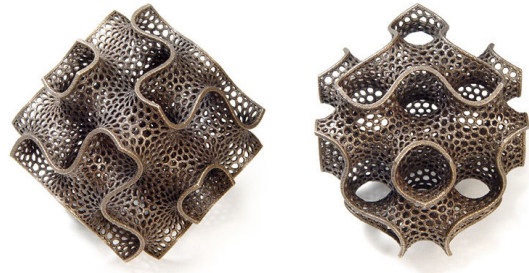
gibi bir karmaşık ifadeyi oluşturduğunu düşünelim

(Pohlmann, 2007). Bu ifade eşkenar dörtgen olarak

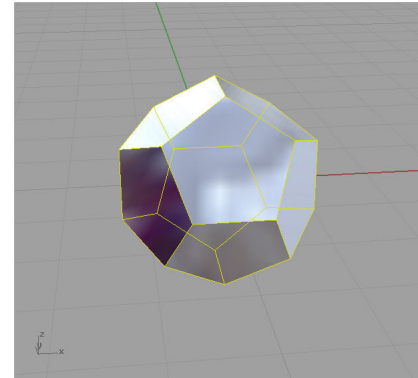
modellenen “Schwartz D” yüzeyi olarak adlandırılır (Resim 1 ve 2). Burada mutlak

matematik modelin ne olduğu önemli değildir. Önemli olan elimizdeki ifadeden yola

çıkarak ne yaptığımızdır. Elimizdeki bir dodekahedron<sup>3</sup> (Resim 3) matematik ifadesinin



**Resim 2**



**Resim 3**

<sup>3</sup> 12 yüzlü kapalı çoklu yüzey

görselleştirilmiş hali bir sanatsal süreç sonucu ortaya çıkmamıştır. Ancak, birileri bu ifadeden yola çıkarak 3B baskı makinaları ya da CNC tezgâhları aracılığıyla sert bir metal alaşımından ibaret bir nesneyi gerçekleştirebilir.

Soyut 3B nesnelere modelleyen dijital ortam heykeltıraşları çok benzer etkiler yakalayabilir. Nesnenin ilk taslağına ulaşmak için bu kişilerin mutlaka bilgisayar programcısı olmaları ya da matematik denklemleri çözmeleri gerekmemektedir. Ancak, araştırdıkları biçimin daha rafine çözümlerini üretmek amacıyla matematik denklemlerine başvurabilirler. Bu denklemlerin grafik değerlerini sergilemek amacıyla 3B paket programlarını kullanabilirler.

Sanat ve matematik arasındaki bağ şüphesiz ki çok önceden kurulmuştur. Her ne kadar bugünün sanatçıları Pitagoras'ın (Pisagor) yaşadığı dünyadan daha farklı bir dünyayı ve bu dünyanın çok farklı verilerini deneyimlemiş olsa da Pitagoras'ın insan ve doğadaki aritmetik oranlar üzerine fikirleri sanatsal keşfin mayasına katılmıştır. Ancak, evrenin temel harcında matematik ilişkiler bulunduğu fikri bilgisayar sanatının doğuş döneminde de göz ardı edilmeden kendini sanatsal deneyimin hizmetine sunmuştur.

3B grafik algoritmaları bu ortamda kullanılan karmaşık analizler ve topolojilerden tümüyle ayrılmalıdır. Aygıt sürücüleri ve 3B yazılım paketleri sanatçı monitördeki görüntüyü işlemeye başladığında odak noktası olmaktan çıkar. Yazılımların ya da grafik becerilerin hangi algoritma ve çözümler üzerine olduğu önemli değildir. 3B yazılımlar sanatçı tarafından hükmedilen ve sanal ortamı biçimlendiren sanatsal dokunuşların hedefi haline gelir. Bu durum çeşitli donanım aracılığıyla monitörün bir turnet gibi davrandığı sanal bir tezgâhta sunulan 2B ya da 3B görüntünün bilgisayarda ortaya çıkarılışdır. Şu an üzerinde çalışmakta olduğumuz kelime işlem yazılımını kullanmayı bilmek, yardımcı özelliklerinden haberdar olmak ve birazdan yapacağımız gibi verilerimizi güvenli olarak kaydetmek yoluyla saklamak dışında bu yazılım, bu yazılımı

oluşturan algoritmalar ve donanım temelleri üzerine bilmediklerimiz yazımızdan bir şey eksiltmeyeceği gibi bildiklerimiz de yazımızın özüne önemli bir katkı sağlamayacaktır.

Bilgisayar ortamında nesneye yönelik tasarlama ve uygulama otomotiv endüstrisinden kuyumculuk sektörüne çok geniş bir deneyim yelpazesi içinde yer bulmuş ve yeni deneyim dağarcıkları oluşturmuştur. Görsel kültürün ve teknolojinin hemen her alanında yaygınlaşan bilgisayar kullanımı, tasarım ve modellemede bilgisayarın ve çevrebirimlerinin sağladığı üstün olanaklar kaçınılmaz olarak sanat alanında da bu ortamın getirilerinin denenmesi yolunu açmıştır. Modelleme sürecinin yeni ortamı haline gelen bilgisayar destekli tasarım ve uygulama olanakları heykeli oluşturacak formların tasarımı ve modellemesinden bitmiş ürünün fiziki özelliklerinin önceden hesaplanmasına kadar avantajlı bir tasarım ve üretim mekânı sağlar.

## **I. BİR TASARIM VE ÜRETİM NESNESİ OLARAK HEYKEL**

Heykel kabaca estetik hedefler gözetilerek sert ve plastik özellikte malzemenin yontu ya da modelleme yoluyla 3B nesnelere dönüştürülmesi sanatı olarak ifade edilmektedir.

Tasarım kil, mum, taş, mermer, metal, kumaş, ahşap, alçı, lastik, plastikler ve bulunmuş/atık nesnelere kullanılarak bağımsız nesnelere, rölyefler ya da çevre düzenlemesi tarzında gerçekleştirilebilir. Malzeme yontularak, modellenerek, kalıplanarak, dökülerek, dövülerek, kaynaştırılarak, dikilerek, birbirine bitleştirilerek işlenebilir. Değişik heykel türleri tarih boyunca neredeyse tüm kültürlerde gözlenmiştir. 20. yüzyıla kadar heykel temsiliyet bağlamında kabul görmüştür ancak bu yüzyılın başlarından itibaren temsiliyet amacı olmayan çalışmalar da artan oranda üretilmeye başlanmıştır. Günümüz heykeltıraşları amaçlarına hizmet edebilecek her tür malzeme ve üretim tekniğini

kullanarak heykel bağlamı içinde işler üretmektedir. Artık heykel sanatı herhangi bir özel malzeme ve teknikle özdeşleştirilmemektedir.

Heykel sınırları belirlenmiş nesnelere ve etkinlikler kategorisini imleyecek sabit bir tanım değildir. Aksine, gelişen, değişen, etkinlik alanını genişleten ve yeni nesne türleriyle ilgilenen bir sanat dalının adıdır. Terimin ufku önceki on yıllarda olduğundan daha genişlemiş olup görsel sanatların akışkanlığı içinde kimsenin gelecekteki biçimi ve kapsamını öngöremeyeceği bir kimliktir.

Geçmiş yüzyıllarda olmazsa olmaz kabul edilen belli başlı özellikler günümüz heykel sanatında görülmemekte ve tanımı içinde de yer almamaktadır. Bunlardan en önemlisi “temsiliyet” özelliğidir. 20. yy öncesinde heykel çoklukla insan figürleri ve cansız dünyanın nesnelere gibi hayata ait formları taklit eden bir temsiliyet özelliği taşırdı. Ancak, 20. yy ile birlikte hayata ait olmayan formlar da heykelin ilgi alanına girmiş bulundu. Uzun bir zaman diliminden bu yana mobilyalar, kullanım eşyaları ve binalar gibi temsiliyet amacı gütmeyen nesnelere de yorum kapsamına girdi. Bu durum ancak 20. yy ile birlikte karşılaştığımız işlevsel olmayan, temsiliyet amacı taşımayan üç boyutlu sanat nesnelere ürettiği bir dönemdir.

20. yy öncesi heykeli öncelikle katı formların ya da kütlelerin sanatı olarak kabul görmekteydi. Geçmişin heykeline ait katı formlarda girinti ve boşluk gibi negatif öğelerin bulunduğu gerçeğine karşılık üstlendikleri rol ikincil özellikteydi ve nihayetinde karşılaştığımız tümleşik yapıları. Modern heykellerin büyük çoğunluğunda ilgi odağı kayarak uzamsal temeller baskınlaşmıştır. Uzamsal heykel artık heykel sanatının bir dalı halindedir.

Bazı örnekleri gözardı edersek, geçmişin heykellerinde kabul gören düşünce formunun bileşenlerinin sabit bir şekle, ölçüye ve hareketsizliğe sahip olduklarıdır. Yakın zamanlardaki gelişmeler ve denemelerin sonucunda formun değişmezliği ve hareketsizliği

heykel sanatında bir gereklilik olmaktan çıkarak kinetik heykel kavramının oluşmasına neden olmuştur.

Sonuç olarak, içinde olduğumuz yüzyılda heykel yontu ve modelleme gibi iki geleneksel biçimlendirme sürecinin, metal, ahşap, fildişi, kemik, taş ve kil gibi geleneksel doğal malzemenin boyunduruğunda kalmamıştır. Günümüz heykeltıraşlarının her tür malzemeyi ve bu malzemeleri işleme yöntemlerini geliştirecek teknolojileri kullanır olması sonucu heykel sanatı herhangi bir özel malzeme ve tekniğe indirgenmemektedir.

Heykel sanatındaki tüm bu değişim ve dönüşümlere karşılık tek bir olgu değişmeden kalarak heykeltıraşların ilgi ve haz odağı olmayı sürdürmüştür. Heykel sanatı görsel sanatların özellikle form oluşturmaya yoğunlaştığı daldır.

Heykel çevresinde dolaşabileceğimiz bir form da olabilir bir rölyef halinde de. Çevresinde dolaşabileceğimiz bir heykel kendi ayrıklığını yaratmış, mekânda insan bedeni ya da bir sandalye gibi bağımsız bir varoluşu vurgulayan bir nesnedir. Bir rölyefin bu tür bir bağımsızlığı yoktur. Rölyef bir şeyin yapısının bir parçasını oluşturan, içinden fark edildiği bir bütünün zemini ya da örgüsünü tamamlayan öge halinde gözlenir.

Heykelin aktüel üç boyutluluk karakteri resim sanatına kıyasla belli temellerde gözlenmesini de sınırlamaktadır. Heykel katıksız optik ortam yardımıyla uzamsal illüzyonunu canlandıramaz. Heykel resimde olduğu gibi biçimlerini atmosfer ve ışık aracılığıyla dökümlendiremez. Resim ve fotoğraf gibi sanatlarca kabul edilemez bir canlı ve fiziksel varlık duygusu yaratarak özel bir gerçeklik deneyimi yaşatır. Heykelin nesnelere görünür olduğu kadar hissedilir de. Gerek dokunma gerek görme yoluyla deneyimlenir. Görme yeteneği zayıf olan ve hatta doğuştan kör olanlar bile heykel alanında eser verebilir. Heykel dokunmanın sanatıdır ve heykelle yönelik duyarlılığın kökleri kişinin şeyleri kavramaktan aldığı hazzı kadar uzanır.

Tüm 3B biçimler katıksız geometrik özelliklerinin yanında kendini ifade eder bir tutuma sahip olarak algılanırlar. İzleyici görmüş olduğu bir biçimden saldırganlık, kırılganlık, sakinlik, atılganlık, kabul gibi duyumsamaları yaşantılaştırabilir. Biçimin ifade yeteneğini geliştirerek, heykeltıraş hedeflediği duyumsamayı; arzuladığı izlenimi sunacak pekiştirmeyi kurabilir. Bu tarz pekiştirmeler niyetlenen sunumun ötesinde çok derin köklü ve güçlü duyumların oluşmasını sağlayabilir.

Heykelin estetik hammaddesi anlatım gücüne sahip üç boyutlu biçimin hâkimiyetidir. Tüm insanlar doğumlarından ölümlerine bir biçimler evreni ile iç içe bulunurlar. Biçimlerin yapısal ve duyumsal özelliklerinden bir şeyler öğrenirler. Biçimlere karşı duygusal tepkiler oluştururlar. Biçime yönelik duyum olarak adlandırabileceğimiz bu algılayış ve duyarlı tepki eğitimle geliştirilebilir ve rafine bir hale getirilebilir. Heykel sanatının da öncelikle hedeflediği bu tür bir biçim duyarlılığıdır.

Heykel tasarımının öğeleri ve ilkeleri üzerine bir ayırım ancak akılda yapılabilir olsa da heykelin en önemli öğeleri kütle ve mekândır. Heykel kütlesi olan bir malzeme ile yapılır ve üç boyutlu uzay içinde varolur. Heykelin maddesel, mekân kaplayan katı kütlesi temas ettiğimiz yüzeyler tarafından kuşatılmıştır. Mekân (ya da boşluk/doluluk) heykelin tasarımına üç yoldan katılmaktadır: Heykelin materyal bileşenleri boşluğa doğru yayılabilir, uzayabilir; bu bileşenler boşluğu kavramak ya da avuçlamak yoluyla girintiler ve boşluklara sahip olabilir, birbirleriyle boşluk aracılığıyla bağlantı kurabilir. Tüm bunları pozitif ve negatif mekân ilişkisi olarak betimlemek de mümkündür. Hacim, yüzey, ışık ve gölge, renk gibi bileşenler heykelin destekleyici öğeleridir.

Heykel tasarımında kütle ya da mekândan hangisinin daha önemle vurgulanması gerektiği çok farklılıklar gösterir. Constantin Brancusi heykellerinde ya da eski Mısır heykelinde kütle büyük önem taşır. Çoğu heykeltıraşın tek düşüncesi katı materyal yığını biçimlendirmek olmuştur. Antonio Pevsner ya da Naum Gabo gibi 20. yy



heykeltıraşlarının işlerinde şeffaf plastik levhalar ya da ince metal çubuklar kullanılarak kütle en aza indirilmiştir. Bileşenlerin kütle etkisinin burada hiç önemi kalmamıştır. Bu bileşenlerin ana işlevi boşluğu sınırlamak, biçimlendirmek ve devindirmektir. Henry Moore ve Barbara Hepworth gibi heykeltıraşların çalışmalarında da kütle ve boşluk aşağı yukarı eşit paylarda ortaklık oluşturmaktadır (Ceyson ve diğ., 1999:10-37).

Üç boyutlu biçimin tümünü bir bakışta algılamak mümkün değildir. İzleyici üç boyutlu nesneye tüm açılardan bakabilmelidir. Oysa resim sanatında eserin izlenebileceği tek bir olasılık vardır.

Heykeli muhtelif açılardan tasarlanmış bir resimler bütünü olarak görmek hatasını yapanlar da bulunmaktadır. Heykele karşı böyle bir tutum katı formları hacim olarak yorumlama olanağını gözardı etmekten kaynaklanmaktadır. Heykel tasarımında hacmin görünür kılınması oldukça önemlidir. Çepeçevre gözlenebilecek katı formun temel birimi tek bir hacimdir. Bir kısım heykellerde sadece bir hacimle karşılaşırken diğerlerinde heykeli birden fazla hacmin konfigürasyonu olarak gözleriz. İnsan figürü heykeltıraş tarafından her biri baş, boyun, göğüs ve bacak gibi bedenin büyük bölümlerine tekabül eden hacimler konfigürasyonu olarak değerlendirilir.

Heykelde tüm tasarıma kıyasla tektonik oluşumlara denk öneme sahip katı formlar halinde şekillendirilmiş delik ve kaviteler kimi zaman negatif hacimler olarak da adlandırılır.

Heykelde yüz yüze geldiğimiz heykelin yüzeylerinden başka bir şey değildir. Bu yüzeyleri yorumlayarak heykelin içyapısı hakkında tahminlerde bulunuruz. Yüzey; kütlelerin içyapısına yönelik ipuçları içermek ve tanımlamak, kütlelerin çevre ile ilişki kurmasını sağlamak gibi iki temel özelliğe sahiptir.

Heykelde farklı yüzeylerin farklı anlamlar aktarabilme gücü çok önemli bir iletişim becerisi sağlamaktadır. Küresel (iki eksen de eğimli) yüzeyler doluluk,

kapsamlılık, iç güçlerin dışa yönelen baskısı olarak algılanır. Hint heykel estetiğinde bu tür yüzeylerin özel bir metafizik önemi vardır.

Boşluğun heykele müdahalesi olarak da yorumlanabilecek olan içbükey yüzeyler dış güçlerin etkisini, erozyon ve çöküş gibi duyguları yaratır. Düz yüzeyler malzeme sertliği ve sağlamlığı duygusunu taşır. Bükümsüz ve yığılmasız yüzeyler olarak bu tür düzlemler iç ve dış güçlerden etkilenmemeyi vurgular. Bir ekseninde içbükey diğer ekseninde dışbükey olan yüzeyler iç güçlerin baskınlığının yanında dış güçlerin etkisini de kabullenmeye hazır oluş duygusunu verir. Bu tür yüzeyler gelişme, uzaya açılma eylemlerini çağırır.

İşinde ışık etkileri yaratmakla uğraşan ressamın aksine heykeltıraş çalışmasında ışığın kendisini yönlendirmektedir. Heykeltıraş çalışmasının yerleştirileceği fizik alanla ilgili bilgi sahibi ise o çevrenin ışıklandırma özelliklerine göre heykelini düzenleyebilir. Işığın yönü ve şiddeti bu ışık dağılımını gölgeler ve yansımalar olarak gösterecek olan yüzeylerin düzenlenmesinde etken olacaktır. Doğaldır ki Mısır'daki günışığı koşulları ile kuzey ülkelerindeki günışığı koşulları birbirinde farklı parametrelere sahiptir. Birçok (geç dönem gotik) ön Rönesans heykeltıraşında gördüğümüz gibi aydınlık ve gölge değişkeni vurgulayıcı bir biçimde kullanıldığında güçlü bir anlatım oluşturmaktadır. Derin ve gölge çoğaltacak tarzda yontulmuş boşluklar ve keskin sırtlar bu tür etkiler için uygun yüzeysel özelliklerdir. Bu yolla heykel içinde bulunduğu çevrenin etkilerinden kurtularak bir ışık gölge birliği haline de getirilebilir.

Heykelde malzemenin kendi doğasından ya da sonradan eklenen bir renklendirme olanağı vardır. Malzeme doğasına yönelik ilginin yakın geçmişte artması ile “malzemeye sadık kalmak” sloganı altında heykelin malzemesinde renk ve dokunun da korunduğu ve malzemenin kendi özelliklerinin sergilendiği işler yapılmıştır. Son zamanlarda parlak suni renklerin kullanımı da yaygınlaşmıştır.

Sanat Tarihçisi Erwin Panofsky Romanesk ve Gotik heykellerin tasarımlarındaki ilkesel farklılıkları tanımlamaya çalışırken Romanesk formların kendilerinden dışarı doğru yönelen bir düzlem üzerinde projeksiyonlar olarak, Gotik olanların da kendi içlerindeki bir eksen üzerine merkezlenmiş olarak algılandığını bulgulamıştır. Panofsky'e göre klasik statülerin temeli Gotik heykelin yeniden keşfettiği "eksen ilkesi üzerine oturmaktadır (Ceyson ve diğ., 1999:38-51). Kısaca, heykelde evrensel bir ilkeler bütününden bahsetmenin ne kadar doğru olacağı şüphelidir. Tarzdan tarza farklılıklar ilkelerdeki farklı anlayışlar ve vurgularla oluşmuştur. Yine de temelde bir heykelin tasarımını yönlendiren ilkelerden bahsetmek mümkündür. Oryantasyon, oran, ölçek, artikülasyon ve denge bu ilkeler arasında sayılabilir.

Heykeli oluşturan formların birbirine ilişkisinin izleyiciye, çevreye göre yerleşimi (oryantasyon) uzamsal bir referans noktasını gerekli kılmaktadır. Bu referans düzlemleri ve eksenlerden oluşan bir düzenek ile sağlanır.

Eksen simetrik ya da simetriye yakın hacim ya da hacimler topluluğunun zorunlu kıldığı bir çekimsel kütle merkezinin üzerinden geçen hayali bir merkezi hattır. İnsan bedeninin tüm üyelerinin kendi eksenleri bulunmasına rağmen ayakta duran figürün boylu boyunca uzanan tek bir dikey ekseni vardır. Üyeler kendi eksenleri etrafında döner ve hareket ederler.

Referans düzlemleri hareketleri, pozisyonları ve hacimlerin, eksenlerin, yüzeylerin yönlerine göre anlaşılabilirdiği hayali düzlemlerdir. Temel referans düzlemleri yatay, frontal ve iki profil düzlemidir.

Karakteristik pozları ve uzamsal kompozisyonları eksenlere kıyasla yöneten ilkeler dört büyük düzlem üzerinden formüle edilebilir. Bunlar: Eksenlilik ilkesi, arkaik heykelin tasarımını belirleyen frontallik ilkesi, (Michelangelo'nun heykellerinde görülen bedenin alt ve üst kısımlarının aksi yönlere doğru büküldüğü) kontrapostür ilkesi ve

(ayakta duran klasik dönem Grek heykellerinin sıklıkla kullanılan dengeli, beden ağırlığının bir bacağa aktarılırken diğer tarafın üzerinde gerginlik ve gevşeme zıtlıkları yarattığı) Chiastic (S ilkesi) duruş ilkesi.

Doğrusal boyutlarda, alanlarda, hacim ve kütlelerde oransal ilişkiler bulunmaktadır. Heykel bu ilişkilerin mükemmel olarak ifade edilebileceği bir ortam yaratır. Bir yandan ideal oranlar arayışı sürerken diğer yandan Afrika heykellerinde gördüğümüz, yoruma bağlı olarak, beden parçalarının önemini vurgulayan, heykelin mesajına uygun doğal olmayan oransal abartılar da gözlenebilir.

Büyük ölçekli bir çalışmada izleyicinin görsel becerisindeki sınırlar nedeniyle kimi zaman heykelin alt kısımlarına oranla üst kısımlarının daha büyük modellendiği görülür. Bu yolla heykel bir bakımdan izleyicinin göz seviyesine indirilmiş olur.

Heykelin ölçeği heykeli çevreleyen yapıların ve oluşumların ölçeğine bağlı olarak düşünülmelidir. Dış mekân heykellerinin tasarımında izleyicinin algı psikolojisi de göz önüne alınmalıdır. Dış mekâna yerleştirilen bir heykel kapalı mekânda olduğundan daha az kütleli algılanacaktır.

Antik ve ortaçağ heykelinde kıyaslı ölçeklilik heykellerin temsil ettiği şahsiyetlerin önemine göre düzenlenmekteydi. Bir köle bir efendiye kıyasla daha küçük ölçülerde tasarlanırdı. Bu tür ölçeklendirmeye aksonometrik izdüşüm ve perspektif bilgisi yoksunluğu sonucu üretilmiş bir “hiyerarşik ölçek” denebilir.

Tek parça heykelde dengenin üç temeli vardır. Heykelin kendi aktüel fiziksel durağanlığı ilk temeldir. Bu doğal denge ile sağlanır. İkinci temel kompozisyonun dengesidir. Bir kompozisyondaki ağırlığın dağılımı ya da güçlerin etkileşimi dinamik ya da durağan bir denge duygusu oluşturur. Üçüncü temel yaşayan bir figürü temsil eden heykellerde gözlenebilir. Bu tür bir dengede gerginlikler ve gevşemelerin birbirini karşılıyor olması gerekir.

Rölyef heykellerin bazı formları resim sanatına oldukça yaklaşıır. Heykelle seramik ya da metal işleme sanatları arasındaki ayırım net değildir. Birçok çömlek ya da metal sanatı ürününe baktığımızda onları heykel bağlamında değerlendirebileceğimiz perspektifler bulunmaktadır. Günümüzde endüstriyel tasarımcıların ve heykeltıraşların işlerinde artan bir benzerlik gözlenmektedir. Heykel modelleme teknikleri ve heykeltıraşların kendileri yeni otomobil tasarımlarının başlangıç aşamalarında görev almaktadır. Heykel disiplini kadim bir bilgi ve deneyim dağarcığı olarak, biçime yönelik çağdaş uygulamalara yol göstericiliğini sürdürmektedir.

## II. SANAL HEYKEL VE ÜRETİLEBİLİRLİK

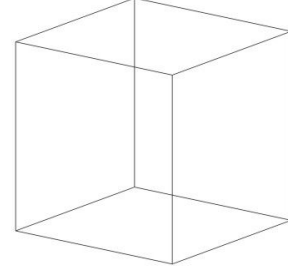
Dijital ortamın sağladığı olanaklar görselleştirme ve modelleme olanakları ile “var olması olanaklı” ile “var olması olanaksız” tek bir ortamda aynı bağlamı paylaşır biçimde gözlenebilir. Sanal ortamın nesnelere olanaksız nesnelere de olabilir. Olanaksız nesne bir tür optik göz yanılsamasının ürünüdür. Aktüel olarak var olması olanaksız bir geometrinin iki boyutlu benzetimi halinde, olabilmemişçesine görsel sistemde<sup>4</sup> algılanması anlık bir yanılsama halidir. Bu tür nesnelere ancak belirli bir perspektif içinde var olarak algılanabilirse de yarattıkları geometrik akıldışılık<sup>5</sup> izleyici tarafından hemen algılanır. Yine de kısa bir süre için olsa da bu nesnelere var olabilmıştır. Dahası, geometrisi incelenmediği ve olanaksızlığı bilinçli olarak saptanmadığı için var olabileceğinden şüphe edilmeden taslak olarak varlığını sürdüren birçok nesne de olanaksızlıklarını kolaylıkla sergilemez. Olanaksız nesnelere psikologların, sanatçıların ve matematikçilerin ilgi odağı olmuştur. Çalışmamız açısından önemli olan sanal ortamın ve dijital süreçlerin gerçekçi

---

<sup>4</sup> Göz ve beyindeki görme merkezinin oluşturduğu fizyolojik sistem.

<sup>5</sup> İrrasyonellik

modellemeye ve üretime katkılarıdır. Dijital ortamın bir araç olarak heykelde tasarım, modelleme ve üretim süreçlerine etkileri üzerine odaklandığımız için sanal ortamda var olabilir ancak fizik ortamda varlığı olanaksız nesnelere ve bunlarla ilgili çalışmalarını kapsam dışı bırakmıştık.



**Resim 4**

Ancak, Üretilemez üç boyutluluk üretilebilir olanın bilgisini de içermektedir.

Üretilen olan; yüzey ise kalınlığı, kütle ise su sızdırmaz yapısı ile nesneye tercüme edilebilecek verilerden oluşmak zorundadır. Dijital modelleme perspektifinden; üretilebilir olanın yapısını daha iyi algılayabilmek için üretilemez olanı anlamak zorunluluğumuz bulunmaktadır.

### **II.1. Sanal Sunumlar: Üretilemez Üçboyutluluk**

Sanal ortamın üretilebilirlik savı yoktur. Sanal ortamda üretilmiş bir “sanal nesne” kesinlikle üretilmiştir. Ancak, bazı geometriler ve yapılar nesnel yaşamın olgularına dönüştürülemez. Bu tür olanaksız nesnelere en güzel örneklerden biri Necker küpüdür (Resim 4).

Necker küpü optik bir yanılsamanın ürünüdür. İlk kez İsviçreli kristal uzmanı Luis Albert Necker<sup>6</sup> tarafından yayımlanmıştır. Bu küp algılama belirsizliği yaratan bir çizimdir. Küpün hangi yüzünün ön hangi kenarlarının arkada olduğunu anlamak oldukça zordur ve yer değiştirirler. Buna çift kararlı algılama denmektedir.

---

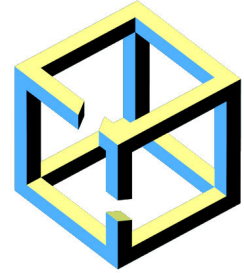
<sup>6</sup> Louis Albert Necker, (1786–1861), İsviçreli kristal bilimci. Necker küpü olarak bilinen optik illüzyonu kurgulayan kişi.

Çizimdeki küp daha iyi bir benzetimle gösterilecek olursa (Resim 5), ilk bakışta bir küp varlığından söz etsek de bunun ancak belirli bir perspektiften bakışla olası görüldüğünü hemen keşfederiz (Resim 6). Uygun bir açıdan bakıldığında olanaklı görünen küp açı değiştirildiğinde optik bir yanılsamaya kaynak olmaktan başka hiçbir anlam taşımayan olanaksız bir nesnenin örneğini oluşturur.

Escher'in gravürlerinde de bu tür optik yanılsamalar resmedilmektedir. Su değirmenini çeviren su değirmenden geçtikten sonra yukarı doğru tırmanır ve üst kattan aşağı dökülerek bir tür sürekli dönü fikri oluşturur (Resim 7). Böyle bir yapının benzetimi olanaklı olsa da fizik

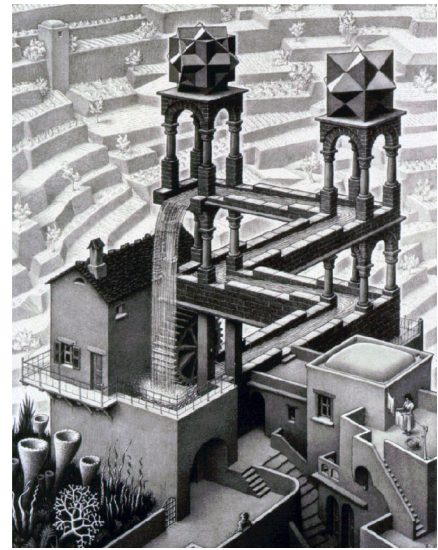


Resim 5



Resim 6

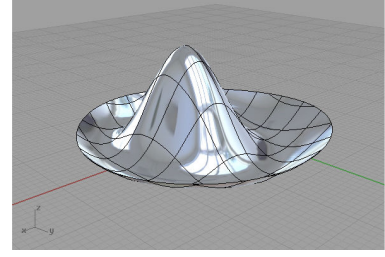
olarak gerçekleşmesi mümkün olmadığı gibi sergilenen geometri incelenecek olursa birçok paradoks yapılanmanın da benzetimin temelini oluşturduğunu fark ederiz. Bu bağlamda ele alınacak olursa, heykelde üretilebilirlik geleneksel olarak modelleme süreci içinde çözümlenen bir sorundur. Modellenmesi mümkün olan doğaldır ki üretimi de olanaklı bir geometridir. Sanal ortamda modellenen bir form için aynı şeyi söyleyebilmek mümkün değildir. Çünkü sanal ortamda her şey olanaklıdır. En temel örnek olarak yüzeyler üzerine açıklamamızı sürdürelim. 3B uzayda biçimlenmiş bir yüzey her ne kadar  $x,y,z$  koordinatları arasında bir uzaya yayılmış olsa da bir kalınlığa sahip değildir (Resim 8). Bu nedenle bir hacim sahibi olduğu söylenemez. Bizler bu yüzeyi grafik arabirim sayesinde gözlüyor olsak da



Resim 7

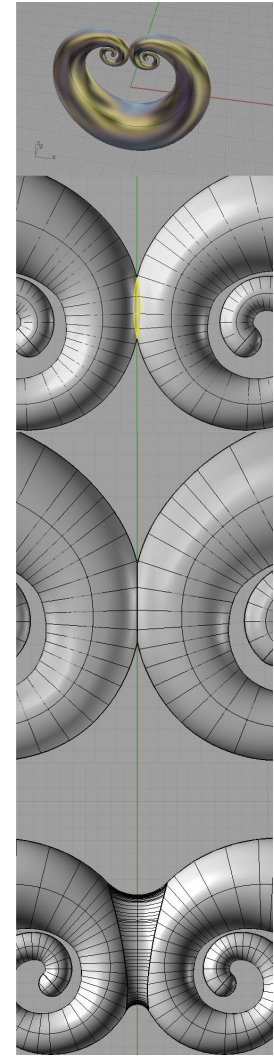
gözlediğimiz aslında bahsedilen koordinatlar içinde kalan alanın tasvirinden başka bir şey

değildir. Sanal ortamın bu nesnesi bir alan kaplamaktadır ancak bir hacim sahibi değildir. Bu tarz nesnelere ancak sanal ortamda var olabilir. Sıra sanal ortamdaki fizik ortama aktarmaya gelince olanaksızlık kendini gösterir.



**Resim 8**

Diğer bir örnek de bir beden olarak gözlenebilen, ancak aynı uzamı iki kere işgal eden yapılardır. Bu yapılar optik bir yansıma içermese de sonuçta kendilerini oluşturan geometri paradoks bir yapıyı desteklemektedir. Bir nesne hem var olup hem de kendi içinde var olamaz (Resim 9). Oluşumun her iki ucu birbirlerinin uzayına girmektedir. Bu durumdan kurtulmanın yolu iki ucun kesişmelerinin bilgisini nesneye vermektir. Bu da kesişimin orta noktasından geçen bir düzlem aracılığıyla her iki tarafı kırarak geride kalan nesneyi tekrar birleştirmekten geçmektedir. Birleşmenin olanaklı olduğunu temsil etmek üzere resmin en altında birleşme ile mümkün olabilecek bir kaynaşma yüzeyi eklenmiştir. Bu tür hacimler modellenmeleri sırasında diğer olası hacimlerden yazılım aracılığıyla ayıklanamazlar. Nesnelere matematiksel olarak doğru kabul edebiliriz. Yazılımın sağladığı, geometriye yönelik çözümlerle araçları ile nesnenin geçerliliği<sup>7</sup>, sağlaması yapılmış geometri<sup>8</sup> ve diğer tüm teşhise yönelik taramalara rağmen son karar tasarımcıya bırakılmıştır. Bu koşul da



**Resim 9**

<sup>7</sup> Validity: matematiksel doğruluk.

<sup>8</sup> Bad Object Analysis: bozuk geometrili nesnelerin saptanmasında kullanılan çözümler yöntemi.

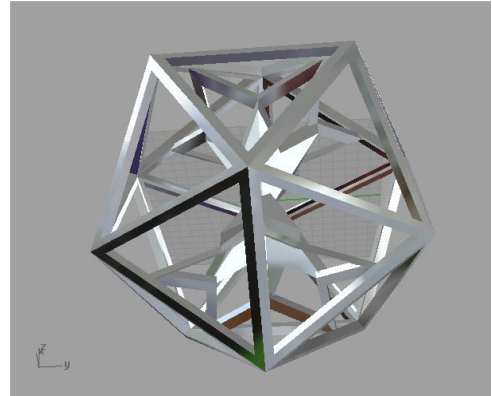


tasarımcının forma yönelik deneyiminin, nesneleşme koşullarına yönelik bilgi birikiminin kaçınılmaz bir paydaş olduğunu göstermektedir. Heykeltıraşın birikimi bu paydaşı oluşturmaktadır.

## II.2. Dijital Temsiliyet: Üretilbilir Üçboyutluluk

Sanal dünyanın ürünü olsalar da nesne tanımlı sanal ortam modellemeleri üretilerek sanallıktan öteye geçme olanağı bulur. Üzerinde doku ve renklerin tasvir edildiği kalınlıksız kabuklar halinde olmayan bu tür modellemeler hacimleri ve seçilen malzemeye bağlı olarak ağırlıkları hesaplanabilir nesne projeleridir. Üretilbilirlikten bahsettiğimizde bilgisayara çevreirim olarak eklenmiş üretim ortamlarının olanaklarına da bakmak gerekmektedir. Günümüzde dijitalden yola çıkarak nesne sonuçlu üretim çıkarımsal, eklemeli ve her iki yöntemin de kullanıldığı melez donanımla gerçekleştirilmektedir.

Nesne mantığa uygun ve fizik dünyanın tanımlarını içerse de eklemeli yöntemin yokluğunda uygun bir üretim stratejisi geliştirilmezse nesneye ulaşmak olanaksızlaşabilir. Resim 10'da gösterilen sanal nesnenin çıkarımsal yöntemle üretilmesi büyük zorluklar ve yoğun el emeği katkısı gerektirirken aynı nesnenin eklemeli yöntemle üretimi hiçbir sorun oluşturmamaktadır.



**Resim 10**

## II.3. Sanatta Kopyalama

Dijital ortam ve olanakları ile bu ortamda üretilen her tür veri kaydedilir, yedeklenebilir ve kopyalanabilir. 3B yazılımlar aracılığıyla oluşturulacak bir sanal nesne alternatifleriyle birlikte dijital reproduksiyonun konusu haline gelebilir. Bu durum da

kaçınılmaz olarak sanat bağlamında bir seri üretimin varlığını ortaya koyacaktır. Özgün eserin kopyalanması ne gibi sorunları doğuracaktır?

20. yy başlarından günümüze sanat siyasal bir kimlik olarak karşımıza çıkmıştır. Teknoloji ve tarih kuramları doğrultusunda anlayışını biçimlendiren Walter Benjamin'in<sup>9</sup> sanat ve teknoloji üzerine kaleme aldığı en önemli denemesi "Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit"<sup>10</sup> olmuştur. Benjamin'e göre ilkel toplumsal koşullar altında sanat temelinde törensel bir işleve sahiptir. Yüksek bir kültür. Simgeselliği nedeniyle kutsaldır. Sıradan halk bu kült eserlerine kolaylıkla erişemez. Oysa sonraki dönemlerde yüksek kültür sanatı yapıtlar aracılığıyla müze, konser salonları ve operalarda seçkinlerin beğenisine sunmuştur. Gelişen teknolojiyle birlikte özünden bir şey yitirmeden çoğaltılabilen sanat yapıtları gelişmiş kitle iletişim araçlarının da katkısıyla geniş halk kitlelerinin yaşam alanına katılmıştır. Sanat geçmişinde olduğu gibi bir amaç taşımadığından artık geniş toplumsal dinamiklerin bir parçası haline gelerek siyasetin her tür güdümüne de açık bir ortam olmuştur.

Benjamin'in bu çalışması kültürel çalışmalar ve medya kuramları alanlarında etkili olmuştur. Sanat herhangi bir törensel, geleneksel değerın mevcudiyeti aranmaksızın siyaset etkinliğinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Benjamin'in hemen tüm çalışmalarında bu sav gücünü göstermektedir.

Benjamin'in çalışmasında "aura" kişinin eşsiz bir sanat eserinin varlığı karşısında o eserden deneyimlediği şaşkınlık ve saygı dolu duyumların oluşturduğu atmosfer anlamında kullanılmaktadır. Benjamin'e göre bu aura nesnenin kendisinden

---

<sup>9</sup> Alman kültür teorisyeni Walter Benjamin 1935 yılında sanatsal reproduksiyonun birgün politik ya da felsefi amaçlar doğrultusunda sanatçıların tercihi olacağını öngörmüştü.

<sup>10</sup> Walter Benjamin'in 1935 yılında yayınladığı "Mekanik Reproduksiyon Çağında Sanat Çalışması".

kaynaklanmayıp nesne üzerindeki mülkiyet, sergilenme sınırlılıkları, kamuya bildirilen özgünlüğü ya da kültürel değeri gibi dıştan eklenen özellikler aracılığıyla oluşmaktadır. Böylelikle aura; siyasal erkin ilkel, feodal ve kentsoylu yapılanmaları ile dahası büyü ve (dini ya da seküler) törenlerle sanatın bağlantılılaşmasının bir göstergesi haline gelmiştir.

Sanatın mekanik üretiminin mümkün olmasıyla ve aktüel bir orijinale gerek duymayan sinema gibi sanat biçimlerinin türemesiyle sanat deneyimi mekândan ve törenden ayrışarak aurasındaki kırılmalarla birlikte kitlesel izleyicinin denetim ve seyir alanına taşınmıştır. Benjamin sanat çalışmasının mekanik reproduksiyon sayesinde dünya tarihinde ilk kez olarak ritüellere olan asalak bağımlılığından kurtulma olanağı bulunduğunu söyler.

Sanat; ahşap oyma, litografi, fotoğraf örneklerinde olduğu gibi daima yeniden üretilebilir olmuştur. Eski Yunan sanatında damgalama bulunmuştur. Sadece bronzlar, terakotalar ve paralar çok miktarda üretilmiş sanat çalışmalarıdır. Diğerleri ise mekanik olarak yeniden üretilebilecek şeyler değildir. Ahşap yontu yazının baskı yoluyla çoğaltılmasından çok önce grafik sanatı kopyalanabilir olmuştur. Litografi grafik sanatının gündelik yaşamı görselleştirmesine olanak sağlamıştır. Litografinin resimli gazetelere etkisi gibi fotoğraf da sinemaya kapı açmıştır.

Orijinal ile yeniden üretilmiş sanat çalışması arasındaki büyük farklardan biri orijinal çalışmanın zaman ve mekân içinde bir kereye mahsus varoluşudur. Çalışmanın bu benzersiz varoluş hali onun varoluş zamanına odaklanmış bir tarih kaydı ile belirlenir.

Birileri aura teriminde dışlanan öğeyi kastederek “mekanik yeniden üretim çağını gölgeleyen sanat çalışmasının yarattığı auradır” (Benjamin, 1935) diyebilir. Bu yeniden üretilebilir sanatın nesnenin otoritesini etkilemesidir.

Auradan kurtarmak amacıyla gelenekten ayırma, izleyicinin konumunda yeniden etkinleştirme yapılır. Bir sinema filminin sosyal önemi onun yıkıcı, katartik

temeli anlaşılardan algılanamaz. Bu da kültürel mirasın geleneksel değerinin dışlanmasıdır. Duyum algılaması düzeyi<sup>11</sup> varoluş düzeyimizle birlikte değişir. Bu da auranın yıkımıdır. Aura yıkılır ancak sanat çalışması artık kitlelere daha yakındır. Aurayı mesafe olarak algılasak, mesafe ne kadar az olursa olsun sanat eserinin bulunduğu ortamda benzersiz bir uzaklık fenomeni deneyimlenir. Çağdaş kitlelerde gözlenen; uzamsal ve psikolojik olarak olguları ve nesnelere daha yakınlaştırma arzusu her gerçekliğin biricikliğinin üstesinden gelmek konusunda o biricik olgunun yeniden üretilmesi için duyulan şiddetli ihtirastan başka bir şey değildir. Yeniden üretilebilir olan ile biricik olanın karşılaştırmasında kalıcılık biricik olana bağlanırken geçicilik değerine bağlı bir karakter olarak ortaya çıkmaktadır.

İnsan çevresini biçimlendirir. İnsan bu biçimlendirmeyi çoklukla araçlar yardımıyla gerçekleştirir. Bu araçların örneksel (analog) ya da sayısal (dijital) olmasının önemi yoktur. Burada önemli olan araçların sağladığı rahattır. Dijital araçların yarattığı olağan dışı rahatlığın insanlık karşısında bir fenomen olması söz konusu olamaz. Fenomen olarak gözlenen insanın kendi için ürettiği bir beceri kümesidir. Öyleyse, insanın bu özellikle doğasında fenomenleştirdiğinden bahsedebiliriz.

Oscar Wilde'ın "The Decay of Lying"<sup>12</sup> adlı diyalogunda Vivian ve Cyril doğa ve imgelemin karşılıklı bağıllığını tartışmaktadır.<sup>13</sup> Wilde'a göre "imgelem" gerçekliği materyal dünyadan daha iyi temsil etmektedir. Diyalogun çoğu yerinde Vivian Cyril'e atfettiği bir yazıyı okuyarak "sanatta yalan söyleme" sonucuna varacak, katıksız bir imgelem soyutluğunda sanatın köklerine ulaşacak bir dönütün mecburiyetinden bahseder.

---

<sup>11</sup> Mod

<sup>12</sup> Yalanın Yitimi (Yalanın Sanatı olarak dilimize çevrildi).

<sup>13</sup> Oscar Wilde 1889 yılında yayınlanan, Viktoryan dönem sanatına eleştirel fikirlerini açıkladığı "Yalanın Çöküşü" adlı satirik denemesi.

Bu düşsel çalışma kendi yaşam hammaddesi olarak ele aldığı “gerçek olmayan” ve “var olmayan” ile temellendirilmiş olguyu gerçek olan doğal olan yerine yeniden biçimlendirip, tazeleyerek “olgunun doğasından tümüyle farklı olana” dönüştürür (Wilde, 1999). Wilde’in sanatsal süreç teorisine yaslanarak bir dijital kopyalama teorisi oluşturulmuş. Orijinal ile onun dijital manifestoları arasındaki ilişkileri anlamakta dijital olarak sunulan, hiper gerçek (imgelem ürünü) olan ve maddesel gerçek olan arasındaki karmaşık ve kararsız ilişkilerin sorgulamasını daha kolay yapabileceğiz.

Johanna Drucker “Digital Ontologies” adlı makalesinin giriş bölümünde “graphesis<sup>14</sup> mathesis’i<sup>15</sup> dışlayabilir mi?” sorusuna açıklama olarak aşağıdaki tartışmayı kaleme almıştır:

Batı tarihi boyunca imajlar öz olarak sanrı ürünü ve illüzyon kaynağı olarak kabul görmüş olsa da dijital imajların algoritmalar halinde üretilmiş kodunun nesnenin bir ayna ya da ekrandan yansımayan mükemmel temsiliyeti olacağı savlanmaktadır. Kod bizim onu algılama olanağımız kalmasa da bir temsiliyete sahip olmadan varlığını sürdürür. Burada gerçek olan koddur. Geleneksel kopya (mimesis) tartışmalarında temsil edilen nesne tipik olarak yansıtılmıştır. Her nasılsa, merceklerden yansırken distorsiyona uğramış olan “temsil edilenin özü” ancak simülakra içinde algılanabilir. Bir paradoks olarak, materyal dünyanın aldatıcı yüzünden ötesini görmek amacıyla materyal dünyanın temsiliyeti elektrik akımına dönüştürülerek bilgisayarda ikili (binary) kod halinde dijital medyaya aktarılır. Kodlanan daha önce hiç olmadığı şekilde varolan bir simülasyon ya da hiper gerçekleştirme olarak nesnenin kendisidir.

Bir nesnenin simülasyonunun amacı teorilerimizi ve inançlarımızı temsil etmek üzere o nesnenin materyal dünyasında daha önce hiç var olmadığı biçimde temsiliyeti olabilir. Dijital görüntüleme geçmişten kalma bir tabletin kırık kısmında gözümüzün algılayamayacağı yazıların görünür hale getirilmesinde kullanılabilir. Burada temsil edilen ne hasar görmeden

---

<sup>14</sup> Görsel bilgi üretimi ve temsiliyeti: görsel dışavurumlar halinde toplanan bilgi üretimi.

<sup>15</sup> Matematiksel ve kurgusal bir evren bilgisi.

önce de mevcut olan tablettir ne de kırılmış tabletteki yazı. Dijital işlemlerde elde edilen ne elimizdeki gerçektir ne de Platon'un mağarasına düşen gerçeğin gölgesi. Elimizde düzeltilmiş haliyle dijital görüntü her iki dünya arasında bir geçit haline gelen hiper gerçekliktir.

Kültürel mirasımız dijital form içinde temsil edildiğince insanların uğraştığı sanat nesnelere de orijinalere sahip olmayan simülasyonlar haline gelir. Bu bedensiz nesnelere maddi nesnelere hiçbir zaman olamayacakları şekilde zaman ve uzayın dışında varlık gösterirler. Dijital nesnelere, donanım ve yazılım kaynaklı sorunlardan dolayı okunamaz hale gelebiliyor olsa da zamanın ve çevrenin aşındırıcı etkilerinden arınmışlardır. Dijital nesnelere ne olursa olsun aynılıklarını yitirmezler. Sonuçların böyle homojenleşmesi dijital simülasyonu daha bir bağlam dışı hale getirecektir ve Nesnenin materyal varlığının bu bağlam dışılık hali de algılanan ile algılayan arasındaki ilişkiyi değiştirerek, Wilde'ın yazdığı gibi, neyin hakiki, doğal ya da doğru olduğu hakkında "hakikatinden mutlak biçimde farksız" bir ilişki halinde yeniden biçimlenmesine yol açacaktır. Bu yazı böylece dijital teknolojinin birbirinden farklı ancak bağlantısız olmayan iki temelinden vardığımız teşhisi açıklamaktadır. İlk bölüm dijital karşılıklar ve onların analog benzerleri arasındaki ilişkiyi açıklayacaktır. Dijital alanda nesne, kopyalama, taklit, orijinal işlev gibi materyal dünyasına benzer terimler, dijital olana transfer edildiğinde neyin yitirildiği ya da kazanıldığı tartışmasında olduğu gibi 3B nesnenin maddeselliği 2B düzleme aktarıldığında başına gelecekler, bizler ve varlıklarından ürettiğimiz nesnelere olmadığında da dijital dosyaların "güvenilir dijital nesnelere" kavramını taşıması gibi. Simülakral kimlik olarak tanımlanabilecek dijital temsiliyetin aslında nesnenin kendini değil de o nesne ile ilgili inançlar ve eğilimlerimizi yansıtacağı söylenebilir. İkinci bölüm dijital temsiliyetlerin perspektifinden hiper gerçekliğin bilinçli yaratımları ya da Wilde'çı terimlerle konuşursak beklenmedik, yeni ya da başkaldırıcı yöntemlerle dünyayı yeniden biçimlendirmek üzere gerçek olmayan ve var olmayana göreve çağırma olduğu yolunda bir teşhis koyma çabasını açıklayacaktır. (Drucker, 2001)

Sanat hiçbir zaman doğayı olduğu gibi kopyalamamıştır ve dijital teknolojiye kadar da hiçbir ortamda dünyanın tam bir yansımını, gerçekliğin simülakrını yapmak mümkün olmamıştır. Bir yandan nesnesini kopyalarken aslını çökertmek de

diyebileceğimiz bir heterokozm<sup>16</sup>. Analog evren ile dijital evren arasındaki ilişkiyi ve aralarındaki alanı açıklarken karşılaşacağımız paradigmaları görelim.

Dijital temsiliyet nesnenin kendini değil de bizim onun üzerine alışkılarımızı ve inançlarımızı yansıtan bir simülakral kimlik olarak tanımlanabilir. Dijital temsiliyetten bahsederek hiper-gerçek olanın, gerçek olmayanın ve var olmayanın bilinçli üsluplaştırması yoluyla yeniden üretilen bir materyal dünyadan bahsetmekteyiz.

3B nesnelerin dijital örnekleri ekrandan yansıyan 2B artefaktlar olarak maddesel özelliklerini yitirir. Onlarla elde ettiğimiz dijital özelliklerin temsiliyetidir. Gördüğümüz ve görebileceğimiz altta yatan kodların manifestosudur. Platon'un mağarasındaki hükümlülerin duvara yansıyan gölgeleri seyretmeleri gibi bizler dijital olanı değil onun yansımalarını görmekteyizdir.

Sonuç olarak sanatta ve ardında duran felsefede önemli olan reel ya da sanal, tek ya da çoğaltılmış; nesnenin ya da olgunun gösterge olarak değeridir.

### **III. YENİ BİR HEYKELTRAŞ ATÖLYESİ: DİJİTAL ORTAM**

Teknolojinin ulaştığı düzey itibarı ile bir heykeltıraş stüdyosunu sanal ortama doğru genişletebilir. Dijital ortamın heykelde hazırlık çalışmalarından modellemeye ve fizibilite hesaplarına kadar kavramsal, teknik ve ekonomik birçok katkısı olacağı bir gerçektir. Bu destekleri ve ivmelendirmeleriyle dijital ortamın heykel sanatında bir dizi mutasyona neden olacağı kanısındayız. Dijital ortam, grafik arabirim, tasarım, modelleme ve üretime yönelik çevrebirimleri ile nasıl bir olanaklar evreni sunmaktadır? Bu olanaklar evrenini inceleyelim:

---

<sup>16</sup> Heterocosm: İki ya da daha fazla olasılığın arasında bir seçime olanak sağlayan kurgusalılık.

3B bilgisayar grafikleri hesaplamalar yapmak ve iki boyutlu imajlar oluşturmak üzere bilgisayarda depolanan geometrik verinin üç boyutlu temsiliyeti ile oluşturulan grafiklerdir.

Görünüşteki farklarına rağmen 3B bilgisayar grafikleri 2B vektör grafikleri ile tel kafes (wire-frame) modeller ve 2B raster grafikleri ile render görüntüsü aynı algoritmaları kullanmaktadır. Bilgisayar grafik yazılımında 2B ile 3B arasındaki ayrım biraz bulanıktır. 2B uygulamalar ışıklandırma gibi 3B tekniklerini, 3B uygulamalar da 2B illüstrasyon tekniklerini kullanabilir.

3B bilgisayar grafikleri “3B model” olarak kabul edilir. İllüstrasyonu yapılmamış haliyle model grafik veri dosyası içinde bulunmaktadır. Ancak, farklı bir yorumla: 3B model herhangi bir üç boyutlu nesnenin (cansız ya da canlı) matematiksel temsiliyetidir. Model görsel olarak sergilenmediği sürece teknik bakımdan “grafik” olarak adlandırılmaz. 3B baskı olanakları sayesinde 3B modeller sanal mekân dışında da sergilenebilir. 3D Rendering (görselleştirme) adı verilen işlem aracılığıyla iki boyutlu imaj olarak görüntülenebilir ve görsel bir çıktısı olmadan ancak bir bilgisayar benzetimi ya da işlemler öbeği olarak kullanılabilir.

3B bilgisayar grafiklerinin üretim süreci sıralı olarak üç temel aşamada gözlenebilir:

- Animasyon: Sahne içinde nesnelerin yerleşimi ve hareketlerini tanımlama sürecidir.
- Görselleştirme: Nesnenin ve içinde bulunduğu mekânın (sahne) 2B imaj olarak görselleştirilmesi sürecidir.
- Modelleme: Nesnenin bilgisayar ortamında biçimlendirilmesi aşamasıdır.

3B modellerin iki temel kaynağı bulunmaktadır. Doğrudan bilgisayar ortamında herhangi bir 3B modelleme aracıyla bir sanatçı ya da mühendis tarafından çizim



yoluyla üretilenler ve fizik dünya nesnelерinin 3B verilerinin çeşitli araçlar yardımıyla dijitalleştirilerek (3B tarayıcılar) bilgisayar ortamına aktarılması sonrası yeniden modelleme ortamında okunması yoluyla üretilenler. Modeller matematiksel işlemler ya da fiziksel simülasyonlar aracılığıyla da üretilebilir.

### **Animasyon Süreci**

Nesneler 2B imajlar olarak görselleştirilmeden önce bir sahne içinde yerleştirilmelidir. Bu, sahne içinde yer alan diğer nesnelere ve sahne ile konum ve oran olarak uzamsal ilişkilerin gözden geçirilmesidir. Animasyon nesnelерin zamana göre konumlarında ve oranlarında değişme bilgilerini de içerebilir. Ancak belirgin bir sahne içinde, konumunu değiştirmeden duran bir nesne de animasyon bilgisi içerir.

### **Görselleştirme Süreci**

Bu aşamada ışığın kurgulanan sahne üzerindeki etkisi rol almaktadır. Işın demetlerinin tanımlanmış yüzeylerin özelliklerine göre yansımaları, kırılmaları ve mekânın atmosferinde yaratılmak istenen etkilerin belirleyeceği diğer değişiklikler bu aşamada gündeme gelir.

Görselleştirme foto-gerçeklik imajları ya da foto-gerçeklikten uzak görselleştirme etkileri elde etmek amacıyla modelin ortamda var olan ışık tarafından yorumlanmış sürecini tasarlamaktır. Görselimizde ne kadar ışık akısı olacağı (transport) ve yüzeylerin ışıkla nasıl etkileşeceği (scattering) gerçekçi görselleştirmede temel işlemlerdir. Bu işlemler genellikle 3B bilgisayar grafik yazılımı ya da 3D Graphics API tarafından gerçekleştirilir.

Sahneyi görselleştirme için daha uygun bir hale getirmek üzere değiştirme işlemleri 3B görüntüyü iki boyutta gözleyebileceğimiz 3B projeksiyon işlemini de içermektedir.

3B gibi görünen tüm bilgisayar grafikleri tel kafes görüntü tekniğini model olarak kullanmak zorunda değildir. 2B Bilgisayar grafikleri 3B foto gerçekçi etkilerle üretilebilir ve sonuç görüntüyü ayırt edemeyeceğimiz kadar başarılı olabilirler. Ancak, sonuçta elde edilen veri dijital olarak da olsa üretilebilecek bir nesnenin bilgilerini içermeyip sadece optik bir yansıma olarak yorumlayabileceğimiz sayılardan ibarettir.

3B modeller üç boyutlu nesneyi yine 3B uzay içinde üçgenler, çizgiler, eğimli yüzeyler gibi çeşitli geometrik varlıklar tarafından birleştirilen bir noktalar koleksiyonu olarak temsil edilirler. Noktalar ve diğer enformasyonla birlikte bir veri koleksiyonu olarak 3B modeller gerçek nesnelere üç boyutlu tarama yoluyla dijitalleştirilerek, algoritmalar aracılığıyla izleksel (procedural) modellenmesi yapılarak ya da el çizimi yoluyla üretilebilir.

Neredeyse tüm 3B modeller iki ana kategoride sınıflandırılabilir:

- Tıpkı bir taş parçası gibi “katı” modeller nesnenin hacmini tanımlayabilir. Bu tür modeller daha gerçekçidir ancak inşa edilmeleri de oldukça zordur. Katı modeller görsel bir amaca hizmet etmeyen tıbbi ve mühendislik çalışmalarına yönelik benzetimlerde kullanılır.
- Kabuk ya da sınır modeller nesnenin kabuk ya da sınırını temsil eden dıştan gördüğümüz haliyle oluşturulurlar. Neredeyse hiç kalınlığı olmayan bir yumurta kabuğu gibi bir sınır yüzeyle var edilen bu nesnelere bir hacim oluşturmaları düşünülemez ancak bu modelleri oluşturmak katı modellere göre oldukça kolaydır. Bilgisayar oyunları ve film sektöründe gördüğümüz tüm görsel modeller bu tür modelleme ile üretilmişlerdir.

Bir nesnenin görünüşü nesnenin dış yüzüne koşullanmış olduğundan kabuk temsiliyeti bilgisayar grafiğinde ortak paydayı oluşturur. Her ne kadar kıvrımsız ve düzlem üzerinde olsalar da iki boyutlu yüzeyler bu tür nesnelere için iyi bir örnektir. Bu

yüzeyler poligonal örgüler (mesh) ve daha az karşılaşılmakla birlikte altbölümleme (subdivision) yüzeyleri ile temsil edilirler.

Nokta temelli geometrik temsiliyetlerin son yıllarda popülerlik kazandığı da bir gerçektir.

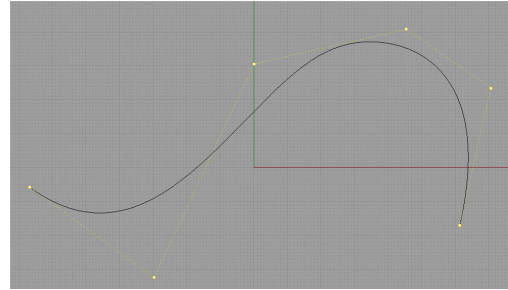
### Modelleme Süreci

Bir modeli bilgisayar ortamında geliştirmek için beş yol bulunmaktadır:

- Poligonal Modelleme- 3B uzaydaki vertis (vertices) adı verilen noktalar bir poligon kafesi oluşturmak üzere doğru parçalarıyla birleştirilirler. 3ds MAX bu sistemi kullanır. Günümüzde 3B modellerin büyük bir çoğunluğu elastik oluşları ve kolayca görselleştirilebilmeleri nedeniyle dokulandırılmış poligonal modeller olarak çizilmiştir. Ancak, poligonlar düzlemsel yüzeylerdir ve eğri yüzeylere bölünerek poligon sayısını çoğaltma

yoluyla yaklaşabilirler.

- NURBS Modelleme- NURBS yüzeyleri ayarlanabilir kontrol noktalarıyla biçimlendirilen spline eğrilerince tanımlanır (Resim 11). Tam yapışık



Resim 11

olmasa da eğri kontrol noktalarını izler. Bir kontrol noktasının ağırlık değerini artırmak eğrinin noktaya yaklaşmasını sağlayacaktır. NURBS yüzeyleri tam olarak poligonal yüzeylerin başaramayacağı temizlikte pürüzsüz yüzeylerdir. Daha organik bir modelleme olanağı tanıyabilirler. Maya ve Rhinoceros NURBS geometrisini kullanan tanınmış iki ticari yazılımdır.

- Splines ve Patches Modelleme- Splines ve patches görünür yüzeyi oluşturmak için NURBS gibi eğrilerden yararlanır. Patches elastikiyet ve kullanım kolaylığı bakımından NURBS ile poligon arasında yer alır.

- Primitiflerden Modelleme- Bu işlem küre, silindir, koni, küp gibi geometrik primitifleri daha karmaşık modeller için inşa blokları olarak kullanır. Bu modelleme türünün yararları oldukça fazladır. Matematiksel olarak tanımlanmış olmalarından dolayı mutlak hassasiyete sahiplerdir. Tanımlayıcı dil de daha sade olabilecektir. Primitiflerle modelleme teknik uygulamalarda oldukça faydalı olabilir ancak organik biçimlere uygulanması zordur. POV-Ray gibi bazı yazılımlar doğrudan primitiflerden görselleştirme yaparlar bir kısım yazılımlar da modelleme sırasında primitifleri kullansa da ileri aşamalarda ve görselleştirme sırasında örgüye dönüştürürler.
- Yontu (Sculpt) Modelleme- Oldukça yeni bir 3B modelleme yöntemi olarak yine de son yıllar içinde oldukça popülerleşti. Bu tür modelleme şu an için en çok kullanılan “yer değiştirme” (displacement) ve volumetrik uygulama olmak üzere iki yoldan gerçekleştirilmektedir. Yer değiştirme bir poligon kontrol örgüsünün altbölümleme yüzeyleri tarafından üretilmiş yoğun bir modelini kullanır ve verteks pozisyonlarının yeni yerleşim adreslerini kaydettiği 32 bitlik bit imaj haritasının kullanımı yoluyla belirler. Vokseller üzerine temellendirilmiş olan volumetrik modellemede ise benzer beceriler olsa da gerekli deformasyonları sağlamak için o bölgede yeterince poligon olmasa bile poligon esnetmekten doğacak sorunlarla karşılaşmaz. Her iki yöntem de (model üzerinde bir kez uygulandıktan ve detaylar biçimlendirildikten sonra yeni bir topoloji yaratılmış olacağından) sanatsal yorumlamalara olanak verecek yüksek plastikliğe olanak sağlar. Üretilen yeni örgü çoklukla yer değiştirme verilerine ya da “normal map’e” aktarılmış yüksek çözünürlükte bir örgü olacaktır.

Modelleme aşaması daha sonra sahne olarak kullanılacak bağımsız nesnelerin biçimlendirilmesini kapsar. Modelleme yöntemleri aşağıdakilerden ibarettir:

- Konstrüktif katı geometrisi
- İmplicit Yüzeyler
- Altbölümleme Yüzeyleri

#### Altbölümleme Yüzeyleri

3B bilgisayar grafiği alanında yumuşak akan bir yüzeyi daha kaba lineer poligon örgüler aracılığı ile gösterme yöntemi. Her poligonal faseti yumuşak yüzeye daha yakın bir görünüm sunan daha küçük yüzlere Algoritma sınırları kaba örgü aracılığıyla daha yumuşak yüzey hesaplanabilir.

Altbölümleme yüzeyleri altbölümlemenin farklı düzeylerinde işlenebilirler. Temel biçimlerden başlayarak doğru topolojiye ulaşmak için ikili sistem işleçleri<sup>17</sup> kullanılabilir. Kaba örgü temel biçimi üretmek üzere işlenebilir ve sonra bir sonraki altbölümleme basamağının ofsetleri işlenebilir. Böylece bu işlemler daha ince düzeylere kadar sürdürülür. Grafik arabirim aracılığıyla her işlem basamağında yapılanların etkileri izlenerek yüzey üzerine değerlendirme yapmak olanağı bulunabilir.

3CT (3B Katalog Teknolojisi) piyasaya nitelikli 3B model kütüphaneleri sunarak değişik CAD programlar kullanan profesyonellerin ücretsiz ya da düşük meblağlar karşılığı bu modelleri kullanmaları yolunu açmıştır. Bu yükselen teknoloji yavaş, yavaş geleneksel alışveriş ya da takas pazarını zayıflatmaktadır.

Dokular, küçük uygulama yazılımları gibi 3B ile ilişkili içerik ve 3B modellerin dosyaları tek tek ya da koleksiyon olarak internet pazarlama sitelerinde satışa sunulmaktadır. Sanatçılar projeleri için ürettikleri modelleri kullandıktan sonra ek bir gelir oluşturmalarını amaçlayarak bu pazarlara dijital dosyalarını bırakmaktadır. Diğer şahıslar ya da firmalar da işlerine yarayabilecek modelleri yeniden çizmekle uğraşmak yerine

---

<sup>17</sup> Binary operators

internetteki marketten satın alarak zamandan ve paradan kazanmaktadır. Çoğu durumda müşteri sadece modeli kullanma hakkını satın alır ancak modelin mülkiyet hakları sanatçısında kalır.

Dijital sistemlerin veri işleme alanında ulaştığı yüksek hız ve görselleştirme (render) olanakları beraberinde fizik dünyanın neredeyse tüm mekanik ve optik olanaklarını dijital ortama taşıyarak bilgisayar ortamında “nesnel dünya” kurgusunun yeniden biçimlendirilebilir ve parametreleri değiştirilebilir benzetimlerini (simülasyon) düşlememize kapı açmıştır. Bu benzetimler üç boyutlu evrenin geometrik yapısını irdelememiz ve daha iyi algılayabilmemize ek olarak bu geometriler üzerinde değişiklik yaparak olası mükemmellik koşulları üzerine deneyimimizi artırmaya da olanak sağlamıştır.

Biçimler ve biçimlerin birbiriyle ilişkilerinin ürünü olan bir bağlamı deneyimleyen heykeltıraş için bilgisayar ortamının yarattığı benzetimler aracılığıyla fizik dünyanın malzemesi ve bu malzemeyi biçime sokmak için gerekli düzenek ve becerilerin bir süreliğine göz ardı edilerek saf biçime yönelik deneyimler yaşanması çok değerli bir olanaktır. Modelleme olanaklarının sağladığı tasarıma yönelik çözümler yoluyla eserin maliyetli ve zaman alan üretim sürecine geçmeden olgunlaştırılması heykeltıraş açısından verimli bir olanaktır.

Bilgisayar ortamında modelleme gerek illüstratif kaygılar gerekse biçimin nesneleştirilmesine yönelik üretim kalıpları oluşturulması bakımından heykeltıraşı fazlasıyla doyuracaktır. Özellikle doğrudan metale heykel çalışmalarında alışkanlıklar doğrultusunda heykeltıraş tel, çubuk, levha gibi önceden biçimlendirilmiş malzeme ile modellemeye başlamaktadır. Malzemenin tel, çubuk ya da levha halinde ele alınışından sonra bu ön biçimli ve ön tanımlı malzemedeki ekleme ve birleştirme yoluyla yeni biçimlere ve tanımlara doğru yol alınır ki bu sürecin sonunda varılan eserin kendisidir.

Başlangıçta tasarlanan ve beklenenler bu süreç içinde gerek malzeme gerek uygulama sorunları nedeniyle değişikliklere uğrar. Bu durum sanatçı açısından işin doğasına bağlı ve yaratma sürecinin karakteri gereği şanslı tesadüfler olarak kabul edilirse de kimi zaman (ki çoklukla) başlangıçta düşünülüp tasarlanandan daha verimsiz bir sonuçla da karşılaşılabilir. Forma yönelik çözümlerinin, kompozisyona dayalı kavramsal hedeflerin amaca uygun gerçekleştirilmesine yönelik tüm eylemlerde malzemenin ve işleme tekniklerinin oluşturduğu fizik sorunları en aza indirme, sorunları önceden görerek çözümlenmesi bilgisayar destekli modelleme ortamının heykeltıraşa sanal bir işlik (atölye) konumu sağlayabileceği kanısındayız.

Doğaldır ki her yeni olanak desteklediği ya da yerini aldığı sürecin tanımladığı alanı ve bağlantılı süreçleri de değiştirmeye zorlar. Tek parça halinde tasarlanıp modellenen döküm heykellerin kaynaklama olanaklarıyla birlikte daha küçük döküm parçaların birbirine kaynaştırılması yoluyla üretilmesi örneklerden biridir. Bazı teknik olanaklar tasarım ve üretim süreçlerinin ardışık yapısını değiştirme gücüne bile sahiptir. Bu tür değişimlerin heykelin plastiğine yönelik getirileri de yeni ve yaratıcı sonuçlar açısından mutasyonlar üretecek bakir bir alan sağlamaktadır. Doğal olarak bu değişim maliyetlerden başlayarak, heykelin plastiğine de katkıda bulunacak bir dizi olanaklılığı heykeltıraşın dünyasına katmıştır. Sanatçının esin dünyası sınır tanımak istemese de fizik dünya sınırlayıcıdır. Yeni teknolojilerin getirileri bu sınırları genişletmemizi ve olanaksız olanaklı kılmamızı sağlar.

### **III.1. Bilgisayar Destekli Tasarım Ortamları ve Getirileri**

Bu bölümde bilgisayar destekli tasarım ve çizim ortamlarının yapısal tanıtımı, mevcut yazılımların sınıflandırılması, form modellemeye yönelik çalışma yapanlara sağlayacağı olanaklar irdelenmiştir.

3B modelleyici yazılımlar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Sinema endüstrisinde “gerçek yaşam” ve animasyon karakter ya da nesnelerini manipüle etmek, tıp sektöründe detaylı organ modelleri oluşturmak, video oyunları sektöründe video oyunları için sahne kurmak, bilim alanında kimyasal bileşiklerin yüksek ayrıntılı modellemelerini oluşturmak; mimarlık alanında teklife sunulacak bina ve çevre düzenlemelerini, mühendislik ve imalat sektöründe ise yeni araçlar, aygıtlar tasarlamak için kullanılmaktadır.

Birçok 3B modelleme yazılımı genel amaçlı olarak tasarlanmış ve bitkilerden canlılara ve kullanım eşyalarına kadar çeşitli gerçek yaşam nesnelerinin modellenmesi için hizmet vermektedir. Bazıları da özel bir amaca göre tasarlanmıştır ve bu yazılımlarla kimyasal bileşikler, mücevher taşları gibi çok özel alanlarda çizim ve modelleme yapılabilir.

3B modelleme yazılımları kullanıcıların 3B örgüler aracılığıyla model üretmelerine ve değişiklik yapmalarına olanak sağlar. Kullanıcılar isteğe göre ekleyerek, çıkararak, uzatarak, boyutlarını değiştirerek örgülerini değiştirebilir. Modeller istenen anda döndürülerek, pozlandırılarak, yaklaşıp uzaklaşılarak değişik açılardan izlenebilir.

3B modelleyici yazılımlar tasarlanan modelleri diğer uygulamalar tarafından okunabilecek ve yorumlanabilecek meta-veri biçiminde bağımsız dijital dosyalar halinde program dışına taşıyabilir. Birçok uygulama veri alma ve verme (import/export) olanaklarıyla eklenmiş “meta-veri” yorumlayıcılar aracılığıyla diğer uygulamaların kendilerine has formatlarında dosya okuma ve kaydetme olanağına sahiptir. Birçok 3B modelleyici ışın izleyici (ray tracer), doku (texture) eşleştirme gibi birçok görselleştirme alternatifini yapılarında barındırır. Bu uygulamalardan bazıları modellerin hareketlendirilmesine de destek sağlayacak eklentilere sahiptir.



Bu modelleme uygulamalarının ilgili sektörlerce değer kazanmış başlıca yazılımlar şunlardır:

3ds Max (AutoDesk):

3D Studio MAX olarak da bilinir. 3B grafik alanında çalışan birçok sektörde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Video Oyun Endüstrisinde model geliştirmede ve film fragmanları yapımında kullanılır. Autodesk tarafından geliştirilen AutoCAD ile olan uyumluluğu sayesinde yüksek kalitede mimari görselleştirmelerde kullanılmaktadır. Ayrıca, Film sektöründe de kullanılmaktadır. 3B modelleme yazılımları arasında en yüksek bedellilerden biridir. Windows platformunda çalışır.

AC3D (Inivis):

90'lardan itibaren Amiga platformunda çalışan bir başka 3B modelleme uygulamasıdır. Birçok sektörde kullanımının yanısıra MathWorks firması fiyatı ve uyumluluğu nedeniyle havacılığa yönelik birçok makalesinde bu yazılımı önermektedir. Mac OS X, Windows ve Linux platformlarında çalışabilen oldukça ucuz bir programdır. Görselleştirme özelliği olmasa da POV-Ray ve RenderMan gibi görselleştirme programları için çıkış vermektedir.

Aladdin4D (DiscreetFX):

İlk kez Amiga için üretildi ve hemen ardından yalnızca Amiga platformunda 18000 kopyanın üzerinde satarak bir tutkunlar ordusuna sahip oldu. DiscreetFX adlı görsel etkiler şirketi tarafından alınarak oldukça düşük fiyatıyla Mac OS X, Amiga OS, Morph OS, Linux, AROS ve Windows platformlarında da çalışan bir modelleyici haline getirildi.

Blender (Blender Vakfı):

Ücretsiz, Açık Kaynak Kodlu, Maya, 3ds Max ya da Cinema 4D gibi animasyon sütlerinden aşağı kalmayan, animasyon, modelleme, görselleştirme, dokulandırma yeteneklerine sahip bir 3B stüdyosudur. Çoklu çözünürlüklü yontma,

retopoloji boyama (multi-resolution sculpting; retopology painting) gibi özellikleri bulunur. Animasyon ve nod düzenleme gibi birçok ek özelliği yanında ön önemli özelliği süper bilgisayarlardan, cep bilgisayarlarına tüm donanımlar tarafından kolaylıkla işletilebilir.

Carrara (DAZ Productions):

Tüm özellikleri bünyesinde barındıran erişkin bir modelleme, dokulandırma, sahne görselleştirme ve animasyona yönelik 3B araç seti paketidir.

Cinema 4D (MAXON):

Temel konfigürasyonu ile diğer örneklerden daha hafif bir pakettir. Bu yazılımın sanatçı dostu olduğu ve teknik yönü olmayan kişilere göre düzenlendiği iddia edilmektedir. Alakart (ya da modüler) yapısı nedeniyle gereksinime göre alınan parçalarla zenginleştirilebilir. Tüm yaygın işletim sistemlerine uygun sürümleri bulunmaktadır.

Electric Image Animation System (EI Technology Group) :

Mac OS X ve Windows sürümleri bulunana 3B animasyon ve görselleştirme paketidir. Görselleştirme kalitesi ve hızı ile tanınır. Kendi içinde bir modelleyicisi yoktur. Karayip Korsanları, Lost gibi filmlerde kullanılmıştır.

FormZ (AutoDesSys, Inc.):

Genel amaçlı katı/yüzey 3B modelleyicidir. Temel kullanımı modelleme için olsa da foto gerçekçi görselleştirme nesne merkezli animasyon desteği bulunmaktadır. Bu yazılım iç mimari, mimari, illüstrasyon, ürün tasarımı ve sahne tasarımı kullanıcılarında popülerlik kazanmıştır. Raytracing ve radiosity amacıyla LightWorks temel görselleştiricisini kullanır.

Houdini (Side Effects Software):

Görsel etkiler ve karakter animasyonunda kullanılır. Modelleyicisi bulunmaktadır. Eğitim amaçlı kullanıcılar için ücretsiz ve oldukça başarılı bir pakettir.

Inventor (Autodesk):

Bir paket zinciri biçiminde olan yazılım 3B mekanik tasarım, ürün simülasyonu, dijital prototip üretimi iş akışını yönlendirmeye yarayacak zaman kazandıran bir yazılımdır.

LightWave3D (NewTek):

İlk Amiga için üretilmiş olsa da TV için program hazırlayan stüdyolara girerek Windows ve Mac OS X sürümlerini de üretti. Battlestar Galactica, 300 Spartalı, Iron Man, Enterprise, Voyager, Deep Space Nine gibi filmlerin yapımında kullanılmıştır.

Maya (Autodesk):

Film ve televizyon sektöründe kullanılmaktadır. Animasyon ve karakter modellemeye oldukça uygun bir pakettir.

Modo (Luxology):

Altbölümleme modelleme yapan, dokulandırma ve görselleştirme becerilerine sahip bir programdır.

NX (yazılım) (Siemens PLM Software):

Mekanik CAD, CAM ve CAE sütlerinin tümleşikleştirildiği bir pakettir. Mekanik imalatta yüksek çıktılı bir tasarım ortamı sağlar.

Silo (Nevercenter) :

Altbölümleme modelleme yapan bir yüzey modelleme yazılımıdır. Mac OS X ve Windows sürümleri bulunmaktadır. Görselleştirme olanağı taşımaz ancak "Electric Image Animation System" süiti içinde modelleyici olarak çalıştığından bu bir kayıp olmamaktadır.

SketchUp (Google):

Eskiz temelli bir 3B modelleme paketidir. “Pro” sürümünde diğer özellikler yanında 2B ve 3B model export işlevine de sahiptir. Ücretsiz sürümü Google Earth ile entegre biçimdedir ve çizimleri program dışına taşıma izni vermez.

Softimage (Autodesk):

Özellikleriyle Maya paketine benzer bir alternatif olarak pazarlanmaktadır. Profesyonel film, reklam, video oyun ve diğer medya üretiminde kullanılmaktadır. “Mental Ray” görselleştirme eklentisiyle birlikte 3B modelleme ve animasyon yeteneklerine de sahiptir.

solidThinking (solidThinking Ltd.):

Ürün geliştirme sırasında konstrüksiyon ağacı yöntemini kullanan 3B katı/yüzey modelleme ve görselleştirme yazılımıdır. Bahsedilen yöntemle konstrüksiyon süreci içinde herhangi bir aşamada, bir parçada yapılan parametrik değişiklik gerçek zamanlı güncellemelerle tüm nesnelere aktarılır.

Solid Edge (Siemens PLM Software):

Ürünlerin, makinaların, düzeneklerin ve aletlerin çizim, taslak, analiz ve benzetiminde (simulation) kullanılan ticari bir üründür. Tüm sürümleri parametrik modelleme, asamblaj modelleme, taslak çıkarma, levha, kaynak işleri için düzenleme, free-form yüzey çizim ve veri yönetimi özelliklerine sahiptir.

SolidWorks (SolidWorks Corp.):

Tüm sürümleri modelleme, asamblaj, çizim, metal levha ve kaynak işleri ve serbest biçimli (free form) yüzey oluşturma işlevlerine sahiptir.

Swift 3D (Electric Rain):

Giriş düzeyi 3B kullanıcıları ve “Adobe Flash” tasarımcıları düşünülerek hazırlanmış güçlü, diğerlerine kıyasla ucuz bir 3B çizim, modelleme ve animasyon

uygulamasıdır. “Microsoft Silverlight” ve “Adobe Flash” için vektör ve raster temelli bir programdır.

TrueSpace (Caligari Corp.):

Windows platformunda çalışan, modelleme, animasyon, 3B boyama ve görselleştirme becerilerine sahip bir pakettir. “TrueSpace” ücretsizdir.

Vue (E-on Software):

Doğal 3B manzara üretiminde kullanılacak modelleme, animasyon ve görselleştirme yazılımıdır. Yakın zamanlarda Karayip Korsanları II ve III filmlerinde seyrettiğimiz balta girmemiş ormanların düzenlenmesinde kullanılmıştır.

Zbrush (Pixologic):

3B ile 2.5B ortamlarında modelleme, dokulandırma ve renklendirme yapan bir dijital heykel (yontu) programıdır. Mac OS X ve Windows sürümleri bulunmaktadır.

Amapi:

Soyut modellemede kullanılan yüksek kalite çıktı 3B paketidir.

Anim8or:

Ücretsiz 3B görselleştirme ve animasyon paketidir.

Animation Master:

Kullanım kolaylığına odaklanmış bir yazılımdır. Spline temelli bir modelleyicidir. Gerçek gücü animasyon becerisiyle ortaya çıkmaktadır.

Art of Illusion:

GPL altında geliştirilmiş olan ücretsiz bir pakettir.

AutoQ3D:

GPL destekli çapraz platform modelleyicidir.

Ayam:

RenderMan arayüzü için ücretsiz 3B modelleme ortamıdır.

Bryce:

Doğa manzaraları ve ressam elinden çıkmış görselleştirmeleri olan çok özellikli bir arayüze sahip bir yazılımdır.

Cybermotion 3D:

Ticari 3B modelleme, animasyon ve görselleştirme paketidir.

Cheetah3D:

Öncelikle amatör sanatçıları hedefleyen ancak nitelikli çıktıları olan bir yazılımdır.

DAZ Studio:

Var olan modellerin parametrelerini ayarlamak, pozlandırmak ve 3B sahne manzarası içinde görselleştiren ücretsiz bir görselleştirme aracıdır.

FaceGen:

Diğer yazılımlar için insan yüzü modelleri kaynağıdır.

Hexagon:

Organik öğeleri modellemede kullanılan bir 3B yazılımdır. Animasyon ve görselleştirme becerilerine de sahiptir. Houdini'ye benzer.

MakeHuman:

GPL programıdır. 3B parametrik insanımsılar üretir.

MeshLab:

Ücretsiz bir örgü işleme aracıdır. Birçok 3B dosya formatını destekler.

MilkShape 3D:

Shareware/trialware poligon 3B modelleme programıdır. Çok gelişmiş export/import becerileri bulunmaktadır.

Mudbox:

Autodesk tarafından 2007 yılında satın alınmıştır. Yüksek çözünürlükte, fırça temelli 3B heykel yontu programıdır. Türünün ilk örneği olduğu iddia edilmektedir. Kullanıcı açısından Zbrush'ı andırmaktadır.

OpenFX:

GPL altında dağıtılan modelleme ve animasyon stüdyosudur.

Poser (Smith Micro):

Modellerde insan figürünün duruşlarını tasvir edip değiştirilebilir parametreler aracılığıyla özelliklerini ayarlamaya uzmanlaşmış bir animasyon ve görselleştirme yazılımıdır. Yürüme sürecinin üretilmesinde, elbise ve saç gibi detaylarda çalışan özel aletlere sahiptir.

Realsoft3D:

Tam özellikli modelleme, animasyon, benzetim ve görselleştirme yazılımıdır. Tüm işletim sistemlerine uygun sürümleri bulunmaktadır.

Rhinoceros 3D:

Serbest biçimli NURBS düzenleme için ideal bir ticari modelleme aracıdır. Görselleştirme dâhil birçok eklentisi bulunmaktadır.

Seamless3d:

NURBS temelli modelleme ve animasyon yazılımıdır. Gerçek zamanlı animasyon için uygunlaştırılmış avatarlar oluşturmaya odaklanmıştır. Ücretsizdir.

Wings 3D:

BSD lisanslı altbölümleme modelleyicidir.

Bilgisayar ortamının çizim sürecine iyi bir alet olmaktan öte karar bakımından bir katkısı yoktur. Oysa tasarım bir sorgulama, karar verme ve iyileştirme sürecidir. Doğaldır ki bu beceriler bilgisayar ortamına değil kullanıcıya ait özelliklerdir. Yapısal

özelliklerine göre tasarım nesnelere mekanik ve organik başlıkları altında sınıflandırılabilir. Biçimsel modifikasyonlarla organik bir yapıyı mekanikleştirmek ya da mekanik bir yapıyı organikleştirmek mümkündür. Her ikisinde de ortak nokta formüle dökülebilir bir geometrinin yapılarında gözlenmesidir. Aynı mesajın şiir ya da nesir yoluyla aktarılması gibi bir yorum sistematiğidir. Amorf yapı bu mimariye sahip değildir. Özünde yakalanabilecek bir geometri olsa amorf olmayacaktır. İşte, bu gibi tartışmaların özünde varacağımız nokta, organik ya da mekanik, geometrik olarak izah edilebilecek bir yapı “morf”, herhangi bir geometriye sahip olmayan ise “amorf” olduğudur. Ancak, bilgisayar destekli çizim ortamlarının geometrik ve organik olduğu tanımlaması bahsettiğimiz karışıklıklardan biridir. Literatürdeki bu netleşmemiş hali çalışmamıza taşımamak için “geometrik-organik” ikilisi yerine “mekanik-organik” ikilisini kullanacağız. Bilgisayar destekli çizim ortamları hedef nesnenin yapısal özelliklerine yaklaşım bakımından iki ana sınıfta geliştirilmiştir. Bunlar mekanik modelleme amacıyla uzamsal çizim olanağı sağlayan “mekanik amaçlı çizim ortamları” ve organik modelleme ve serbest formlu modelleme amacıyla uzamsal çizim olanağı sunan “organik amaçlı çizim ortamları” olarak iki ana başlık oluşturmaktadır. Bazı yazılımlar her iki olanağı da bir arada bulunduruyor gibi görünebilirse de incelediğimiz tüm yazılımlar bir türe yoğunlaşırken diğer tür içinde geliştirme olanağını sınırlı olarak yapılarına katmışlardır. Her iki yapının da bir yazılım içinde aynı oranda olanak sağlar biçimde çalışması yazılım mantığı bakımından da olanak dışıdır. Mekanik çizim yazılımları nesnenin ölçülerini, yüksek hassasiyette ölçekliliği ön planda tutarken organik çizim yazılımları formasyon ve deformasyon yetenekleri, hemen akla gelebilecek tüm değişiklikleri, tıpkı bir avuç kili elde biçimlendirircesine büyük bir rahatlıkla biçimlendirme kapasitesi sunarken ölçü ve ölçeklilik tümüyle biçimin içsel ilişkilerini oluşturan kullanıcının yorumuna bırakılmıştır. Bilgisayar destekli çizim ya da modellemede yol ayrımlarından en önemlisi yüzey üretmede ve bu yüzeylerin bitleştirilmesi



yoluyla biçim üretmede seçilecek olan morfolojinin niteliğidir. Matematiksel uzayda verilen bir dizi nokta üzerinden geçen bir eğri parçası olarak da tanımlayabileceğimiz spline<sup>18</sup> eğrilerinin sınırlarını belirlediği yüzeyler sonsuz büyütüldüklerinde bile bir farklılık göstermeden sınırlarını oluşturdukları biçimi yeniden teşkil ederler. Bu kaba bir örnekle ne kadar büyütülürse büyütülsün mozaik görünümü olmayan bir fotoğraf gibidir. Kesinlik gerektiren modellemelerde bu tür bir morfoloji oldukça hassas sonuçlar verecektir. Matematiksel uzayda belirlenen noktalar arasında tanımlanmış bir hassasiyet değerine göre çizilmiş doğru parçalarının oluşturduğu (üçgen ya da dörtgen) düzlemsel yüzeyler (fasetler) topluluğunun oluşturduğu “örgü” biçimler ise büyütüldüklerinde ya da detaya inildiğinde bu düzlemsel (fasetli) yüzeyleri sergileyeceklerdir. Yine aynı örneğe dönecek olursak, biraz büyütüldüğünde piksellerin oluşturduğu mozaik yapıyı gösteren bir bit eşlem haritası ile karşılaşacağız. Öyleyse yüksek hassasiyet ve kesinlik gerektiren modellemelerde bu tür bir morfolojiden kaçınmak gerekecektir.

Her ne kadar morfolojileri kıyasladığımızda spline üzerine temellendirilen modellerin nitelikliliğinden bahsetmek mümkünse de bu niteliklilik mühendislik ve otomotiv sanayine yönelik modellerde beklenecek bir özelliktir. Konu heykel olunca değişik morfolojilerin estetik sonuçları bakımından gözlenmesi, forma plastik katkılarının irdelenmesi bir alanda beğeni kazanan morfolojiyi diğer alanda yetersiz kılabilir.

### **III.1.1. Mekanik Modelleme**

Bir tasarım ve modelleme yazılımından öncelikle beklenen endüstride kullanılan standartlar içinde olması ve birbirinden farklı bilgisayar destekli üretim yazılımlarıyla veri alışverişinde bulunabilecek yetenekte bir ortak altyapıya sahip olmasıdır. Mekanik yapıya yönelik tasarımlarda ölçü, düşük tolerans değerleri, hassas

---

<sup>18</sup> Spline: uzaysal çizgi

geometri gibi beklentiler oldukça teknik ve tanımlanabilir değerlerin rahatlıkla aktarılabilirdiği bir kullanım ortamı beklentisi bulunmaktadır. Bir yüzeyi oluşturacak eğrilerin daha çizilmeden koşulları ve bu koşulları denetleyen değişkenler tasarımda bellidir. Bu nedenle mekanik modellemeye yönelik yazılımlar eskiz çalışması ya da serbest biçim denemeleri yapmaya kolaylık sağlayan bir kullanıcı arayüzü içermezler. Basit bir benzetmeyle, bu tür yazılımlar bir çizgi çizmekten çok çizgiyi kontrol eden noktaları ve bu noktaların özelliklerini karşılaştırma üzerine yoğunlaşmamızı sağlamaktadır.

NURBS<sup>19</sup> eğrileri, eğrilerin sınırladığı yüzeyleri ve birbirine ilişmiş yüzeylerin oluşturduğu kapalı çoklu yüzeylerin belirlediği katıları tanımlamakta kullanılan matematiksel bir yoldur.

Başlangıcı çok öncelere dayanmakla beraber önümüzdeki yirmi yıl boyunca da endüstrinin bir standardı olacağı kabul edilmiş olan NURBS geometrisi üzerine modelleme yapan birçok yazılım geliştirilmiştir. NURBS geometrisi endüstriye yönelik bilgisayar destekli modellemede ideal bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Modellemenin yanında görselleştirme (rendering), animasyon, bilgisayar destekli üretim (CAM) ve imalat analizine yönelik yazılımlara modelleme ortamında üretilmiş modelleri ve ilişkili verileri kayıpsız aktarma olanağı günümüzde NURBS geometrisini kullanan yazılımlar aracılığıyla gerçekleştirilebilmektedir. NURBS oldukça hassas ve yüksek netlikte tanımlara sahiptir. Belli başlı büyük üniversitelerde gerek bilgisayar bilimleri gerekse matematik derslerinde NURBS geometrisi öğretilmektedir. Bu da özel yazılım geliştiricilerinin, imalat gruplarının, endüstriyel tasarım firmalarının ve animasyon şirketlerinin sipariş edilen

---

<sup>19</sup> NURBS (Non-Uniform Rational Basis-Spline) kısaltması “düzenli olmayan rasyonel temel uzamsal çizgi” anlamındadır.

yazılım uygulamalarını üretmek için NURBS geometrisiyle çalışabilecek eğitimli programcı bulabileceğinin kanıtıdır.

NURBS hem çizgi, daire, elips, küre, silindir gibi standart geometrik nesnelere hem de otomobil parçaları, ütü, cep telefonu gibi ana biçimlerden eklemlenerek türetilmiş geometrileri netlikle tasvir edebilir. Böyle yapılarda bir geometrik parçanın NURBS olarak örneklenmesinde gereken enformasyon (veri) miktarı bilindik fasetli yaklaşımların gerektirdiğinden çok daha azdır. Mekanik karakterde morfolojiye sahip bir çalışmada NURBS geometrisinin kullanımı oluşacak iş dosyasının boyutlarını belirli limitler içinde tutarken aynı işi “örgü” modelleme ile gerçekleştirdiğimizde aynı kesinliği sağlamak için üreteceğimiz dosyanın boyutu çok daha büyük olmasına karşılık sonuç halen istediğimiz nitelikleri veremeyecektir.

Öte yandan mekanik modellemenin bir eksiği yüzeylerin yazılım ortamında dokulandırılması sonucu mevcut iş dosyasının akılcı limitleri aşarak yazılımın öngörülerinin dışına taşacağı gerçeğidir ki bu tür bir çalışma organik modelleme ortamında kolaylıkla ve makul sınırlar içinde gerçekleştirilebilir.

NURBS geometrisini kullanan modelleme yazılımlarının arasında en popüler olanlardan biri şüphesiz Rhinoceros adlı tasarım platformudur. Programın stratejistleri bilgisayar faresi ve klavye kısayolları aracılığıyla NURBS geometrisini oldukça yalın bir biçimde Rhinoceros'un kullanıcı yüzünde gerçekleştirmişlerdir. Benzerlerine kıyasla kullanıcı dostu olduğunu kısa öğrenim süresi ile kanıtlayan bu yazılımın kullanıcıları 1993 yılından günümüze çığ gibi artmıştır. Gemi tasarımından ayakkabı imalatına, mücevher tasarımından otomotivin tüm alanlarında modellemeye geniş bir tasarımcı yelpazesine hizmet veren bu yazılım tasarımcılar için düşük fiyatı ve sağladığı faydalar nedeniyle tüm dünyada büyük ilgi ve heyecan yaratmıştır. Diğer yazılım firmalarının da dikkatini çeken Rhinoceros yazılımı bu firmalar tarafından eklenti (plug-in) desteği ile zenginleştirilmiştir

ve günden güne yetenekleri artmaktadır. Bilgisayar kullanımında Microsoft tarafından üretilen “Windows” nasıl ki birçok programı bünyesinde barındıran bir platform haline geldiyse Rhinoceros da modelleme ve tasarım dünyası için bir deney platformu olarak kabul edilmiştir. Modellemede görselleştirmeden matematiksel analizlere birçok beceriyi bünyesine katarak beşinci sürümüne kadar gelmiştir. Kullanıcı bakımından kullanım kolaylığının yanında yazılımın kararlılığı ve eksiklerini gidermesi güven verici bir durumdur. Rhinoceros düşük fiyatı, periyodik güncellemeleri değişik kullanıcı gruplarına uygun fiyatlandırma stratejileri ile sevimli bir program olmayı sağlamıştır. Tüm becerilerinin arasında en önemlisi bir yazılım olarak diğer modelleme yazılımlarından dosya okuyabilmesi ve birçok bilgisayar destekli üretim (CAM) ortamına dosya aktarabilmesidir. Bu dijital tanışıklık durumu kararlı bir geleceğin ve bahsettiğimiz yazılımın da araştırmalarını sürdürerek kendini geliştireceğinin ifadesidir.

### **III.1.2. Organik Modelleme**

Organik modelleme her ne kadar birçok yazılım firmasının kendi programlarında varsaydıkları beceriler arasında olsa da Holywood sinema sektörünün gereksinimlerini karşılamak için geliştirilen modellemeye yönelik yazılımlar arasından sıyrılan Pixologic firmasına ait Z-Brush programı modellemeciler ve animasyon stüdyoları tarafından ilgiyle benimsenmiştir.

ZBrush film ve bilgisayar oyunları endüstrisinde endüstri standardı haline gelmiş bir dijital yontu ve resim uygulamasıdır. Sanatçılar tarafından yine sanatçılar için insan hayal gücüne bilgisayarın yeteneklerini eklemek amacıyla tasarlanmıştır. Zbrush güçlü bir yontu, boyama ve çizim uygulamasıdır. Kullanıcı arayüzü tıpkı gerçek yaşam deneyiminde olduğu gibi ön biçimli malzemeye doğrudan müdahale ile biçimlendirme kolaylığı sağlamaktadır. Ancak, bu ortamda mekanik modellemenin ölçü, metrik hassasiyet

ve mükemmel geometrik kalıplara uygunluk gibi özellikleri aranmaz. Bu yazılım aracılığıyla üç boyutlu modeller yaratabilir ve üzerinde çalışılabilir. İki boyutlu görüntüler oluşturulabilir. Rölyef çalışmalarına yönelik 2.5 boyutlu işler yapılabilir. Zbrush kullanıcı arayüzü dairesellik üzerine temellendirilmiştir. Tüm menü başlıkları lineer olmayan ve mod'dan bağımsız bir tarzda çalışmak üzere düzenlenmiştir. Bu yolla ZBrush 3B modellerin, 2B görüntülerin ve 2.5B Piksol'lerin yeni ve özgün bir biçimde karşılıklı etkileşimini sağlamıştır. Bu döngüsellik hangi durumda olduğunu ve sanatçının o anda hangi araçlara sahip olacağını bildirecek bir düzenleyici gerektirir: sanatçı 2.5B mu çalışmaktadır, 3B modelleme mi yapmaktadır? Bunu düzenleyen özellik "edit" modudur. Edit modu açıldığında ZBrush 3B modeli işlemeye hazırdır.

ZBrush aracılığıyla modelleme kullanıcıya fizik dünyadaki modelaj kiliyle çalışma deneyimini anımsatır. Ancak, ZBrush ortamında bu dijital bir kildir. Daha temizdir, daha az hazırlık süresi gerektirir ve özünde bilgisayarın yeteneklerini bezenerek gerçek kil ile yapılamayacak şeylerin yapılmasını sağlar. Bilgisayardaki 3B modeller 3B sanal uzayda oluşturulmuş sanal noktaların özel doğru parçalarıyla bitleştirildiği veri koleksiyonlarıdır. ZBrush dijital modelleme sistemi poligon verilerinin ve birçok önemli özelliğin aktüel kil ile çalışıldığından daha güçlü bir biçimde çalışılması amacıyla ZBrush kullanıcı arayüzünde deneyimlenmesini sağlar.

Aşağıda ZBrush dijital yontu sisteminin bazı becerileri sıralanmaktadır:

- Simetri seçeneğini kullanarak modelin sol ya da sağ tarafını ya da alt ve üst tarafını aynı anda biçimlendirme olanağı
- Modelleme sırasında "Dynamic Levels of Subdivision" kullanarak düşük ya da yüksek çözünürlük düzeylerinde çalışma
- Modelin yüzeyinde doğal ve güçlü etkiler üreten yontu fırçaları aracılığıyla yüzeyin manipülasyonu

- “Transpose” işlevi aracılığıyla modelin pozlandırılması ya da ayarlanması
- ZBrush’ın güçlü maskeleme araçlarıyla dokunulmak istenmeyen kısımları maskeleme
- 3B model üzerinde ZBrush’ın güçlü stensilerini kullanma
- “Polypainting” kullanarak model yüzeyine doğrudan boyama ve resim yapma
- Karmaşık 3B modelleri “polygroups” ve “subtools” araçlarıyla düzenleme
- 3B “Layers” aracılığıyla yontunuzu kolayca erişilebilir katman sistemine ayırma
- “Mesh Extraction”<sup>20</sup> yöntemiyle model üzerinden yeni kısımlar üretme

Poligonal ya da NURBS temelli olsun modelleme yaparken bir miktar teknik birikime gereksinim vardır. Bu zorunlu teknik birikim yaratıcı süreci yavaşlatır. 3B veriyi kâğıt üzerine kalemle çizer gibi aktarmak iyi olmaz mıydı?

ZBrush gibi sanal modelleme programları bu türden istekler için ideal ortamdır. Boya tabancası gibi bir dijital alet aracılığıyla renklendirme yerine monitördeki görüntüyü çekerek ve iterek şekillendirmek mümkündür. Bu yöntem dijital heykel çalışmalarında en kolay ve en yaratıcı çalışma ortamını sağlar.

İlginç bir 2B/3B boyama ve illüstrasyon yazılımıdır. Herhangi bir animasyon özelliği ya da standart dördü ortografik modelleme pencereleri yoktur. Bunların yerine 3B verinin sanal olarak yontulduğu ve 3B görselliği sunan özgün 2.5B fırçalar aracılığıyla biçimlendirildiği görüntüler bulunmaktadır.

---

<sup>20</sup> Örgü çıkarma

ZBrush aracılığıyla biçim oluşturmak için küre ya da program ortamına alınan (import) nesnelere oluşan bir öncül (primitive) biçimden başlamak gerekir. Daha sonra fırçalar aracılığıyla bu öncül biçim modifiye edilir. Bu süreç hem hızlı hem de neşeli bir dizi üç boyutlu eskiz çalışması ile gerçekleştirilir. Ayrıntıları çalışmak için maskelenmiş alanlarda örgünün çözünürlüğü “divide” ile yükseltilir ve tatminkâr sonuçlar elde edilinceye kadar biçimlendirme sürdürülür. İstenen düzeye ulaşan model üretim, görselleştirme ya da animasyon için uygun bir yazılım ortamına aktarılmak üzere ZBrush ortamından “.obj” ya da “.dxf” uzantılı olarak “export” edilir. Bu çeşitli yöntemlerle yapılabilir. Yeni yüzeyler oluşturmak için noktaların kullanıldığı ve bu noktaların köşelerini oluşturduğu, doğal kıvrım ve bükülmelere olanak sağlayacak çözünürlükteki poligonların toplamı olan bir yüzey ya da orijinalin ızgara benzeri yoğun yüzeyinden başka bir yöntemle yeniden biçimlendirilmesi denenebilir. Tercih ne olursa olsun, önemli olan orijinal biçimleri yeniden üretebilmek için yeterli sayıda ve detayda yüzler oluşturmak gerekir.

Süreci görsel olarak daha az akıl karıştırıcı kılmak için orijinal modeli parçalara keserek ve üzerinde çalışılmayacak olan geometriyi bir süreliğine görsel ortamdan saklayarak hassas çalışmaya konu olan bölgeler üzerinde yoğunlaşılabilir.

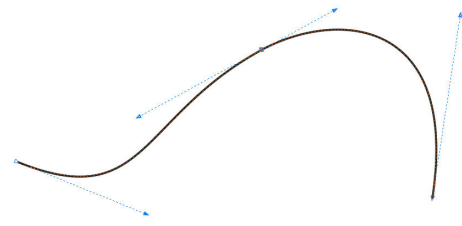
Diğer bir yöntem de orijinal model üzerine NURBS uygulamak, spline yamalar yapmak ya da tıpkı kâğıda çizim transferinde olduğu gibi orijinal modelin 3B şablon olarak kullanıldığı çizim yöntemi olabilir.

Rekonstrüksiyon sonuçları tatminkâr bir noktaya ulaştığında ZBrush aracılığıyla başarılabilecek bir diğer aşama dokulandırmadır. Modelin UV harita koordinatlarına gereksinimi vardır. Bu gerek ZBrush gerekse diğer bir program aracılığıyla oluşturulabilir. ZBrush içinde standart silindirik, küresel ve düzlemsel haritalandırma

yöntemleri bulunmaktadır. Haritalandırma konusunda diğer yazılımların daha fazla seçeneği bulunduğu da göz önünde bulundurulmalıdır.

### III.1.3. Melez Çalışma Olanakları

Çalışmalarımız sırasında deneyimlediğimiz dijital ortamın asla tutuculuğu kabullenmediğidir. Tek bir yazılım aracılığıyla tüm modellemeyi tamamlamaya çalışmak oldukça zaman alıcı ve beceri zorlayıcı olabilir. Şu an çalışmamızı yazmakta olduğumuz Word programı içinde resim işleme konusundaki kısıtlamalardan dolayı nasıl ki zaman zaman Photoshop ya da Corel gibi resim işleme ve illüstrasyon yazılımlarının desteğini alıyorsak, herhangi bir tablolama işlemi için Word paketinin olanakları bulunsa da nasıl Excel üzerinden tablolarımızı Word içine aktarıyorsak 3B modelleme için de aynı paylaşım gereklilikten öte bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır.



Resim 12

Hassas oranlı ve ölçekli bir temel oluşturmak üzere NURBS olanağı sağlayan paketlerden alınacak model primitifleri daha sonra örgü üzerinde uzmanlaşmış paketler aracılığıyla işlenebilmektedir. Resim işleme programları aracılığıyla amaca uygun şekillendirilmiş bir şablondan yansıtma yoluyla NURBS ortamında profil çizgileri toplanabilir. Dahası, Corel gibi iz tarama yazılımları aracılığıyla yüksek çözünürlüklü bir resim dosyasından doğrudan 3B ortamında kullanılacak Bezier eğrileri (Resim 12) toplanarak profil çizgilerini oluşturmak uğraşından vazgeçilebilir. Bu olanak işletim sisteminin türüne bağlı olarak çok geniş bir paylaşım ortamı da sağlayabilir. Poligonlar halinde üretilmiş model NURBS ortamına aktarılarak ilgili yazılımların anlayabileceği



formata dönüştürülebilir ve örgü ortamının eksik kaldığı biçimlendirmeler ve hesaplamalar bu ortam aracılığıyla başarılabilir.

Fizik dünyanın nesnelere gerek lazer gerekse dokunmatik proplar aracılığıyla sayısallaştırılmaktadır. Bu tür tersine mühendislik çalışmalarına ortam sağlayan 3B dijital tarayıcılar aracılığıyla bilgisayar ortamına aktarılan veriler tekrar ilgili yazılım paketleri aracılığıyla işlenerek mevcut modellere ekleme ve doku kaynağı üretme gibi yararlar sağlayabilir.

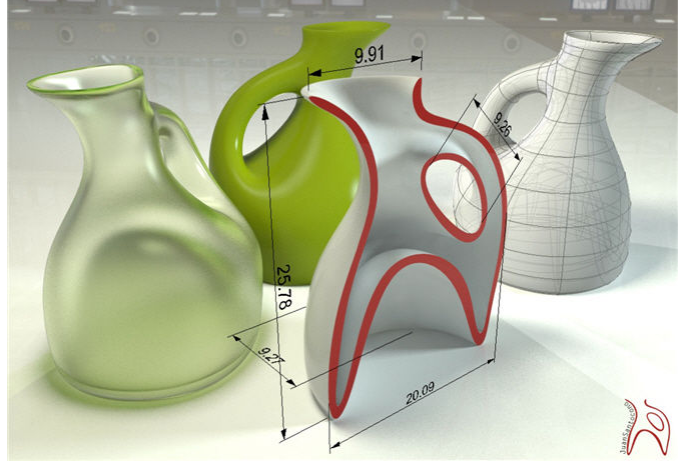
Bir yazılım üzerine odaklanmaktan ise çoklu ortam kullanmanın sağladığı avantajlar teknik bağlamda kalmayıp çalışmanın plastik zenginliğini de artırmak yolunda estetik sonuçlar verebilir. Bilgisayar ortamının modelleme sürecindeki katkıları hayal gücünün sınırlarını da aşar bir düzeydedir ve heykeltıraş işliğine katılan bu yeni aracın olanaklarını çok iyi tanımalıdır.

T-Spline'lar Rhinoceros ve Maya gibi programlara yeni modelleme olanakları sağlamaktadır. T-Spline'lar NURBS ile mükemmel bir uyumluluk ve başarılı bir denetim sergilerken Rhinoceros ortamının serbest modellemedeki sınırlarını aşmasını sağlamaktadır.

T-Spline'lar ile yapılabilecekler şunlardır:

- Subdivizyon tarzı kutu modelleme. Bir örgü kutusundan başlanır ya da çoklu-çizgiler aracılığıyla özel bir biçim oluşturulur. Yüzeyler çekilerek geometri oluşturulur. Denetim noktaları artırılabilir. Açıklık ya da blend sorunları olmayan düzgün akan yüzeylere sahip modeller oluşturulur.
- Örgü dosyaları NURBS'e dönüştürülür. Örnek olarak Rhinoceros'tan ya da başka bir modelleyiciden elde edilen (.obj) örgü dosyası alınır. T-Splines kullanılarak model yumuşatılır ve NURBS olarak kullanılır.

- Eğrilerden yüzey oluşturulur. Modelin tüm özelliklerini tanımlayan eğriler çizilerek ve tüm eğriler seçilerek üç aşamalı bir süreç içinde blendi trim ya



**Resim 13**

da filet kullanmadan model bir seferde oluşturulur.

- Tek bir yüzey oluşturacak şekilde kaynaştırma (merge). Bu tür yüzeyler yumuşak ve sürekli olduğundan düzenlenmesi, ofset alınması ve makinada işlenmesi oldukça kolaydır.

Rhinoceros yazılımında T-spline'lar çok özel bir çokluyüzey türü olarak davranırlar. Bu yüzeyleri Rhino'nun çokluyüzeyleri gibi import ve export edebilme olanağı bulunmaktadır. T-Spline eklentisi olmayan bir Rhinoceros yüklemesi bile bu tür yüzeylerden elde edilmiş modeli algılar. T-Spline'lar bir yandan uyumluluğu korurken diğer yandan geleneksel bilgisayar destekli tasarım teknolojilerinde gelişim sağlayan güçlü özelliklere sahip bilgisayar destekli çizim yüzeyleridir. T-Spline'lar tasarımcıların sadece gerek görülen yerlerde detay eklemelerine, dikdörtgen olmayan bir topoloji yaratma olanağına, karmaşık serbest biçimli modelleri düzenlemeye ve NURBS uyumluluğunu korumaya yardımcı olmaktadır. En karmaşık modeller bile tek yüzey olarak modellenebilir (Resim 13). Yumuşak akışlı organik yüzeyler yaratmak, hızlı bir şekilde bu yüzeyleri düzenlemek ve yeniden modellemeye gereksinim duymadan üretmek üzere eksport edebilmek T-Spline'lar ile olanaklıdır. T-spline'lar gerçek sızdırmazlığa sahiptir (yüzeyde

açıklıklar yoktur) ve oldukça karmaşık yüzeyler tek bir yüzey olarak yaratılabilir. Mekanik detaylandırma Rhinoceros ile gerçekleştirilir.

Hızlı düzenleme T-Spline yüzeylerin bölümlerinin iten, çeken, döndüren ve ölçeklendiren bir manipülatör aracılığıyla gerçekleştirilir. T-Spline noktaları kilometrelerce uzatılmış olsa da herhangi bir yırtılma ya da yüzeyin sürekliliğinde bozulma olmaz. Kenarların yükseltildiği (edge extruding) fasetlerin yok edildiği (face deleting), fasetlerin alt bölümlenmeye uğratıldığı (face subdividing) komutlarla yapılan uygulamalar hızlı sonuç vermeleri nedeniyle oldukça popüler komutlardır. T-Spline ile eklenecek detaylar kontrol noktalarında düzenleme yapılmadıkça yüzeylerde bir değişikliğe neden olmaz.

### **III.2. Bilgisayar Destekli Üretim Ortamları ve Getirileri**

Prototipleme makinaları bilgisayar destekli tasarım verisinden otomatik olarak fiziksel modelleri inşa edebilmektedir. 3B baskı makinaları olarak da adlandırılan bu makinalar tasarımcıların iki boyutlu illüstrasyonlar yerine işlerinin üç boyutlu modellerini yaratmalarına olanak tanır.

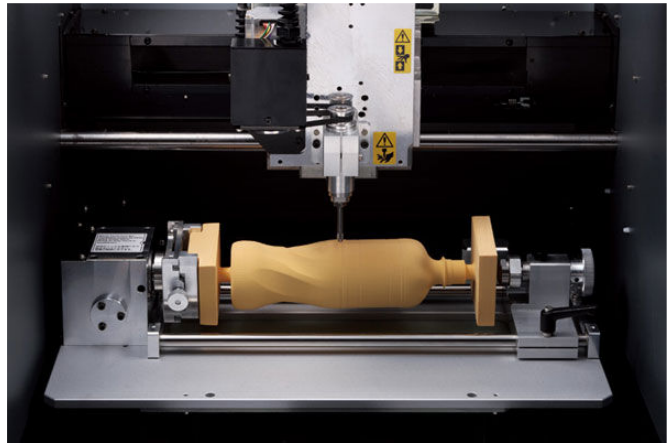
Teknolojinin, özelinde otomotiv endüstrisinin ulaştığı olanakların sanatsal disiplinlere yansması bir olanak bolluğu yaratmıştır. Bu konuda tutucu olmamak gerektiği sanat disiplinlerinin çok yüzlü hale gelişi ve sınırlarını genişletmeleriyle de gözlenmektedir. Bilgisayar destekli üretim neredeyse sihirbazlık düzeyinde nesne üretme olanaklarına ulaşmıştır. Bir dizi yazılım, fare, çizim tableti ya da dokunmatik çevrebirimleri aracılığıyla dijital heykel üretmek dijital heykelin ne olduğunu tanımlamaktadır. Bu 3B dosya CNC ya da 3B baskı makinaları aracılığıyla fizik dünyanın olgularına tercüme edilir. Lazer kaynağı, CNC, 3B baskı makinaları ve toz metal metalürjisindeki teknolojik düzey sayesinde metal tozlarını lazer demetleriyle mikron düzeylerinde kaynaştırarak yığma baskı tekniği ile metal nesnelere üretmek, hassas

ölçülerde endüstriyel parçaları tümüyle bilgisayar ortamında orijinal malzemesinden çalışmak olağan bir endüstriyel uygulama haline gelmiştir. Dahası, tek bir metal ile yetinmeyerek çeşitli malzemeleri bir arada çalışmak üzere 3B baskı makinaları (printers) geliştirilmiştir ve kullanımını da yaygınlaştırmaktadır. Bu, basit anlatımla heykeltıraşın kendi stüdyosundan ayrılmadan tasarladığı 3B dosyayı internet aracılığıyla üreticiye göndermesi materyal kısmına el değmeden, üretim sorunlarıyla uğraşmadan heykelini kargodan alması demektir. Nitelik konusu hemen belirginleşecektir. Heykeltıraş için ana kaygı yaratıcı süreçteki denetim olacaktır. Bir kez programlar konusunda beceri kazandıktan sonra yaratım sürecinin denetimini elden kaçırmak kaygı konusu olmaktan çıkacaktır.

Heykelde alışlagelmiş modellemede olduğu gibi bilgisayar destekli üretim ortamını iki temel bakıştan yola çıkmaktadır. Çıkarımsal üretim olarak adlandıracağımız kazıma ve yontma yöntemi, eklemeli üretim olarak adlandıracağımız yığma, püskürtme yöntemi çalışmamızın izleyen bölümlerinde aktarılacaktır. Son yıllarda her iki yöntemi de bir arada kullanan bir teknoloji de denenmektedir. Eklemeli yöntemle üretilen modeldeki istem dışı çapaklanmalar ve üretim tekniğine bağlı fazlalıkların çıkarımsal yöntemle sıyrılması bu teknolojinin temelini oluşturmaktadır.

### III.2.1. Sanal Modelden Çıkarımsal Üretim

Nümerik olarak denetlenebilir frezeler (CNC) çok uzun bir süredir görmeye alıştığımız bilgisayar destekli üretim sistemleridir (Resim 14). Otomotiv sanayi yıllardır bu makinaları çok hassas işlerde kullanmaktadır.

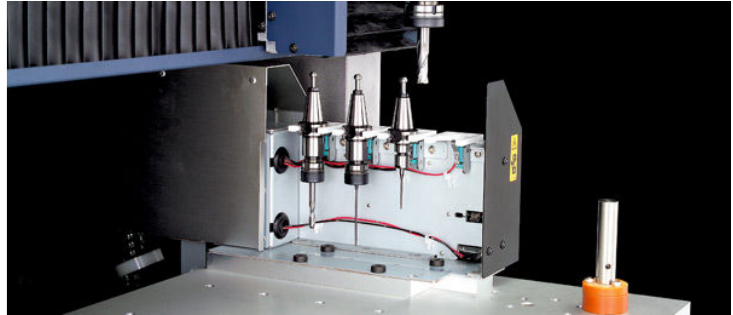


Resim 14

Önceleri sadece üç eksen üzerinden veri işleyebilen CNC tezgâhlarında üretim sınırlılıkları olmasına rağmen bu yöntem ve sistemi kullanarak çok hassas modellemeler yapılabilmektedir. Çıkarımsal üretim CNC, Router, Engraver adları verilen x,y,z eksenlerinde çalışan 3 eksenli ya da açılabilir becerilere sahip 4 ya da 5 eksenli yontu makinaları aracılığıyla gerçekleştirilir.

CNC kısaltması Bilgisayarla Nümerik Denetim (Computer Numerical Control) anlamına gelir ve  $G^{21}$  kodu talimatlarını okuyarak malzemenin seçili kısımlarının yontularak giderilmesi yoluyla nesnelere üretmekte kullanılan elektrik gücüyle çalışan bir makinayı süren bilgisayar denetçisini ifade eder. CNC makinanın çalışma sınırları içinde kesme ucunun hareketini nümerik olarak yönlendiren alettir. CNC tezgâhının işleme parametreleri yazılım aracılığıyla denetlenir. CNC ortamında işin akışını ve detayını etkileyen seçilen talaş çıkarma yöntemidir. En çok karşılaşılan talaş çıkarma yöntemi bir servo motordan aldığı dönü gücüyle işleme malzemesini yontan sert çelikten yapılmış freze uçları aracılığıyla yontma yoludur. HSS çelikten yapılmış freze uçları sanayide değişik çap ve uzunluklarda üretilmektedir. Torna ve Freze tezgâhının standartlarını kullanan CNC makinaları operatörün kararlaştırdığı kesim stratejisi doğrultusunda kalından inceye değiştirilerek kaba yontudan detaya doğru malzeme yüzeyinin yüksek hassasiyette biçimlendirilmesini

sağlamaktadır. Çoğu gelişmiş CNC makinaları uç değiştirme işlemini otomatik olarak yapabilecekleri bir donanım ve programa sahiptir (Resim 15).



**Resim 15**

<sup>21</sup> Gerber Dosyası

CNC aracılığıyla yontu yaparken öncelikle kaba kesim modunda yapılan talaş kaldırmadan sonra detay çalışmaları için daha ince uçlara geçilir. Dışbükey bölümler kalın uçlarla kolaylıkla biçimlendirilirse de içbükey alanlarda alanın detayına bağlı olarak çok ince uçlar seçmek gerekebilir. Bu gibi durumlarda öncelikle kesimi netleştirilecek ortamın model üzerinde bir ön çalışması yapılarak ne kalınlıkta ve ne uzunlukta bir uçla bu çalışmanın yürütülebileceği üzerine karar verilir ve gerekirse o bölgede kullanmak üzere özel tasarımı uç üretimi yapılır. CNC işletim yazılımları sayesinde iş parçasının belirli koordinatları arasında detay çalışması yapmak olanağı bulunmaktadır. Bu sayede sadece gerek duyulan alanda ince işleme yapmak olanağı vardır.

Bir şablona bağlı olarak siluet çıkarmak gibi işler için de aşındırıcı malzeme taşıyan yüksek basınçlı ve yüksek fişırma hızlı su jeti kullanmak ve bu su jetini CNC aracılığıyla bir rota üzerinde yürütmek olanaklıdır. Aynı düzenek lazer üreticiyle birlikte de kullanılabilir. Ancak, bu tür aşındırma düzenekleriyle yüzey üzerinde kontrollü yontu yapmak olanaklı değildir.

CNC makinalarda genellikle üç eksen üzerinden çalışma yapılmaktadır. İster döner eksenli olsun ister sabit platformlu sonuçta kesme kafası XY planına dikey olarak yerleştirilmiş Z ekseninde yukarı ve aşağı hareket eder. Bu nedenle eksenin görüşü dışına düşen ters gönyeli



**Resim 16**

yapılanmalar kesici uç tarafından işlenemeyecektir. Bu nedenle üç eksenli makinalar için “ikibuçuk boyutlu” tabiri kullanılmaktadır. Gerçek üç boyutluluk koşulu üçüncü eksen olan Z ekseninde eklemeler yoluyla çözümlenmiştir. Bu durumda artık CNC üç eksenli değildir. Bu tür makinaları dört ve beş eksenli olarak görürüz. CNC düzeneğinin olanakları

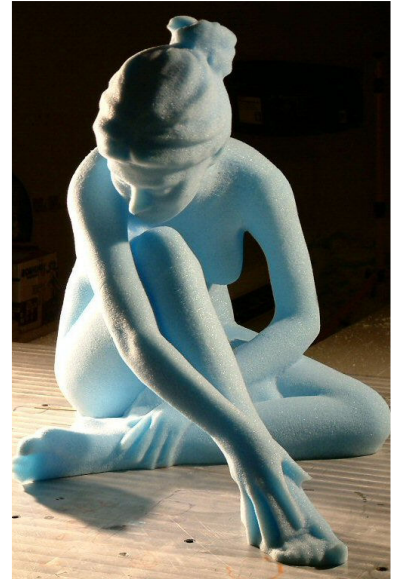
kısıtlı olsa da akılcı bir üretim stratejisi ile modeli gereğinde parçalanmış halde üretilip sonradan birleştirilerek olası tüm sorunları çözmek mümkündür. Bu sorunlar doğal olarak heykeltıraşın değil prototiplemeyi yapacak olan teknik kişinin sorumluluğundadır. Geleneksel üç



**Resim 17**

eksenli CNC tezgâhları aslında tam olarak üç boyutlu çalışmamaktaydı. Yüzeyler yukarı ve aşağı hareket edebilen bir yüksek hız matkabının aşağıdaki düzlem içinde hareketleri sonucu elde edilmekteydi ve ters gönye (undercuts) yapan yüzeyler bu makinalarda işlenememekteydi. Resim 17 ve 18’de görülen modellemeler beş eksenli üretim robotuyla (Resim 16) gerçekleştirilmiştir.

CNC tezgâhları işe ve işleve göre sipariş alınarak üretilmektedir. Ülkemizde endüstri standartlarında CNC tezgâhı üreten iki yüz üzerinde firma bulunmaktadır. Magnezyum-Alüminyum alaşımı hafif metallerden mermere kadar muhtelif malzemeyi işleyebilecek özellikte tezgâh ve kesici takım piyasadan rahatlıkla temin edilebilir. Bu tür tezgâhlarda iş yapan firmalar hemen hemen tüm şehirlerde bulunmaktadır.

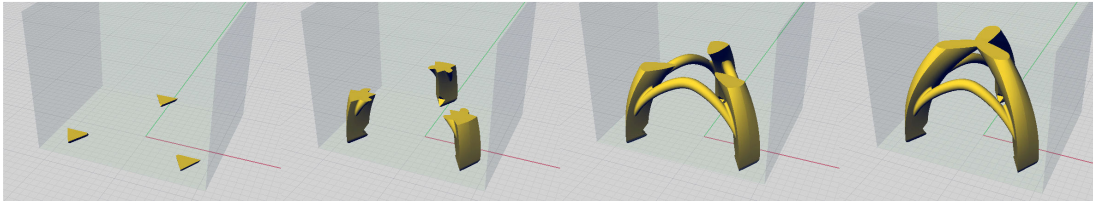


**Resim 18**

Parçalı üretim yöntemi seçilecek olursa işleme kapasitesi düşük olan tezgâhlarda bile amaca hizmet edebilecek modelleme gerçekleştirilebilir.

### III.2.2. Sanal Modelden Eklemeli Üretim

Eklemeli üretim bir platform üzerinde modele karşılık gelecek herhangi bir malzemenen inceliği ayarlanabilir katmanlar halinde yığma tekniğidir. Hangi ekleme yöntemiyle olursa olsun üretilecek olan model verilen parametreler doğrultusunda yatay düzlemde paralel dilimler halinde örneklenecek CAD ortamından CAM ortamına aktarılır.



Resim 19

Yığma tekniği kabaca sanal ortamda oluşturulmuş modelin Resim 19’da temsil edildiği gibi bir küp hacmi içinde alttan üste doğru seçili hassasiyete bağlı olarak her tabakada satır satır taranarak, modelin varlık gösterdiği koordinatlarda üretim malzemesi ekleyerek, olmadığı yerlerde ise boş bırakılarak nesneleştirilmesi sürecidir. Burada önemli olan yığma malzemesi, bu malzemenin yerine sabitlenmesi yöntemi, bu yöntem ve malzemenin türüne bağlı olarak boş bırakılan yerlerde destek malzemesine gerek olup olmadığı gibi değişkenlerdir. Bu değişkenlere göre birçok yığma tekniği geliştirmiş sistemler bulunmaktadır. Yığma teknikleri benimsedikleri yığma yöntemine göre SL (Stereolitografi), SLS (Selektif Lazer Sinterleme), FDM (Fused Deposition Modeling), LOM (Laminated Object Manufacturing) ve 3DP (Three Dimensional Printing) olarak sınıflandırılabilir. Plastiklerdeki gelişmeler ile birlikte prototipleme malzemesinde de çok geniş bir yelpazede birçok alternatif ortaya çıkmıştır. Termoplastiklerden termoset



plastiklere varolan malzeme çeşitliliğine fotopolimer<sup>22</sup> plastiklerin eklenmesiyle birlikte ışığın belirli dalga boylarına duyarlı kurulma özelliği olan reçine türleri de kullanıma katılmıştır. Diş hekimliğinde kullanılan morötesi ışınla kür edilebilir dolgu malzemesi de bu uygulamalardan biridir. Bu reçinelerin doğrudan ya da kompozit yapı içinde bağlayıcı olarak kullanılabilmesi ile birlikte çok kısa zaman sürelerinde kurulabilme özellikleri ve yüksek mekanik güçleri RP (Hızlı prototipleme) teknolojisinde yeni uygulama fikirlerini de olanaklı kılmaktadır. Blue-Ray olarak tanınan yeni lazer tekniği ile mikron düzeyinde homojen dalga boylu lazer demeti oluşturmak ve bu ışın demetini SLS tekniği içinde kullanmak yoluyla oldukça detaylı çalışmaları gerçekleştirmek olanaklı hale gelmiştir. Bu tür lazer üreteçlerinin uzun ömürlü yarı iletkenlerden üretilmesi, diğer lazer üreteçlerine kıyasla düşük fiyatı ve hızlı tepkime gereken yerlerde kullanılabilmesi ışıkla polimerleşen reçinelerin geliştirilmesiyle birlikte yeni ve daha ulaşılabilir bedellerde teknolojilerin artmasını sağlayacaktır.



**Resim 20**

Toz metal teknolojisi günümüzde ulaştığı nokta itibarı ile doğrudan metale üretim yapabilecek sistemlerin devreye girmesine olanak sağlamaktadır. Bu teknikte mikron düzeyinde toz olarak hazırlanan metal ya da metal alaşımı önce platform üzerine

---

<sup>22</sup> Fotopolimer: Bir lazer ya da lamba türü ışık kaynağından aldığı enerji ile katılaştıran (kurulan) plastik türlerinin genel adıdır. Fotopolimerler çok sayıda kimyasalın oluşturduğu bileşiklerdir.

homojen bir kalınlıkta yayılır ve fazlası alınır. Daha sonra o katmanın ilgili verisine göre modelin oluşması istenen noktalarda lazer ışını devreye girerek metali sinterleme (kaynaşma) sıcaklığına çıkarır. Bazı sistemlerde o katmanın kontur bilgileri kullanılarak sinterleme sonrası fazlalık malzemenin tıraşlandığı bir işlem aşamasıyla modelde oluşabilecek distorsiyonlar önlenmiş



Resim 21



Resim 22

olur. Model çevresindeki metal tozları yığma işlemi bittikten sonra emilerek ortamdan uzaklaştırılır. Bu yolla üretilen modeller doğrudan metalurjik özellikleri yüksek nitelikli ürünlerdir ve metalin yanında seramik ve cam gibi malzemeler de kullanılarak kompozit yapılar oluşturulabilir. Resim 20, 21 ve 22'de bu teknikle üretilmiş nesnelere görülmektedir.

Eklenebilir üretim yöntemi gelişmekte olan bir teknoloji alanıdır. Stereolitografi 1986 yılında patenti alınan ilk RP yöntemidir. Stereolitografi yönteminde model ultraviyole ışığa maruz kaldığında sertleşen, ışığa duyarlı bir sıvıdan üretilmektedir.



Resim 23

ProMetal baskı sistemi (Resim 23) özel olarak üretilmiş bir bağlayıcı sıvının mikron düzeyindeki damlalarını yine mikron düzeyindeki toz metal tabakaları arasına seçili alanlarda püskürterek yığma oluşturur. Bu süreç sonunda doğrudan bilgisayar destekli

tasarımdan elde edilen veriler aracılığıyla geleneksel üretimin karşılayamayacağı geometrik karmaşıklığa sahip metal ya da metal seramik karışımı nesnelere üretilir.

Model sıvı reçinenin içinde bulunduğu havuz yüzeyinin hemen altında inşa edilir. Işığa temas etmeyen bölgeler sıvı olarak kalırken lazer ışını reçinenin ince bir dilimini sertleştirir. Katman sertleştirildikten sonra modelin üzerinde bulunduğu platform bir basamak indirilerek yeni katman üzerinde de aynı işlem uygulanır. RP teknolojilerinde büyük aşamalar kaydedilmiştir. RP teknolojileri otuzun üzerinde farklı yöntem kullanmaktadır.

Dünya çapında başlıca RP ekipman üreticileri ve üretilen sistemlerin üretim teknolojileri Tablo 1’de sıralanmaktadır:

Firma	Marka / Model	Ana Teknoloji > Alt Teknoloji
3D Systems Corp.	SLA Sistemleri	Işıklı Kür > Tarama
3D Systems Corp.	MJM / ThermoJet	Harç Yığıma > Püskürtme
3D Systems Corp.	MJM / InVision	Harç Yığıma > Püskürtme
3D Systems Corp.	SLS Sistemleri	Toz Bağlama > Isıtma
Aaroflex	Aaroflex	Işıklı Kür > Tarama
Aeromet	Lasform	Harç Yığıma > Püskürtme
Afit Corp.	PLIGRAPHY	Harç Yığıma > Püskürtme
Arcam AB	EBM	Toz Bağlama > Isıtma
Autostrade Co. Ltd.	E-DARTS	Işıklı Kür > Tarama
Boxford Ltd.	RapidPRO	Tabaka Yığıma > Kesme/Yapıştırma
BPM Inc.	BPM	Harç Yığıma > Püskürtme
Buss Müller Tech. GmbH	3D colour printer	Toz Bağlama > Yapıştırma
CAM-LEM, Inc.	CL-100	Tabaka Yığıma > Kesme/Yapıştırma
CIRTES	Stratoconception	Tabaka Yığıma > Kesme/Yapıştırma

CMET	Light Express	Işıklı Kür > Maskeleme
CMET	SOUP, SOLIFORM	Işıklı Kür > Tarama
Concept Laser GmbH	LaserCUSHING	Toz Bağlama > Isıtma
Cubital	Solider	Işıklı Kür > Maskeleme
Custom Motion Inc.	CustomLam	Tabaka Yığıma > Kesme/Yapıştırma
D-MEC Ltd. (SONY)	SCS	Işıklı Kür > Tarama
Denken Engineering	SLP	Işıklı Kür > Tarama
Denken Engineering	SolidJet	Işıklı Kür > Tarama
DTM Corp.	SLS, Sinterstation	Toz Bağlama > Isıtma
Ennex	Offset Fabbing	Tabaka Yığıma > Kesme/Yapıştırma
Envisiontec GmbH	Perfactory	Işıklı Kür > Maskeleme
Envisiontec GmbH	Bioplotter	Harç Yığıma > Sıvama
EOS GmbH	EOSINT	Toz Bağlama > Isıtma
EOS GmbH	STEREOS	Işıklı Kür > Tarama
EPFL	Micro STL	Işıklı Kür > Maskeleme
Extrude Hone	ProMetal 3DP	Toz Bağlama > Yapıştırma
Formus Inc.	Formus	Toz Bağlama > Yapıştırma
F&S GmbH	FS-REALIZER <sup>STL</sup>	Işıklı Kür > Tarama
Generis GmbH	GS 1500	Toz Bağlama > Yapıştırma
Generis GmbH	GW 1000	Harç Yığıma > Püskürtme
Gilmore Engineers Pty Ltd.	TruSurf	Tabaka Yığıma > Kesme/Yapıştırma
H & R Technology Inc.	PMD	Harç Yığıma > Püskürtme
Helisys (Cubic Tech.)	LOM	Tabaka Yığıma > Kesme/Yapıştırma
Kinergy	ZIPPY, SW	Tabaka Yığıma > Kesme/Yapıştırma
Kira Corp.	SolidCenter	Tabaka Yığıma > Kesme/Yapıştırma

Light Sculpting Inc.		Işıklı Küür > Maskeleme
Materialise	Mammoth	Işıklı Küür > Tarama
MCP-HEK GmbH	MCP-REALIZER <sup>SLM</sup>	Toz Bağlama > Isıtma
Meiko	LC-315, LC-510	Işıklı Küür > Tarama
MEMGen Corp.	EFAB	Harç Yığıma > Püskürtme
microTEC GmbH	RMPD	Işıklı Küür > Tarama
Objet	PolyJet, Quadra, Eden	Harç Yığıma > Püskürtme
Optoform LLC	DCM	Işıklı Küür > Tarama
Optomec	LENS	Harç Yığıma > Püskürtme
Osaka Univ.	Micro STL	Işıklı Küür > Tarama
Phenix Systems	PHENIX 900	Toz Bağlama > Isıtma
POM	DMD	Harç Yığıma > Püskürtme
Quadrax Laser Tech. Inc.	Mark 1000 LMS	Işıklı Küür > Tarama
Sanders Design Int., Inc.	MDF, Rapid ToolMaker	Harç Yığıma > Püskürtme
Schroff Development Corp.	JP System 5	Tabaka Yığıma > Kesme/Yapıştırma
Solidimension	SD300	Tabaka Yığıma > Kesme/Yapıştırma
Solidscape	PatternMaster	Harç Yığıma > Püskürtme
Soligen Technologies	DSPC	Toz Bağlama > Yapıştırma
SONY (D-MEC)	SCS	Işıklı Küür > Tarama
Sparx AB	HotPlot	Tabaka Yığıma > Kesme/Yapıştırma
Specific Surface Corp.	3DP	Toz Bağlama > Yapıştırma
Speed Part AB	SMS	Toz Bağlama > Isıtma
Stratasys	FDM, Dimension...	Harç Yığıma > Sıvama
Teijin Seiki	SOLIFORM	Işıklı Küür > Tarama
Therics	Theriform	Toz Bağlama > Yapıştırma

Unirapid	Unirapid II, SP1502	Işıklı Kür > Tarama
Z Corp.	Z406 System	Toz Bağlama > Yapıştırma

Tablo 1

### III.2.3. Sanal Modelden Parçalı Üretim

Gerek çıkarımsal gerekse eklemeli yöntemde temel sorun işlenecek modelin fiziki boyutudur. Her üretim ortamının boyuta bağlı sınırları vardır. En, boy ve yükseklik olarak makinanın sınırları içinde çalışabilmek için modelin hedeflenen boyutundan taviz vermek yerine modeli daha sonra birleştirilmek üzere parçalara ayırarak üretmek bilgisayar destekli üretim ortamında kolaylıkla uygulanabilecek bir stratejidir.

Metale dönüştürülecek prototipin boyutları döküm aşamasında sorun çıkarabilir. Formun hacmine bağlı olarak eritilmesi gereken metal miktarı heykeltıraşın eritme olanaklarını aşabilir. CNC ya da 3B Eklemeli Baskı ortamının fizik sınırlarını, dökümhane kapasitesini ya da tek parça döküm maliyet ve risklerini gerekçe göstererek heykelin küçük ölçekli üretimi metal kaynaştırma tekniklerindeki ilerlemeler sayesinde artık gereksiz kaygılar olarak kalmıştır. Heykel henüz bilgisayar ortamında modellenirken parçalı bir yapıda düzenlenebilir. Daha sonra metal parçalar TIG<sup>23</sup> aracılığıyla birleştirilebilir. Bu tür bir birleştirme sonucu fiziksel görünümde kaynaşma çizgileri görünmez. Heykelin dökümünde kullanılan alaşımdan eklemeler yoluyla argon gaz atmosferinde, çözünmesiz tungsten elektrot ile inverter kaynağı sayesinde tefsiye sonrası ekleme yeri saptanamayacak nitelikte kaynaştırmalar yapmak mümkündür. Çalışma bir seferde bitirilmiş gibidir. Alışılmış olduğu gibi yaşlanmaya bağlı renklemeler ve ek yerlerinde elektrot alaşımının izinin belirginleşmesi gibi sorunlar bu tür uygulamalarda gözlenmez.

<sup>23</sup> Tungsten Inert Gas Welding: Gazaltı Kaynak

Bu tür uygulamalar için modelleme sırasında parçalara ayrılan form üzerinde pozisyon belirleyici kılavuz izleri oluşturulması önemlidir. Bu izlerin amacını aşacak boyutlarda olmaması ve üretim sonrası kolayca giderilebilecek yapıda olması da düşünülmelidir.

### **III.2.4. Tersine Üretim**

Tersine üretim ve tersine mühendislik kavramları bilgisayar destekli tasarım ortamının önemli bir uğraş alanını belirlemektedir. Analog yöntemlerle üretilmiş olan ya da doğal nesnelerin dijitalleştirilmesi süreci tersine üretimin bağlamını da belirlemektedir.

Küçük ölçekli maketler, daha önceden üretilmiş formlar ve fizik dünyanın nesnelere ait dokular çeşitli yöntemlerle sayısallaştırılabilir. Başka bir anlatımla, geleneksel heykelin nesnelere bilgisayar ortamına aktarılabilir. Modelden dijitalleştirme yoluyla bilgisayar ortamına aktarılan nesnelerin bilgisayar ortamındaki mevcut tasarımlara bitleştirilmesi (assemblage) ya da gömülmesi (embedding) ile ulaşılabilecek tasarım fikirleri üretilebilir. Bu bir tür kopyalama sürecidir. Bu kopyalama süreci ile kazanılacak dijital veri daha sonra oransal değişiklikler, morfolojik uyarlamalarla başkalaştırılabilir (metamorphosis). Bu yapısal değiştirme ve dönüştürmeler olmadan da bir nesne tüm olağan özellikleriyle bilgisayar ortamına aktarılabilir. Bilgisayar destekli ortamda bu tür çalışmalar 3B tarayıcılar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir.

Endüstriyel amaçlı 3B tarayıcılar lazer ve piezo algılayıcılar olmak üzere iki ana algılama yöntemini kullanmaktadır. Her iki yöntemde de taraması yapılacak nesnenin dış yüzeyinin bilgisi verileştirilmektedir. Büyük ölçekli nesnelerin taramasında kullanılan sistemler nesne çevresinde hareket edebilecek bir platform aracılığıyla yönlendirilir. Derinlik algılayıcı olarak iş gören lazer ışın demeti taraması yapılacak nesnenin çevresinde 360 derece dönebilecek bir rotada yukarıdan aşağıya hareket ettirilir. Algılayıcının dairesel

hareketlerinin toplamı silindir olarak tanımlanabilecek bir yüzeyi oluşturmaktadır. Tarama sırasında toplanan veriler tarayıcı yazılımı aracılığıyla bilgisayar ortamında derlenerek tarama nesnesinin sayısal modeline erişilir. Bu yazılımda derlenmiş olan veri daha sonra bilgisayar destekli tasarım ortamına aktarılır. Küçük ölçekli nesnelerin taraması nesnenin bir platform üzerinde döndürülmesi yoluyla gerçekleştirilir. Bunun dışında yukarıda açıklanan yöntemden bir farkı yoktur. Nesnenin tek bir yüzünün taranması için CNC tezgâhlarına benzer bir tezgâh kullanılmaktadır. Kesici motorun bulunduğu Z eksenine bağlı algılayıcı ile XY düzleminde derinlik örnekleri alınarak platform üzerine yerleştirilmiş rölyef ya da nesnenin tek yönden yükseklik haritası bilgisayar ortamına aktarılır.

Lazerli tarama düzeneklerinin dışında piezoseramik algılayıcılar daha yavaş çalışmasına rağmen düşük fiyatları ve her ortamda ölçüm yapabilmeleri nedeniyle sanatsal çalışmalarda tercih edilmektedir. Algılayıcıya bağlı bir metal prop aracılığıyla taraması yapılacak nesne yüzeyine doğru hareket eden Z eksenine bağlı piezoseramik duyurga ince bir tungsten alaşımı tel olan metal probun nesneye teması ile birlikte piezoseramik mambranda bir akım oluşmasına neden olacak fiziksel darbeyi algılayarak Z eksenini hareket ettiren step motorun durmasını sağlar. Bu fiziki adresteki (XY koordinatları) Z değeri yazılım aracılığıyla kayıt altına alınarak bir

sonraki XY pozisyonuna geçilir ve aynı işlem o adreste tekrarlanır. Tüm tarama yüzeyi boyunca alınan örneklerin oluşturduğu bir tür noktalar bulutu yazılım tarafından yüzeye dönüştürülür. Bu yüzey tarayıcı yazılımından uygun dosya uzantısı ile bilgisayar destekli modelleme ortamına



**Resim 24**



aktarılır.

Tıp alanında kullanılmakta olan manyetik tınlama tekniği ile insan bedeni gibi canlı organizmaların değişik katmanlarından alınan veri paketleri de dönüştürücü yazılımlar aracılığıyla bilgisayar destekli modelleme ortamına aktarılabilir. Ancak, yüksek yoğunluktaki bu veriler maliyetli bir dosya oluşturacaktır (Resim 24–30). Tarama yoluyla bilgisayar ortamına kopyalanan nesne üzerinde büyütme, küçültme, eklemeler ve çıkarmalar yapma olanağı doğmaktadır. Bu veri paketinden alınan yüzey bilgileriyle bu nesneyle tam temas halinde olacak başka nesnelere tasarlanması da olanaklıdır.



Resim 25



Resim 26



Resim 27



Resim 28



Resim 29



Resim 30

#### IV. UYGULAMALAR

Dijital ortamda üretilen eserler tüm görsel dünyamızı kaplamış durumdadır. Sinema sektöründen oyunlara, reklamlardan belgesellere geniş bir yelpazede sanal modeller ve bu modellerin oluşturduğu animasyonlar bir patlama halinde görsel kültürümüzü yeniden yapılandırmaktadır. Ancak, nesneye dönüştürülebilirlik ve fizik dünyaya indirilebilirlik kıstaslarıyla incelediğimizde, birçok modelin bu tür uygulamaları yapılabilirse de çalışmamız açısından işini bu niyetle planlamış sanatçıların verdiği eserler değer taşımaktadır. İzleyen bölümlerdeki örnekler bu bakımdan değerlendirilmelidir.

##### IV.1. Yurtdışından Örnekler

Dünya ülkelerinde genç kuşak sanatçılar CG alanını yeni bir ifade ortamı olarak görmekte bu ortamın olanaklarını özgürce kullanarak eserlerini üretmektedir. Çoğunlukla bilgisayar oyunları ve sinema sektörü merkezli şirketlerde çalışan sanatçılar mevcut sanatsal çalışmaların büyük bir yüzdesini kapsamakta olsa da bilgisayar ortamından yararlanarak fiziksel nesneye yönelik çalışmalar yapan sanatçılar da

azımsanmayacak sayıda ve niteliktedir. Çalışmamızın amacı ve sınırları nedeniyle aşağıda bu tür çalışma yapan sanatçıların örneklerine yer verdik.

### **Christian Lavigne**

Şair ve sanatçı olan Christian Lavigne 1994 yılında Fransa’da ilk sanatsal stereolitografi denemesini yaptı (Resim 31). 1997 yılında INTERSCULP adlı



**Resim 31**

uluslararası interaktif ve simultane

bilgisayar heykeli bienalinin kuruluşunda rol

aldı. “Regeneration du Monde” (1996–1998) bal rengi ince stereolitograf üç parçalı heykelin ilk parçasıdır. Ayaklı bir destek üzerine düşen bir damlanın görüntüsü üzerine biçimlendirilmiştir. Daha sonra 1998–1999 yıllarında aynı iş mum giderme yöntemiyle alüminyum olarak dökülmüştür. Sanatçıya göre bu heykelcikler ebedi yeniden doğumun kozmik döngüsünü temsil etmektedir. Sanatçı bu heykellerin aynı anda Paris, Amerika ve Avustralya’da basılmasını planlamaktaydı. Christian Lavigne reel ve sanal heykelin Avrupa’daki elçisidir.

### **Dan Collins**

Disiplinlerarası 3B modelleme ve RP oluşumlarına sahip PRISM (Partnership for Research in Stereo Modeling)<sup>24</sup> laboratuvarının yardımcı yöneticiliğini de yapan Arizona Devlet Üniversitesi Sanat Okulu’nda İntermedya doçentidir. Araştırmaları 3B dijital görüntüleme alanında teknik ilerlemeler ve sanatta kullanımı üzerinedir. Tıbbi teşhis

<sup>24</sup> Stereo Modelleme Araştırmasında Partnerlik Laboratuvarı.

ekipmanı (CTI, MRI) ve 3B lazer tarayıcılar aracılığıyla elde edilen verinin 3B yazılımlar aracılığıyla işlenerek CNC ve RP teknolojileriyle gerçekleştirilmesi süreçleri üzerinde araştırmalar yapmaktadır. “Temas Kültü” (1999)



Resim 32

ve Gösterici (1999) gibi çalışmaları Alberto Giacometti'nin ekspresyonist çalışmalarına atıfla ürettiği dijital yöntemlerle uzatılmış ellerden oluşan bir seri işin örnekleridir. Dokunma Kültü duvara monte edilen bir çalışma olarak içi tavana dönük bir açık el ve avuç içinde ölçeklendirilmiş bir mikroskop prototipinden ibarettir. Collins elinin aljinat kalıbını almakla işe başlar. Aljinat kalıptan aldığı alçı modeli 3B lazer tarayıcı aracılığıyla bilgisayara aktarır. Tam ölçekli dijital model enine ve derinliğine küçültülerek uzama etkisi oluşturulur. Daha sonra bu model üzerinden CNC ortamında Renshape 450 yüksek yoğunluklu üreten örnek üretilir. “*Kendimizi Unutmak*”<sup>25</sup> (1995–1999) sanatçının bilgisayar destekli biçimlendirme<sup>26</sup> konusundaki uğraşının bir örneğidir.

Collins, yaşlı annesinin ve kendisinin gerçek ölçülerde bronz büstlerden dijitalleştirme yoluyla her iki kişiliğin de morfolojik ortalamasını<sup>27</sup> üretmiştir (Resim 32). Bu yabancı üçüncü varlık anne ve oğlunun ortak özelliklerinden bazılarını taşımaktadır. Morfolojik ortalama ECHO yazılımı aracılığıyla üretilmiştir. Daha sonra STL dosyası haline dönüştürülen veri CNC ya da RP ortamında malzemeye aktarılır.

<sup>25</sup> Forgetting Ourselves

<sup>26</sup> Computer Aided Morphing

<sup>27</sup> Morph Interpolation

### **Dijital Taş Projesi (Digital Stone Project )**

Dijital Taş Projesi (Digital Stone Project) 3B yaratıcı fikirleri gerçekleştiren, işbirliğini destekleyen, yaratıcı betimlemenin en üst düzeyde başarılması için inovasyon ve araştırmalara açık olan bir anlayışla sanatçılar, mimarlar, tasarımcılar ve halka yönelik çalışmaları misyon edinmiştir. Johnson atölyesi, taş bölümünün çalışma hayatına son vermesi üzerine bu benzersiz atölyenin sürdürülmesi amacıyla 2001 yılında taş heykele gönül veren bir grup sanatçı tarafından

kar amacı gütmeyen bir anlayışla kurulmuştur. Organizasyon Amerika'da ulusal ve uluslararası heykel topluluklarına yönelik etkinlikler düzenlemektedir. Taş işlemenin tüm alanlarında ve geniş kapsamlı dijital uygulamalarda eğitim vermek amacıyla



**Resim 33**

kurslar, workshop etkinlikleri, atölyeleri tanıtmaya yönelik turlar, sohbetler, konferanslar, akademik ve bireysel amaçlı ziyaret gibi konularda etkinlikler düzenlemektedir. Oldukça uzmanlaşmış, siparişe göre imal edilmiş taş yontucu CNC makinaları, ileri teknoloji yazılım, yüksek deneyimli elemanlar ile DSP herhangi bir heykel ya da mimarlık projesini geleneksel bir maketten, sanal dosyadan, mimari bir çizimden ya da sanatçının eskizlerinden yola çıkarak kolaylıkla işleyebilir (Resim 33 ve 34).



**Resim 34**

DSP özel siparişle üretilen masif 5 eksenli Omag CNC, 3 metreye kadar işler için 3 ve 4 eksenli geniş ölçekli CNC torna, anıt ölçekli proje taşlarını kesmek üzere hassas Pellgrini CNC elmas şerit testere (Resim 35), 3 adet 30 tonluk vinç, elmas çekirdekli matkap, çeşitli taş ve mermer stoku gibi



**Resim 35**

donanım ve malzeme ile olanaklarını zenginleştirmiştir: Bu kaynaklara ek olarak tüm geleneksel ve elektrikli el aletleri, geleneksel yontu, yüzey işleme ve parlatma donanımı da bulunmaktadır. Proje geliştirme ve üretim sürecinde yüksek beceri ve bilgiye sahip çalışanlar da görüş alışverişi ve süpervizörlük için hazır bulunmaktadır (Resim 36–56 proje işlerinden örnekler göstermektedir). DSP tüm dünyadan sanatçı ve akademisyen başvurularını kabul etmektedir.



**Resim 36**



**Resim 37**



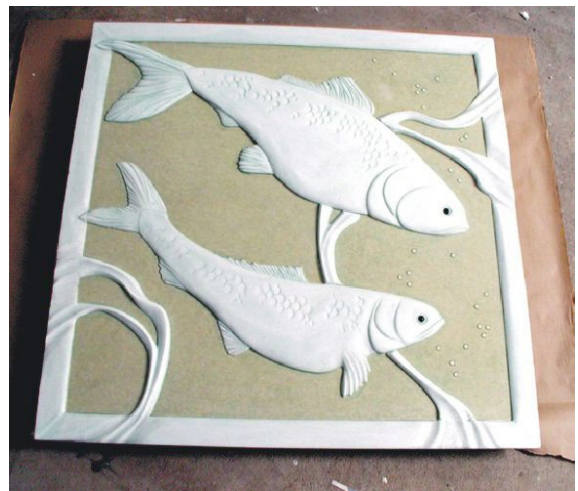
**Resim 38**



**Resim 39**



**Resim 40**



**Resim 41**



**Resim 42**



**Resim 43**



**Resim 44**





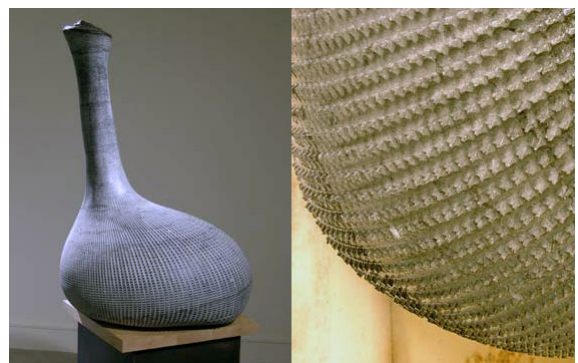
**Resim 45**



**Resim 46**



**Resim 47**



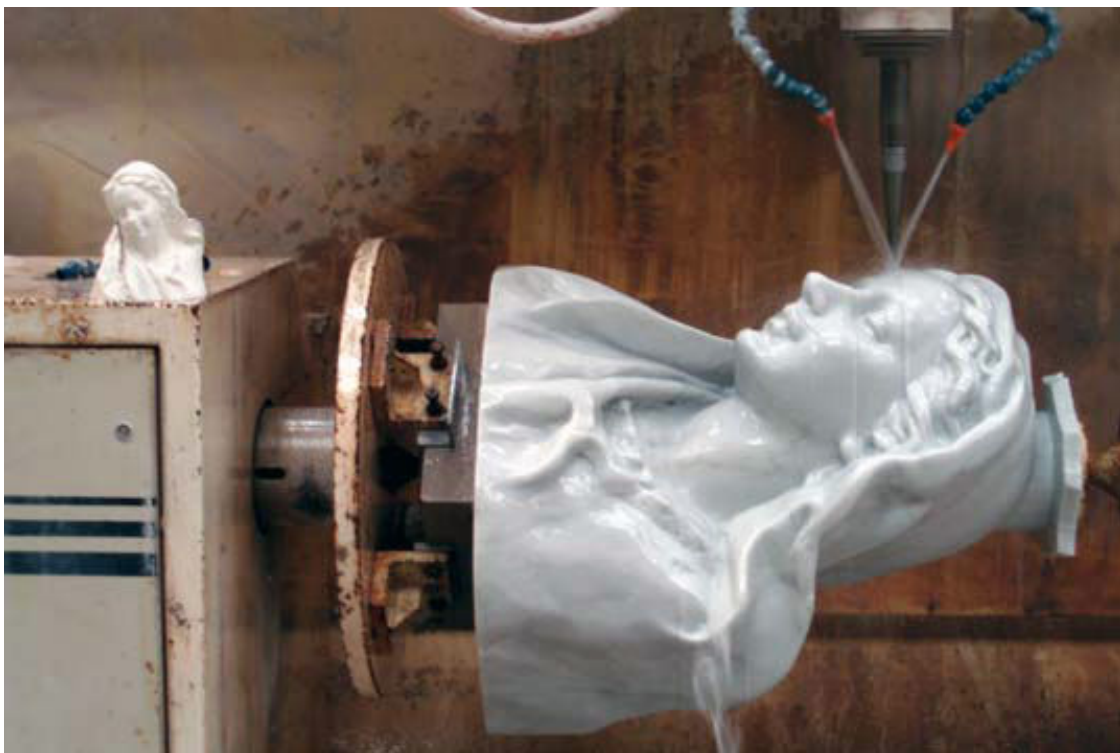
**Resim 48**



**Resim 49**



**Resim 50**



**Resim 51**



**Resim 52**



**Resim 53**



**Resim 54**



**Resim 55**



**Resim 56**

### **Jim Bredt**

1994 yılında buluşçu ve sanatçı arkadaşı Tim Andersen ile birlikte yazıcıları içine biraz şeker ekleyerek oto inşa prototipleri üretmek üzere standart mürekkep püskürtmeli yazıcı ile zehirli olmayan tozları kullanma konseptini geliştirdiler. Bir yıl sonra diğer ortaklarla birlikte iki arkadaş Z Corp şirketini kurdular. Z402 adındaki ilk 3B baskı makinaları bir STL dosyadan 20x20x25 cm boyutlarında prototipi birkaç saat içinde üreten bir makinaydı. Bitmiş ürünün malzemesi katmanlar halinde bağlanmış selüloz ve tehlikesiz karbonhidrat tozundan ibaretti. Jim Bredt 1999 yılında gerçekleştirdiği, Hintli bir tanrının beş başlı ve çok bacaklı postmodern yorumu olan “5Jimthing” adlı çalışmasında (Resim 57) kullanmak için tam beden taraması gerçekleştirmişti. Bredt’e göre bu eser kendisinin yaratım sürecindeki simyayı da anlatmaktadır. Etin veriye, verinin yapıya ve

yapının da sembole dönüşmesi bu simyayı tarif etmektedir. Simyada soyut biçimde parça içinde temsil edilen ve somut olarak teknolojiyle biçimlendirilen bir çoğaltma konsepti vardır.

### Karin Sander

Lazer tarayıcılar arayıcılığıyla

tanıdığı insanların tüm beden taramalarını

yaparak dijital bir koleksiyon oluşturup RP yöntemiyle oldukça küçük ölçekte modeller üretmiştir. Bu modellerden bazıları daha sonra elde renklendirilmiştir (Resim 58–60).



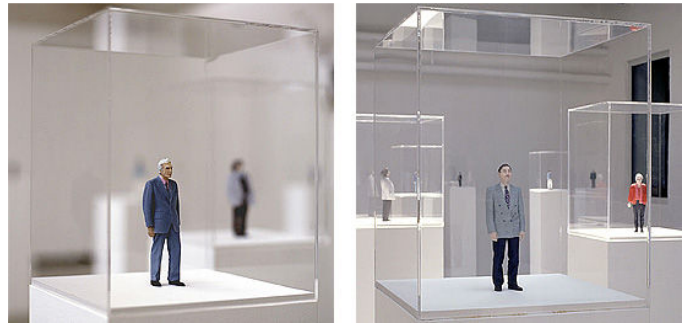
Resim 57



Resim 58



Resim 59



Resim 60

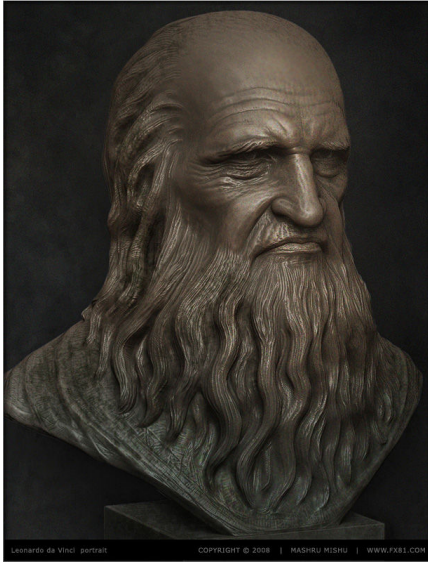
## Mashru Mishu

Bangladeş doğumlu genç bir sanatçı olarak New York'ta çalışmalarını sürdürmektedir. CG çalışmalarına 1993 yılında başlamış olsa da sanatçı ebeveynin etkisi ile çok ileri bir sanat deneyimi geliştirmiş olduğu çalışmalarından

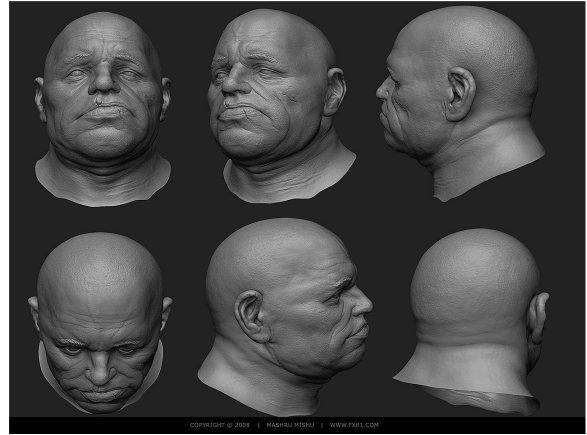


**Resim 61**

gözlenmektedir (Resim 61–63). Amazon yerlilerinin yaşamlarını inceleyerek oluşturduğu çeşitli modellemeler oldukça beğeni toplamıştır. New York Görsel Sanatlar Okulu'ndan mezun sanatçı bilgisayar oyun endüstrisi içinde yer alan Kaos Studios adlı firmada karakter modelleyici olarak çalışmalarını sürdürmektedir.



**Resim 62**



**Resim 63**

### Michael Laforte

Sanatçının dijital heykelleri mimari mekânda benzer nesnelere yeniden yapılandırmak amacıyla stereo litografiyle oluşturulmuştur. Çalışmalarını 3D System firmasının SLA 500 Reçine süreciyle üretmektedir. Sanatçı radyatör, alet kutusu, kapı zili gibi sıradan nesnelere üretir ve bu nesnelere var olan mimari yapılara ekler (Resim 64–65). Sanatçı gündelik yaşamın görünmezleri arasına girmiş olağan nesnelere sanat ortamına taşımaktadır. Çalışmaları günümüz sanal kültüründe işlevsel nesnelere ve mekân konusunda sorular oluşturmayı amaçlamaktadır.



Resim 64

Çağdaş kültürde nesnenin statüsünü sorgulayan deneyici ve maceracı bir sanatçıdır. Nonumental Machines<sup>28</sup>: olmayan mekânlara, olmayan malzemeye ve nesneleşmemeye açılan makinalar ilk dönem heykelleri arasında sayılmaktadır. 1998 yılında tümüyle dijital ortam süreçleri yardımıyla heykel nesnelere üretmeye yoğunlaştı. Kurgusal prototiplerden oluşan Bodies without Organs<sup>29</sup> çalışmalarında çevremizdeki mekâna sızan, ilgisiz bir biçimde algı odağımıza sokmadığımız kullanım nesnelere çalışmıştır.



Resim 65

---

<sup>28</sup> Monumental (anıtsal) ile non- (olmayan -siz) ön ekinin karışımı bir yeni kavram yaratımı sonucu bir anlamda “anıtsal olmayan” çağrışımı yaptıran söz oyunu. Nonumental Makinalar.

<sup>29</sup> Organsız Bedenler

### Michael Rees

2004 yılında RP teknolojileriyle deneyler yapmaya başlamıştır. Çalışmaları dijital teknoloji ortamına mistisizmi taşımıştır. 1995 yılında New York'taki Whitney bienalinde bir gösteri ve galeri sergileri gerçekleştirdikten sonra memleketi Kansas'a dönerek çalışmalarına ve tarzını öğretmeye yoğunlaştı.

Gerçeküstü heykellerinde Hinduizm, insan bedeninin fiziksel ve ruhani temellerinden ve ileri teknolojiden yola çıkar. Sanatçının "Ajna 3" serisi çalışmaları ölüm ve yaşam döngüsü üzerine bir meditasyondur. İnsan kafatası içinde soyutlanmış bir uterusun oluşan "Ajna 3 Blue" çalışması (1998) yüzün ön tarafında çiçeksi organik biçimler, küçük bir fil, inek başı ve insan eli ile bütünleştirilmiştir (Resim 66). Kaliforniya, Helsys of



Resim 66

Torrance firması patentli LOM (Laminated Object Manufacturing) RP makinalarının gösterilerinde kullanılmak amacıyla sanatçı Michael Rees'e yaklaşık 180 cm uzunluğunda bir heykel için sipariş vermiştir (Resim 67). Rees çalışmasına bilgisayar ortamında başlamış ve yazılım aracılığıyla modelini binlerce kâğıt kalınlığında dilimlere ayırmıştır.



Resim 67

Helisys makinası her bir kesit için tek bir lazer kesim oluşturarak tümünü üst üste yapıştırılmıştır. Bu heykel o döneme kadar yapılmış olan en büyük LOM modellemedir.





Resim 68



Resim 69

### Tim Andersen

ZCorp

Ar-Ge

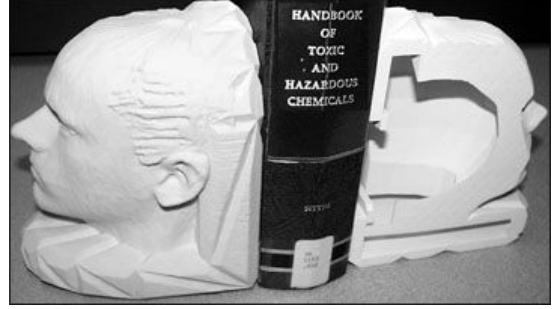
çalışmalarında bulunmadığı zamanlarda sürpriz akşam yemekleri ve sanatsal oturumlar sırasında Z Corp baskı makinaları aracılığıyla çok küçük heykelcikler üretmiştir. Bu



Resim 70

çalışmalar tıpkı çocukların oynadığı oyuncak askerlere benzemektedir. Kendi çıplak bedeninin taramalarını kullanarak (1999) on santimlik insan figürleri koleksiyonu oluşturdu (Resim 70). Bu figürleri tıkabasa doldurduğu fiçiyi de “Maymunların İnsan Fiçisi” olarak adlandırdı. “Self Portrait Cremation Urn Bookend” adlı çalışmasında (1994-1999) RP teknolojisiyle yarattığı kendi kopyasını kullanmıştır (Resim 71). Bu çalışma aynı zamanda kitap tutucu olarak da kullanılabilir. Andersen bu çalışması için birçok

motivasyon kaynağından bahseder ki bunlardan en önemlisi kendi ölümünden sonra dostları tarafından unutulmamak üzere küllerinden hazırlanacak olan bir dizi “Self Portrait Cremation Urn Bookend” çalışmasını dostlarına hediye etmeyi ve böylelikle en azından kitaplıklarında varlığını sürdüreceğini düşünmekteydi.



**Resim 71**

### **Vladimir Minguillo**

Peru'nun Lima kentinde doğmuştur. 18 yaşında sanatta yüksek lisans yapmak üzere Avrupa'ya, İsveç ve İspanya'ya yerleşti. CG alanında çalışarak kazandığı deneyimle İsveç'te çalışma hayatına başladı. 3B ortamı heykeltıraşları arasında en iyilerinden bir olarak Michelangelo'nun Pieta çalışmasına atfen reproduksiyonu (Resim 72) ile büyük başarı kazanmıştır.



**Resim 72**

## IV.2. Yurtiçinden Örnekler

Altın takı endüstrisine yönelik modellemeler ve bir grup endüstriyel tasarım prototiplemesi dışında yurdumuzda sanal gerçeklik<sup>30</sup> ve sanal heykel<sup>31</sup> dışında yayınlanmış örnek görme olanağı bulamadık. Tüm dünyada sanat insanlarının büyük bir arzu ve enerjiyle kendilerini ifade etmeye çalıştıkları bu yeni ve zengin olanaklara sahip ortamda sessiz kalmış olduğumuzu sanmıyoruz. Ancak, ürüne yönelik telif hakları ve üretimin ülkemizde halen oldukça yüksek maliyetlerle gerçekleşmesi nedeniyle bu alanda çalışma yapan sanatçıların eserlerini henüz sergileyememiş olduklarını tahmin ediyoruz.

Ülkemizde de bilgisayar ortamının sağladığı avantajları değerlendiren sanatçılar ve eserlerini görmek olasıdır. Prof. Ferit Özşen tarafından 1996 yılından başlayarak 3B



Resim 73

tarayıcı ve CNC aracılığıyla maket ve heykel modellemeleri yapılmaya başlanmıştır. Çanakkale'deki şehitler anıtının yüzey rölyefleri maketten tarama aracılığıyla elde edilen dijital rölyeflerin büyütülerek CNC yoluyla malzemeye aktarıldığı çalışmalar buna örnektir (Resim 73). Prof. Rahmi Aksungur da rölyeflerinde CNC ile işlemenin sağladığı olanakları kullanan sanatçılardan biridir.

---

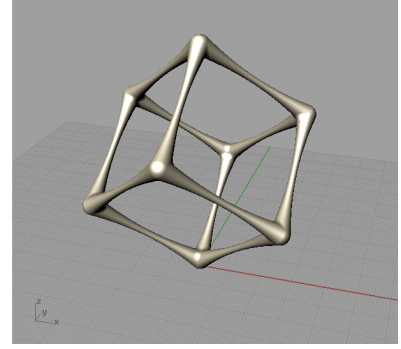
<sup>30</sup> Virtual Reality: Sanal gerçeklik.

<sup>31</sup> Artificial Sculpture: Sanal ortamda hazırlanmış fiziksel nesneye dönüştürme kaygısı

CNC ve lazer yöntemiyle tarama aygıtları ülkemizde de yaygınlaşmıştır. Bu yaygınlaşmaya bağlı olarak üretim maliyetlerinde de azalma görülmektedir. Bilgisayar ortamında modelleme yazılımlarının ve bu yazılımlar üzerine ders veren sanat okullarının ve kursların yaygınlaşması da yakın gelecek için umut vaat etmektedir. Kentlerin sanayi bölgelerinde iyi yetişmiş CAD/CAM ve CNC teknisyenleri bulunmaktadır. Yurtdışından örnekler bölümünde çalışmalarını tanıtmış olduğumuz Dijital Taş Projesi gibi düzenlemelerin üniversiteler ve sanayi işbirliğiyle gerçekleştirilmesi yönünde istekler gündeme gelmiştir. Heykeltıraşlarımızın alanı keşfetmeleri beklenmektedir.

### IV.3. Çalışmalarından Örnekler

Küp, piramit, dodekahedron gibi bilinen geometrik primitiflerin deformasyonu yoluyla yeni hacimler tanımlama çabalarım sonucu ulaştığım nesnelere bir yandan statik bir geometrik yapının bilgisini içinde barındırırken diğer yandan bu yapının deformasyon aracılığıyla başına gelenleri sergileyen tek sözcüklü cümleler haline gelmektedir. Resim 74'deki öncül formdan bir dizi bükme ve eğme işlemi sonucu ortaya



**Resim 74**



**Resim 75**

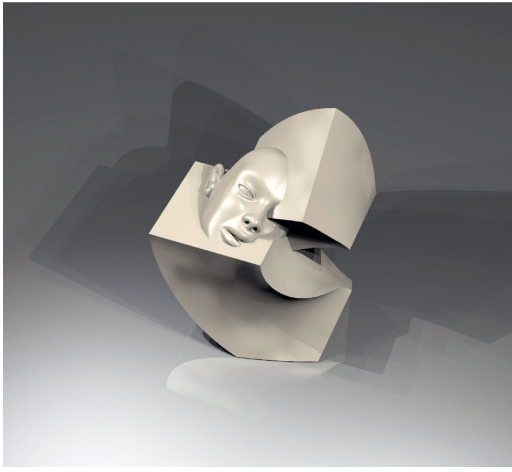


**Resim 76**

çıkan yeni geometri küp kodunu halen baskın bir biçimde korumaktadır. Resim 75 ve 76'da görülen çalışmalar dakikalar içinde onlarca deneme sonucu seçilmiş üretilebilir

tasarımlardır. Bu çalışmaları 3B ortamında örnekler arasından seçerken kimi zaman optik yanılsama içine düşerek küplerin düzeldiği ancak bilgisayarımın monitörünün ve içinde bulunduğum odanın bükülerek deforme olduğu sanısını duyumsadım.

Evrensel deformasyon teknolojisi<sup>32</sup> ile hemen tüm 3B nesnelere üzerinde bükme, kıvrım gibi deformasyon kolaylığını gündelik yaşamımızın bilindik nesnelere uygulama denemeleri yaptım (Resim 77–80).



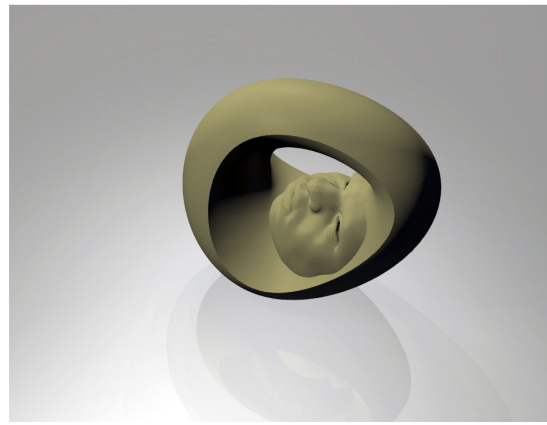
**Resim 77**



**Resim 78**



**Resim 79**



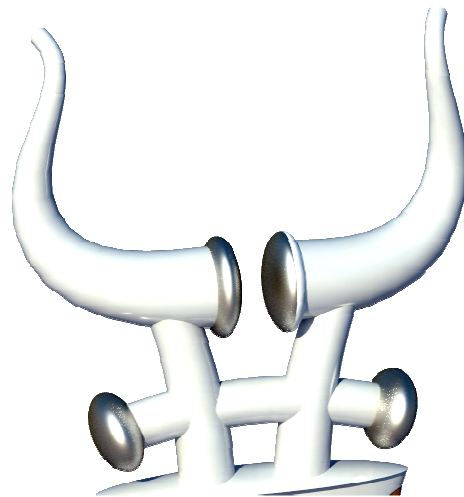
**Resim 80**

<sup>32</sup> UDT: Universal Deformation Technology ( Rhinoceros 4.0 sürümündeki birçok yeniliğin temeli olan olanaklar bütünü.

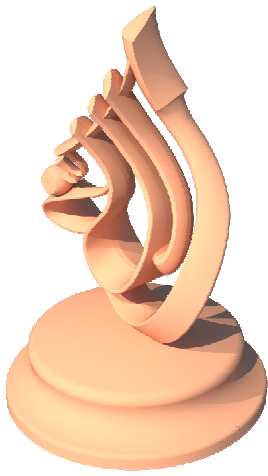
2001 yılında Kültür Bakanlığı D SİM yarişmasında büyük ödüle layık görülmüş çalışmamızın çizimini o günlerde henüz yeni bir yazılım olan Rhinoceros 1.1 sürümüyle gerçekleştirmiştik. O tarihte bir endüstriyel devrim olarak görülen Roland DG firmasının geliştirdiği Modela MDX-15 üç eksenli, masaüstü çıkarımsal modelleme makinasını satın alarak prototipi doğrudan değişik ahşap malzeme ve kemik üzerinde gerçekleştirdik. Elsanatı ile uğraşanları desteklemek amacıyla düzenlenen bir yarişmada tümüyle dijital ortamda tasarlanmış ve üretilmiş bir ürünle dereceye girmiş olmak ülkemizde bir ilk olarak kayıtlara geçti.  zleyen yıllarda takıya yönelik tasarım çalışmalarından zaman buldukça dijital ortamın forma yönelik getirileri üzerine deneysel araştırmalar yapmaya başladık. Anı heykelciği, madalya gibi anı nesneleri tasarlayıp çeşitli üretim stratejileri ile fizik nesneye dönüştürmenin maceralı yolculuğunu yaşadık (Resim 81–90).



**Resim 81**



**Resim 82**



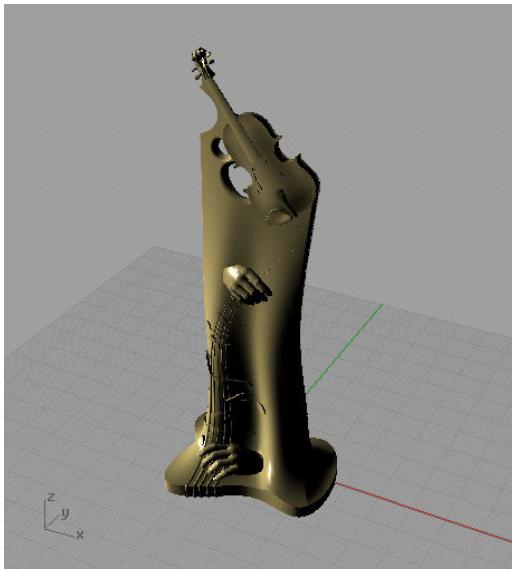
**Resim 83**



**Resim 84**



**Resim 85**



**Resim 86**



**Resim 87**

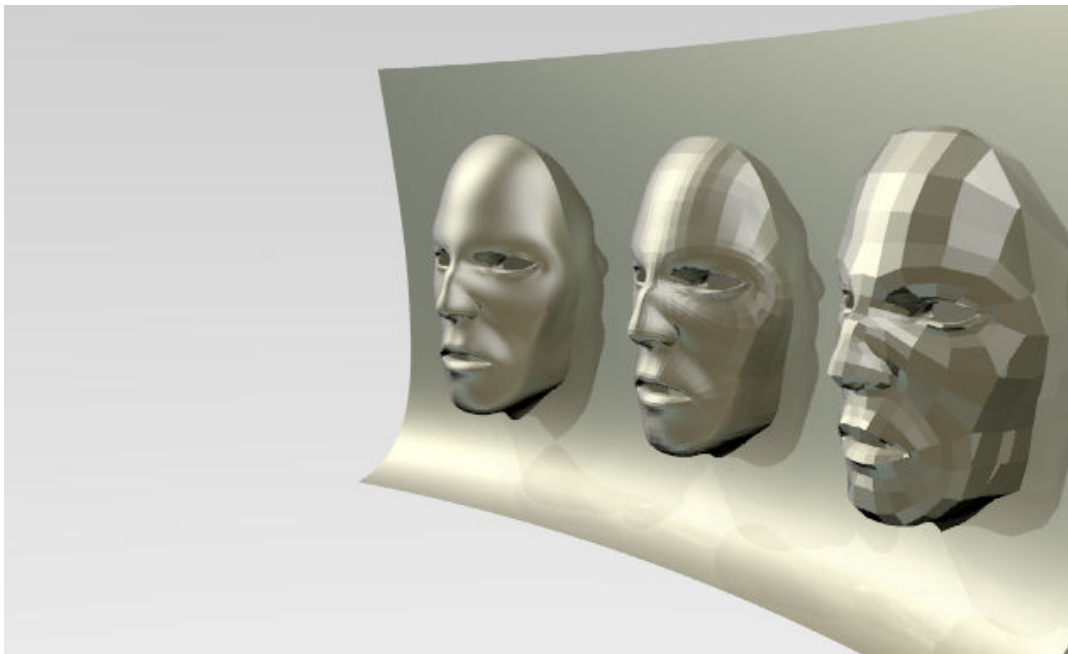


**Resim 88**





**Resim 89**



**Resim 90**

## SONUÇ

Geleneksel modelleme çalışmalarında sonucun başarısını belirleyen sanatçının el becerisi, modelaj stüdyosunun fizik ve teknik olanakları ve zamandır. Modelleme süreci tasarımın olgunlaştığı bir süreçtir ve emek ile zaman etkenleri alternatif denemelere pek olanak tanımamaktadır. Dijital ortam olanakları ile donanmış sanatçı hem el becerisinin hem de fizik koşulların ötesini zorlayabilmekte, temel biçimleri oluşturma aşamasında ve sonrasında çalışmasına yönelik birçok alternatifi de gözleme olanağı bulmaktadır. Bu tür bir modelleme ortamının zengin bir biçimsel deneyim havuzu oluşturabildiği endüstriyel tasarım alanında gözlenmektedir.

Yurtdışındaki birçok üniversitenin güzel sanatlara ve heykel çalışmalarına yönelik programlarında bilgisayar destekli tasarım ve modelleme derslerinin yer aldığını görmekteyiz. Ülkemizde de heykel ve seramik alanlarında bilgisayar ortamıyla tanışıklığı artıracak dersler müfredat içine girmeye başlamıştır. Akademisyenler ve sanatçıların 3B tasarım ve dijital modelleme ortamlarını gündelik stüdyo çalışmalarının doğal bir parçası haline getirmeleriyle bu derslerin tanıtıcı uygulamalar olmaktan öteye geçebileceği kanısındayız.

3B dünyasının kendi alanımız olan küçük ölçekli metal sanatı ve takı tasarımına yönelik katkılarının dünya kuyumcuları tarafından da çok sınırlı bir bakışla değerlendirilmekte olduğunu düşünmekteyiz. Geleneksel prototip üretim tekniklerinin malzeme ve sınırlılıklarıyla dijital ortamdan iş üretmeye çalışan bir tasarımcı işin özünde dijital ortamın getirilerini görmezlikten geldiğinin farkında değildir. Var olan ezberlerin sürdürülmesi, el ve göz becerisinin sınırlarını çoktan aşmış bu teknolojik olanaklar alanı sayesinde heyecanlı buluş ve keşiflerle dolu bir tasarım sürecinin canlanmasını da engellemektedir. Geçmişin büyük ustalarının tasarıma yönelik çözümleri klişeler halinde

yinelenmektedir. Oysa karşımızdaki bu büyük teknolojik devrim yeni bilişsel ve çözümleyici anlayışlar geliştirmemizi özlemektedir.

**KAYNAKÇA**

- Angeles, P. A. (1992). *The harper collins dictionary of philosophy*. New York: Harper Collins Publishers. 2. baskı.
- Antmen, A. (2008). *20. yüzyıl batı sanatında akımlar*. İstanbul: Sel Yayıncılık.
- Baudrillard, J. (2008). *Simülakrlar ve simülasyon*. (Çev. Oğuz Adanır) Ankara: Doğubati Yayınları. 4. baskı.
- Berger, J. (2007). *Sanat ve devrim*. (Çev. Bige Berker) İstanbul: Agora Kitaplığı.
- Ceyson, B., Bresc-Bautier G., Fagiolo dell'Arco M. ve Souchal, F. (1999). *Sculpture from the renaissance to the present day*. Köln: Taschen Verlag GmbH. 3. baskı.
- Collins, J. (2007). *Sculpture Today*. New York: Phaidon Pres Inc.
- Demirkol, C. V. (2008). *Batı sanatında modernizm ve postmodernizm*. İstanbul: Evrensel Basım Yayın.
- Gibbs, D. (1994). *CNC ile işlemeye giriş*. (Çev. Göktay Ediz). Eskişehir: M.E. B. Yayınları.
- Gibbs, D. (1994). *CNC parça programlama*. (Çev. Cengiz Malkoç). Eskişehir: M.E.B. Yayınları.
- İlbeyi Demir, F. G. (2009). *Kiç ve plastik sanatlar üzerine*. Ankara: Ütopya Yayınevi.
- Kahraman, H. B. (2005). *Sanatsal gerçeklikler, olgular ve öteleri*. İstanbul: Agora Kitaplığı. 3. baskı.
- Livingstone, K. (2002). Art manufacturers of the 21st century. Greenhalgh, P. (Editör), *The persistence of craft* içinde (ss. 37 – 48). London: A&C Black Publishing Ltd.
- Plowman, J. (2005). *The sculptor's bible*. London: Quarto Publishing.
- Sayre, H. M. (2004). *A world of art*. New Jersey: Pearson & Prentice Hall. 4. baskı.

Şahiner, R. (2008). *Sanatta postmodern kırılmalar ya da modernin yapıbozumu*. İstanbul: Yeni İnsan Yayınevi.

Çalıköğlü, Levent (2005). *Çağdaş sanat konuşmaları*. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Gibson, Kathleen R. (1993). *Tools, language and cognition in human evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hawkins, David (2002). *Art metalforging*, London: A&C Black Publishers Limited.

Tunalı, İ. (2002). *Tasarım felsefesine giriş*. İstanbul: Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları.

## İNTERNET DOKÜMANI

Báez, M. A. (2004). Generative Dynamics: Process, form and structure. Erişim tarihi: 4 Aralık 2009, <http://www.generativeart.com/on/cic/papersGA2004/31.htm>

Benjamin, Walter (1936), *The work of art in the age of mechanical reproduction*. (Çev. Andy Blunden). Erişim Tarihi: 5.7.2008,

<http://www.marxists.org/reference/subject/philosophy/works/ge/benjamin.htm>

Bilotta, E., Gabriele, A. R., Lorenzi, M. G. Ve Pantano, P. (2004). *CA3D and CA-Tree: Creating virtual objects by using cellular automata*. Erişim tarihi: 4 Aralık 2009, <http://www.generativeart.com/on/cic/papersGA2004/b24.htm>

Christian, P. *Fluid borders: The aesthetic evolution of digital sculpture, form and space-new dimensions*. Erişim tarihi: 5.7.2008,

<http://www.sculpture.org/documents/webspec/digscul/digscul3.shtml>

Chutiwongpeti, S. (2004). *At the dawn of the 21<sup>st</sup> century: A view-thought the red window*. Erişim tarihi: 4 Aralık 2009,

<http://www.generativeart.com/on/cic/papersGA2004/b30.htm>

- Collins, Dan (1997). *The challenge of digital sculpture: Or how to become better tool users*, Erişim tarihi: 8.7.2008,  
[http://www.asu.edu/cfa/art/people/faculty/collins/digital\\_sculpt.html](http://www.asu.edu/cfa/art/people/faculty/collins/digital_sculpt.html)
- Costa, M. (2004) For a new kind of aesthetics. Erişim tarihi: 4 Aralık 2009,  
<http://www.generativeart.com/on/cic/papersGA2004/16.htm>.
- De Mol, L. (2004) Computer generated images as mathematical tools. Erişim tarihi: 4 Aralık 2009, <http://www.generativeart.com/on/cic/papersGA2004/14.htm>
- Fifield, George (--). *The digital sculptor*, Erişim tarihi: 8.7.2008,  
<http://www.bostoncyberarts.org/mindmatter/fifield.html>
- Lavigne, Christian (1998), *La sculpture numerique*, Erişim tarihi: 5.7.2008,  
<http://www.sculpture.org/documents/webspec/magazine/wsenglis.shtml>
- Pohlmann, F. (2007), 3D computer sculpture, Erişim tarihi: 13 Ekim 2009,  
<http://tuxdeluxe.org/node/155>
- Wei, W. (2004), Draftmaker: A design thinking generator in ICAID. Erişim tarihi: 4 Aralık 2009, <http://www.generativeart.com/on/cic/papersGA2004/b3.htm>
- Wilde, O. *The decay of lying: An observation*. Cork: CELT: Corpus of Electronic Texts, 1999. Erişim tarihi: 14Ekim 2009, <http://www.ucc.ie/celt/published/E800003-009/>
- Wilkin, Karin (2004), *Jon Isherwood at John Davis*, Erişim tarihi: 5.7.2008,  
[http://www.jonisherwood.com/reviews/wilkin\\_AIA.htm](http://www.jonisherwood.com/reviews/wilkin_AIA.htm)

## **ELEKTRONİK KİTAP / VERİTABANI**

- Apter, M. J. (1977). Can computers be programmed to appreciate art? *Leonardo, Vol. 10, No. 1*, 17–21. Erişim tarihi: 04 Aralık 2009, The MIT Pres veritabanı.

- Binkley, T. (1997). The vitality of digital creation. *The journal of aesthetics and art criticism*. Vol. 55, No. 2, *Perspectives on the arts and technology*, 107–116.  
Erişim tarihi: 04 Aralık 2009, The MIT Pres veritabanı.
- Dickson, S. True 3D computer modeling: sculpture of numerical abstraction. *Leonardo*, Vol. 25, No.3/4, 281–287. Erişim tarihi: 04 Aralık 2009, The MIT Pres veritabanı.
- Drucker, J. (2001). Digital ontologies: The ideality of form in/ and code storage: Can graphesis challenge mathesis? *Leonardo*, Vol. 34, No. 2, 141–145. Erişim tarihi: 04 Aralık 2009, The MIT Pres veritabanı.
- Fisher, R. N. ve Masters R. J. (1985). Computer-aided sculpture: Visual and technical considerations. *Leonardo*, Vol. 18, No. 3, 133–143. Erişim tarihi: 04 Aralık 2009, The MIT Pres veritabanı.
- Goodman, C. (1990). The digital revolution: Art in the computer age. *Art journal*, Vol. 49, No. 3. Computers and art issues of content, 248–252. Erişim tarihi: 04 Aralık 2009, The MIT Pres veritabanı.
- King, M. (1991). A three-dimensional computer sculpting system. *Leonardo*, Vol. 24, No. 4, 383–387. Erişim tarihi: 04 Aralık 2009, The MIT Pres veritabanı.
- Mcneel, Ronald ve Ortakları (2006). Rhinoceros version 4.0: User’s guide. ABD: Mcneel Publishing.
- O’Rourke, M. (1988). Sculpting with computer graphics: An approach to the design & fabrication of abstract sculpture. *Leonardo*, Vol. 21, No. 4, 343–350. Erişim tarihi: 04 Aralık 2009, The MIT Pres veritabanı.
- Pixologic Inc. (2001). ZACADEMY : ZBrush training- the academy compilation. ABD: Pixologic Inc. Yayınları.

Pixologic Inc. (2001). Z-BRUSH version 1.23: Reference manual. ABD: Pixologic Inc.

Yayımları,

Search, P. (1995). The semiotics of the digital image. *Leonardo*, Vol. 28, No. 4, 311–317.

Erişim tarihi: 04 Aralık 2009, The MIT Pres veritabanı.

Wachspress, E. L. (1991). The rise of the polypol sculpture. *Leonardo*, Vol. 24, No. 5,

525–530. Erişim tarihi: 04 Aralık 2009, The MIT Pres veritabanı.



