

BİLGİSAYARDA
ÜÇ BOYUTLU ANİMASYON FİLM ÜRETİMİ
(“BİR BAŞINA OYUN” FİLM UYGULAMASI)

Sanatta Yeterlik Tezi

YÜCEL GÜRSAÇ

Eskişehir

Mart 1999

BİLGİSAYARDA ÜÇ BOYUTLU ANİMASYON FİLM ÜRETİMİ
(“BİR BAŞINA OYUN” FİLM UYGULAMASI)

Yücel GÜRSAÇ /

SANATTA YETERLİK TEZİ

Grafik Anasanat Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ahmet DURMAZ

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Mart 1999

SANATTA YETERLİK TEZ ÖZÜ

BİLGİSAYARDA ÜÇ BOYUTLU ANİMASYON FİLMİ ÜRETİMİ (“BİR BAŞINA OYUN” FİLM UYGULAMASI)

Yücel GÜRSAÇ

Grafik Anasanat Dalı

Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mart 1999

Danışman: Doç. Dr. Ahmet DURMAZ

Üç boyutlu bilgisayarlı animasyon sistemlerinde üretilen karakterlerin canlandırılması, tarihsel süreç içinde bilgisayar grafiklerinin gelişimiyle bağlantılı olarak büyük bir ilerleme kaydetmiştir. Gerçekte var olan ya da olmayan nesnelerin üretimi ve bu üretimin gerçekçi bir şekilde hareketlendirilebilme özelliği ile birçok alanda etkin bir biçimde kullanılmaktadır.

Üç boyutlu bilgisayarlı animasyonun üretimlerinden yararlanan sektörlerden birisi de sinemadır. Sinema filmlerinde karşılaştığımız görsel efektler izleyiciyi her geçen gün daha da şaşırtmaktadır. Gerçek hayatta var olmayan, hayal ürünü yaratıkların, gelişmiş mekanların ve şekilden şekile giren karakterlerin üretimleri, gelişmiş bilgisayar yazılımları tarafından kolayca gerçekleştirilmektedir. Bu alanda yapılan gelişmelerle elde edilen filmler yönetmenlerin ve izleyicilerin hayal güçlerini zorlamaktadır.

Son zamanlarda, geleneksel animasyon yöntemlerinin üç boyutlu bilgisayarlı animasyona uyarlanmasıyla, ortaya Toy Story, Ant-Z gibi eğlendirici filmler de çıkmaktadır. Bu filmlerin amacı, katı gerçekçilikten uzak, geleneksel animasyon yöntemleriyle yakalanacak bir eğlence ortamı yaratmaktır. Bu tür filmlerin gerçekleştirilme sürecinde bir takım yollar izlenir.

Bilgisayarlı animasyon filmlerinin yaratma süreci, bir fikrin ya da öykünün senaryosunun yazılmasıyla başlar. Senaryonun doğrultusunda, çekim senaryosu hazırlanır ve buna bağlı olarak da öykü akış şeması çizilir. Bu aşamalardan sonra modellemesi gerçekleştirilen nesne ve karakterlerin, renk ve doku özellikleri belirlenir. Çekim senaryosu ve öykü akış şeması doğrultusunda sahnede yer alan nesne, karakter ve kamera gibi objelerin hareketleri verilir. Sıvaması sonucunda elde edilen görüntülerin, çekim senaryosu ve öykü akış şemasına göre birleştirilmesi, özel görüntü ve ses efektlerinin eklenmesi ile video gibi gösterim araçlarına aktarılır ve böylece bilgisayarda üç boyutlu film üretme işlemi tamamlanmış olur.

Bu çalışmanın amacı, bilgisayar ortamında, üç boyutlu animasyon teknik ve yöntemlerinden yararlanarak, bir öykünün, senaryo aşamasından başlayarak sunumuna kadar ki üretme süreci içerisinde bir üç boyutlu animasyon filmi üretmektir. Belirlenen amaç doğrultusunda, “Bir Başına Oyun” isimli film uygulaması gerçekleştirilmiştir.

ABSTRACT

Animation of characters produced in 3D animation systems, has been rapidly developed along with the progress of computer graphics. Character animation is widely used in many different areas by its ability to produce and animate simulations of real or imaginary objects.

One of the industries that use the ease of 3D animation, is cinema. The visual effects used in movies are amazing the audience more and more everyday. Production of imaginary creatures, highly developed places and morphing characters can be easily done with today's high-tech computer software. Movies created along means of 3D animation technology forces the imagination of both the directors and the audience.

Recently, by adaptation of principles of traditional animation to computer animation, entertaining movies such as Toy Story and Ant-Z can also be produced. The goal of these movies is to reach an entertaining state, far from the bitter reality, that can be achieved by the methods of traditional animation. There are some certain ways to be used in creating such movies.

The process of creating a computer animated film starts with the writing of its script. After that, a story board should be drawn. Then, the colours and texture maps are assigned to the modelled objects and the objects, characters, cameras etc. in the scene are animated along the script and the story board. In the last stage, the rendered scenes are compiled through the script, special visul and audial effects are added and all of them are transferred into display tools such as video players. So that the production process comes to an end.

The object of this study, is to produce a 3D animation movie starting from the writing of the script through the presentation, using the techniques and methods of methods of 3D animation. Through the object mentioned above, the movie "Bir Başına Oyun-Solitary Game" is produced.

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : Doç. Dr. Ahmet Durmaz

Üye : Doç. Dr. Ünlü DEMİRALP

Üye : Doç. Hüseyin ŞAHİN

Üye :

Üye :

Yücel Gürsaç'ın "Bilgisayarda Üç Boyutlu Animasyon Filmi Üretimi ("Bir Başına Oyun" Film Uygulaması)" başlıklı tezi 29 Nisan 1999 tarihinde, yukarıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca, Grafik Anasanat dalında, Sanatta Yeterlik tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ.....	iii
ABSTRACT.....	iv
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	v
ÖZGEÇMİŞ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

BİLGİSAYARDA ÜÇ BOYUTLU ANİMASYON FİLMİ ÜRETME SÜRECİ

1. BİLGİSAYARDA ÜÇ BOYUTLU ANİMASYON FİLMİ ÜRETME

AŞAMALARI.....	10
1.1. Tasarım ve Öykü Akış Şeması.....	11
1.1.1. Üç Boyutlu Bilgisayarlı Animasyon Filminin Planlanması	11
1.1.2. Öykü Akış Şeması.....	12
1.2. Modelleme	13
1.2.1. Nokta (Point).....	13
1.2.2. Çokgen Modelleme (Poligonal Modeling)	14
1.2.3. İlkel Nesnelere (Primitives)	14
1.2.4. Yama Yüzeyle Modelleme (Patch Surface Modeling).....	15
1.2.5. NURBS Modelleme (Non-Uniform Rational B-Splines)	17
1.2.6. Parçacık Sistemler (Particle Systems)	18
1.2.7. Sayısallaştırıcılar (Digitizer).....	19
1.2.8. Basit dönüşümler (Transformation)	19

1.2.9. Biçim Değiştirme Yöntemleri (Deformation).....	20
1.3. Modellerin Yüzey Niteliklerinin Belirlenmesi ve Doku Tanımlama.....	24
1.3.1. Gölgelendirme (Shading)	25
1.3.2. Desen Tanımlama	26
1.4. Sahne Düzenlemesi	29
1.4.1. Işık Kaynakları	30
1.4.2. Kameralar	32
1.5. Hareketlendirme.....	33
1.5.1. Anahtar Kare (Key Frame) Yöntemi.....	33
1.5.2. Dönüşüm (Transformation) Yöntemi.....	33
1.5.3. Düz Kinematik ve Ters Kinematik (Kinematics and Inverse Kinematics)	34
1.5.4. Parçacık Animasyonu (Particle Animation)	35
1.5.5. Başkalaşım (Morphing).....	36
1.6. Üç Boyutlu Nesnelerin Sıvanması İşlemi (Rendering)	37
1.7. Birleştirme ve Özel Efektler	39
1.7.1. Görüntü Birleştirme	39
1.7.2. Müzik ve Ses Efektleri.....	40
1.7.3. Ses ve Görüntünün Birleştirilmesi	40
1.8. Medya Gösterim Ortamına Aktarım	41

İKİNCİ BÖLÜM

BİLGİSAYARLA ÜÇ BOYUTLU ANİMASYON FİLMİ UYGULAMASI

1. “BİR BAŞINA OYUN” FİLMİNİN GÖRSELLEŞTİRME AŞAMALARI.....	42
1.1. Tasarım ve Öykü Akış Şeması Hazırlanması.....	42
1.2. Modellerin Üretilmesi ve Yüzey Niteliklerinin Belirlenmesi	43
1.3. Hareketlendirme Aşaması.....	54
1.4. Üç Boyutlu Modellerin Sıvanma (Rendering) Aşaması	73
1.5. Birleştirme ve Özel Efektler	62
1.6. Medya Gösterim Ortamına Aktarma Aşaması.....	76

SONUÇ	77
EKLER	69
KAYNAKÇA.....	90

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1.** İlkel Nesne Örnekleri
- Şekil 2.** Yama Yüzeyle Modelleme
- Şekil 3.** Çokgen Örgü Yüzey ve NURBS Model Örneği
- Şekil 4.** İki Boyutlu Yüzeyden Çıkarma Yöntemiyle Model Oluşturma
- Şekil 5.** İki Boyutlu Yüzeyden Tornalama Yöntemiyle Model Oluşturma
- Şekil 6.** Kesme, Çıkarma ve Ekleme Yöntemi
- Şekil 7.** Bükme Yöntemi
- Şekil 8.** Gürültü Yöntemi
- Şekil 9.** Düz, Gouraud ve Phong Gölgeleme Teknikleri
- Şekil 10.** Desen Tanımlama Yöntemlerinden Örnekler
- Şekil 11.** Işık Kaynağıyla Aydınlatılmış Bir Sahnedeki Örnek
- Şekil 12.** İnsan İskeleti Yapısında Oluşturulmuş Bir Model
- Şekil 13.** Çarpışan Araba Modelinin Tel Kafes Görüntüsü
- Şekil 14.** Galaxy Raylarının Tel Kafes Görüntüsü
- Şekil 15.** Dönme Dolap Kabininin Üç Boyutlu Tel Kafes Görüntüsü
- Şekil 16.** Gondol Modelinin, “Extrude” Yöntemiyle Üretilmiş Kayık Bölümü
- Şekil 17.** Sekolin Modelinin Tel Kafes Görüntüsü
- Şekil 18.** “Lofting” Yöntemi İle Üretilen At Modeli
- Şekil 19.** Pencere Modeli
- Şekil 20.** Sandalyelerine Eğim Verilmiş Sekolin Modelinin Tel Kafes Görüntüsü
- Şekil 21.** Character Studio’nun “Biped” İskeleti
- Şekil 22.** Çocuk Karakterinin Tel Kafes Modeli

GİRİŞ

Günümüz sinemasında, özellikle bilim-kurgu içerikli filmlerde, izleyicileri şaşırtan birçok görüntü efektleri uygulanmaktadır. Gerçekleştirilmesi mümkün olmayacakmış gibi görünen etki ve efektleri uygulamak, bazı yönetmenlerin bir çeşit amacı haline gelmiştir. Sinema tarihi süresince, uzaydan gelen ilginç görünümlü yaratıkların gerçek insanlar arasında dolaştırılması ve insanlarla birebir ilişkilere girmesi, birbirinden değişik uzay gemilerinin dünyayı istila etmesi ve binlerce yıl önce dünyada yaşamış ve nesilleri tükenmiş yaratıkların, bugünkü zamanda tekrar canlandırılmaları, sıkça işlenen konular olmuştur. Bu türden konular, birçok yöntemle gerçekleştirilmeye çalışılmış, dev ahtapotlar, uzay gemileri, gerçekdışı yaratıklar gibi film içinde kullanılan modeller, yönetmen, mühendis ve tasarımcılar tarafından geliştirilen çeşitli maketlerle gerçekleştirilmiştir. Maketlerin görünümündeki yapaylık, hareketlendirilmelerindeki sınırlılık, yönetmen ve tasarımcıları değişik teknik ve yöntem arayışlarına itmiştir. Bilgisayar alanındaki ilerlemeler ile üç boyutlu modellerin üretilme ve hareketlendirme çalışmalarından elde edilen sonuçlar, arayış içindeki yönetmenlerin, bu alandan da yararlanabileceği düşüncesini getirmiştir. Özellikle, üç boyutlu bilgisayarlı animasyonlarla gerçekçi bir şekilde oluşturulan ve hareketlendirilen sayısal modellerin, sinema alanında, aktörler olarak kullanılması, film anlatım diline yeni boyut kazandırmıştır.

Sinemayla birlikte, mühendislik, mimarlık, tıp gibi, birçok alanda da gerçekçiliğin yaratılması amacıyla kullanılan üç boyutlu bilgisayarlı animasyon, bilgisayarın uzaysal mekanında üç boyutlu olarak oluşturulup, hareketlendirilmiş modellerin sıvanması (rendering) yoluyla elde edilmiş derinlik yanılsaması yaratan iki boyutlu görüntülerin, belli bir hızda ardı ardına gösterilmesi işlemidir.¹

¹ Yücel Gürsaç, "Üç Boyutlu Bilgisayarlı Animasyon ve Yaratıcılık İlişkisi." (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Haziran 1993), s.18.

Bilgisayarla üretilen karakterlerin canlandırılması, tarihsel süreç içinde bilgisayar grafiklerinin gelişimine dayandırabilir. Bilgisayarın icadından sonra, bu alandaki ilk önemli gelişme MIT’de doktora öğrencisi olan Ivan Shutherland’ın Scetchpath ismini verdiği etkileşimli çizim programı ile başlar. Bu sistemle çizimler bir ekran üzerinde gerçek zamanlı olarak canlandırılmaktaydı. Bu işlem, model tabanlı canlandırmanın bir çeşidiydi² ve bilgisayar terminolojisine “Etkileşimli Grafik” (Interactive Graphics) olarak geçmiştir³. Scetchpath, ilk kez, tasarım sanatçısının monitörün başına geçip elinde ışıklı kalemle doğrudan ekranda çizim yapmasını sağladığı için devrim niteliği taşıyordu. Çizimler çok değişik biçimlerde sisteme kaydedilip kopyalama/yapıştırma teknikleriyle bir araya getirilebiliyordu⁴.

Daha sonra Harward Üniversitesine geçen Shutherland, doktora öğrencilerinden Danny Cohen ile birlikte çalışmaları sonucunda ilk “Uçuş Benzetim” (Flight Simulation) yazılımını geliştirmiştir⁵. Bu yazılımda görüntüler tel kafes (wire frame) tekniği ile gösterilmiştir. Yani, görüntüler dolgulu yüzeyler olarak değil, bir çeşit modelin dış hatlarıyla çizgisel olarak gösteriliyordu. Benzetimde, görüntünün ardına gerçekte zamanlı olarak yenilenmesi zorunluluğu, bilgisayarda işlem hızının yüksek olmasını getiriyordu. Bu projedeki bilgisayarın hızı ise, ancak bu tür çizgisel bir gösterime yetiyordu.

Utah Üniversitesinde yapılan bu tür araştırmalar bilgisayar grafiğinin gelişiminde oldukça büyük rol oynamıştır. Bu üniversitede yapılan diğer çalışmalar da foto-gerçeklik ve gerçek zamanlı grafiklerin gösterimi üzerine olmuştur. Bilgisayar grafiğinin ilk zamanlarında foto-gerçek görüntülerin elde edilmesinde, düzgün ya da eğri yüzeyli nesnelerin gösteriminde Henry Gouraund ve Bugi Tong Phong’un geliştirdiği ve kendi isimlerini verdikleri yöntemler uygulanıyordu. Bu yöntemlerle köşeli çokgen yüzeyler kullanılarak pürüzsüze yakın görüntüler elde edilebiliyordu⁶.

² Rick Parent, **Computer Animation: Algorithms and Technics**, - <http://www.cis.ohio-state.edu/parent/book/outline.html>, Temmuz 1998.

³ Araştırma. “Tasarımda ve Üretimde Bilgisayar”, **Bilgisayar**, Ocak 1989, s.84

⁴ Resimli Terimler Sözlüğü, ”scetchpath”, **Siber Uzay Sözlüğü**, Çeviren: Özden Arıkan ve Ömer Çendeoğlu, Birinci Baskı, Haziran 1997, s.183.

⁵ Araştırma. **Ön.ver.**, s.84

⁶ Özer Mustafa Onar, “Gerçeğe Yakın Görüntüler”, **Sistem Otomasyon/19**, Temmuz-Ağustos 1992, s.11.

1970'li yılların başlarında mikroişlemcilerin ortaya çıkmasıyla, bilgisayar grafiğindeki gelişmeler de hızlanmıştır.

1974 yılında Edd Cadmull tez araştırması olarak nesnelere doku kaplama, Z-Arabellek (Z-Buffer) ve eğri yüzeylerin sıvanması (render) işlemleri üzerinde uğraşmıştır⁷. Doku kaplama tekniği, bilgisayar grafiği dünyasına, gerçekçiliğin yeni bir boyutunu kazandırmıştır. Gerçek hayatta görsel olarak karşılaştığımız birçok nesnenin kendine özgü bir dokusu vardır. Bu o nesnenin karakteristik özelliğini belirler. Bir duvarın taştan mı, tuğladan mı yoksa betondan mı oluşmuş olduğunu onun genel ve ayrıntılarında yer alan dokularla algılarız. Doku kaplama, herhangi bir objenin yüzeyi nasıl görünüyorsa, bunun görüntüsünü iki boyutlu düz bir yüzeyde elde etmek ve daha sonra da bu düz yüzeyi bilgisayarda üretilmiş üç boyutlu bir objeye tanımlama yöntemidir. Bu işlem boş bir duvara, duvar kağıdı kaplamaya benzer. Z-Arabellek ise, gizli olan yüzeylerin ortadan kaldırılması tekniğidir. Bu yöntemle bilgisayar, nesnelerin görünmeyen yüzeylerini boyamakla uğraşmaz ve görüntünün elde edilme işlemi daha kısa bir sürede gerçekleşmektedir.

Aynı yıl "Hunger" adlı, Rene Jodoin tarafından üretilmiş Peter Foldes tarafından yönetilip canlandırılmış ilk animasyon filmi çekildi. Bu çalışma ikibuçuk boyutlu (2 ½ D) ve ağırlıklı olarak objelerde "ara değeri bulma" (interpolasyon) tekniklerine dayalıydı.⁸

1980'lerin başlarında Turn Whitted Işın İzleme (Ray Tracing) denilen sıvama tekniğini geliştirdi⁹. Bu teknik yüksek kaliteli bilgisayar grafiği görüntüleri elde etmek için oldukça ilerlemiş ve karmaşık bir tekniktir. Işığın yansımaları ve kırılması faktörlerinin bilgisayar ortamına taşınmasıyla gerçeğe oldukça yakın görüntüler elde edilmeye başlandı. Ancak bu teknikle görüntülerin üretilmesi, bugünkü teknolojiyle bile, fazlasıyla zaman almaktadır.

⁷ Michael Morrison, "Advances of the 1970s", <http://www.disney.com/DisneyVideos/ToyStory/about/history/history.html>, Mayıs 1998.

⁸ Parent, **Ön.ver.**

⁹ Özer Mustafa Onar "Gerçek Gibi", **Bilgisayar**, Eylül 1992, s.108.

Foto-gerçekçilik alanındaki gelişmelerden bir diğeri ise, 1980'li yılların ortalarında, Cornell Üniversitesi'nde, Don Greenberg yönetimi altındaki bir grubun geliştirmeyi üslendiği "radiosity (yayınım) tekniği" olmuştur¹⁰. Radiosity, bilgisayarda üç boyutlu olarak üretilen nesnelerin sıvanması (rendering) işleminde, nesnelere yayılan ya da yansıyan ışık yansımalarının benzetimini bilgisayar ortamında gerçekleştiren, bir görüntü elde etme tekniğidir. Bilgisayarda üretilen görüntülerin sıvanması işleminde çok fazla vakit almasına karşın, elde edilen görüntüler içinde gerçeğe en yakın sonucu veren teknik olmuştur.

Bilgisayar grafiğinde, durağan görüntülerin elde edilmesi üzerinde çalışmalar devam ederken, buna paralel olarak, bilgisayarda üretilen karakterlerin canlandırılması üzerinde de teknik ve yöntemler geliştiriliyordu. Bu alanda, Pennsylvania Üniversitesi'nden Norm Badler, insan figürü animasyonu konusuna eğilen ilk araştırmacılardan biri olmuştur. Araştırmaları sonucunda elde ettiği verilerle, "İnsan Modeli ve Benzetimi Merkezini" (Center for Human Modeling And Simulation) kurmuştur. Bu merkez tarafından, antropometrik (anthropometrically) açıdan geçerli, insan vücudu animasyonuna yönelik "Jack" adı verilen bir yazılım geliştirilmiştir.¹¹

Bilgisayarla gerçekçi görüntü elde etme ve üç boyutlu üretilen nesnelerin hareketlendirilmesi çalışmalarındaki bu olumlu gelişmelerin, durgun bir döneme girmiş olan reklam sektörü tarafından fark edilmesi fazla uzun sürmedi. Reklamcıların bu üretimleri, reklam filmlerinde kullanmak istemeleriyle, televizyonlarda parlak logoların ve yazıların uçtuğu bir döneme girildi. Görsel efektlerle donanan bu yeni görüntüler diğer yandan sinemacıların da dikkatini çekti.

"Özellikle anılması gerekenler, Francis Coppala ve George Lucas adları. Aynı okulu bitirip genç yaşta arkadaş olan Lucas ve Coppala, biraz da bilgisayar endüstrisinin kalbinin attığı Californiya'da yetişmelerinin etkisiyle hayli erkenden bu marifetli makinenin ayırımına varmışlardı. Lucas kendine bir anda ün ve para getiren süper yapıyı Star Wars'da, sinemada

¹⁰ Aynı, s.109.

¹¹ Parent. Ön.ver.

devrim yapar nitelikte imgelere ve tasarımlara yer verirken bilgisayara bu alanda ilk imkanları tanıyanlar arasına ismini yazdırmıştı.”¹².

Başlangıçta, filmlerin jeneriğinde ve özel efektlerde bilgisayar grafiğiyle karşılaşan seyirciler, yavaş yavaş bilgisayarda üretilen yapay karakterlerle karşılaşmaya başladı. 1982 yılında Walt Disney yapımı olan “Tron”, bilgisayar teknolojisinin geniş olanaklarından yararlanılarak üretilmiş olsa da, ticari anlamda bir başarı sağlayamamış olması, bilgisayarlı filmlerin gelişmesini bir süre engelledi.¹³

Gerçekte varolmayan model ve görüntülerin bilgisayar grafik ve animasyon teknikleriyle elde edilip, gerçek görüntülerle birleştirilmesi ile karakterlerin canlandırılmasındaki yenilikler, sinemacıların yanında, özel yapım şirketlerini de bu alanda film uygulamaları gerçekleştirmeye itmiştir.

1986 yılında Pixar’da yapımı gerçekleştirilen “Luxo Jr.”, Akademi Ödülü’ne (Academy Award) aday gösterilen ilk üç boyutlu bilgisayar animasyon filmiydi. Bunun arkasından, 1987’de, tek tekerlekli bir sirk bisikletinin rüyasını konu işleyen “Red’s Dream” adlı kısa film gerçekleştirildi. “Tin Toy” ise, 1988 yılında, Akademi Ödülünü kazanan ilk bilgisayar animasyon oldu. “Tin Toy” da çocuğun yüz ifadelerinin elde edilebilmesi, bilgisayarda üretilen 40’tan fazla yüz maskesi ile gerçekleştirilmiştir.¹⁴

Tron gibi, bilgisayar animasyonunu bir “bilgisayar içi” ortamı amacıyla kullanan bir başka film “Reboot”(1995)tur. Reboot, , tamamıyla bilgisayarla üretilmiş, ilk üç boyutlu Cumartesi sabahı çizgi filmi olması nedeni ile önemlidir. Olayın bilgisayarın içinde geçmesi, gerçekçi olmasını gerektirmiyordu. Yine de, rolleri önemli olan, birkaç insan benzeri karakteri vardı.¹⁵

Bilgisayar animasyonunun getirdiği yeniliklerle birlikte, eski konular yeni çeşitlemeleriyle birlikte tekrarlanırken, daha önce gerçekleştirilmesi imkansız gibi

¹² Cemil Şinasi Türün, “Aktör Pixeller”, **Çözüm/1**, 1991, s.23.

¹³ Aynı.

¹⁴ Pixar Animation Studios, “fun Stuff”, http://www.pixar.com/funstuff/sh_videodescrip.html.

¹⁵ Parent. **Ön.ver.**,

görülen olgular, film konularında işlenilmeye başlandı. Kimi zaman, yönetmenler, animatörlerle birlikte çalışarak alternatifler arandı, kimi zaman animatörler ve yazılımcılar, eksikliklerini ek yazılımlar üreterek kapattılar.

Sinemada daha önceleri, artistlere yapılan makyaj ya da kukla, maket gibi modellerin kullanılması ile hareketlendirilen yabancı yaratıklar, yerlerini, bilgisayarda üretilen üç boyutlu modellere bırakmaya başladılar. Bilgisayarın, gerçek ortamda fiziksel olayların gerçekleştirilemeyeceği ortam ve olayların görüntülerini üretebilmesi ile, “The Abyss” filminde havuzun su kütlesi olarak yükselmesi ve yere paralel uzanarak, bir yüz modelini oluşturması, “Terminatör 2” de metalden bir insanın eriyerek likit duruma geçmesi gibi doğaüstü olaylar da, filmlerin konuları içinde yer almaya başladı.

1993 yılında gösterime giren “Jurassic Park” filmiyle, bundan binlerce yıl önce yeryüzünde yaşamış dinozorlar, üç boyutlu animasyon teknikleriyle tekrar canlandırıldılar. Gerçeğe çok yakın olarak üretilen dinozor modellerinin, gerçek görüntülerle mükemmel bir şekilde birleştirilmesi sonucunda, perdede, dinozorlar hakikaten yaşıyorlarmış gibi görünüyordu.

Bilgisayar animasyonla gerçekleştirilen, başlangıçta patlama gibi efektleri üretmek için kullanılan parçacık sistemleri, “Twister” filminde toz bulutları halindeki büyük bir hortumun, etrafındaki cisimleri yıkıp dağıtması gibi doğal fenomenlerin oluşturulmasında ya da “Lawnmower Man” filmindeki karakterlerden birisinin parçalara ayrılarak, küçük toplardan oluşan bir girdaba dönüşmesi gibi etkilerin görselleştirilmesinde de kullanılmaya başlandı.

Sinemada, görüntü etkilerini yaratmada en üst seviyede yararlanılan bilgisayar animasyonu, geleneksel animasyonlar ve özellikle, üç boyutlu çizgi filmler üretmek için de kullanılmıştır. “Toy Story” (1995) tamamıyla bilgisayarda oluşturulmuş, üç boyutlu çizgi film sayılabilecek, ilk uzun metrajlı bilgisayar animasyonudur. Bu filmde amaç katı gerçekçilik değil, geleneksel animasyon teknikleriyle de yakalanabilecek bir

eğlencedir.”¹⁶ Bir çocuğun odasındaki oyuncakların canlandığı filmde üretilen çok sayıdaki karakter, bilgisayarda üç boyutlu olarak oluşturulmuş, değişik mekanlarda yer almış ve karakteristik özelliklerine göre hareketlendirilmiştir. Karakterlerin duygularının ifadesinde yüz mimiklerinden yararlanılmış, bu işlem için yüz animasyonu (facial animation) yöntemlerinden yararlanılmıştır.¹⁷

1998 yılında tamamlanan ve bir karıncanın, diğer karıncalarla ilişkileriyle birlikte, yeraltındaki yaşantılarını, hikaye diliyle ele alan “Ant-Z” filmi, model, mekan ve hareketlendirilen karakter sayısının fazlalılığı ile, “Toy Story”nin başarısını aşmıştır. Çoğu karakterin hareketlendirilmesinde “hareket yakalama (motion capture)” tekniğinden yararlanılmış ve bir karakter hareketinin kopyasının, diğer karakterlere uyarlanmasıyla, büyük ölçüde zaman kaybından kurtulunmuştur.

Bu tür karmaşık animasyon filmlerinin üretimleri, zaman ve mali endişelerle, hızlı, ancak çok pahalı sistem ve teknik donanımla gerçekleştirilmektedir. Gelişmiş yazılımlar kullanılmakta, istenen sonucun alınamadığı durumlarda da, amaç doğrultusunda, ek yazılımların üretilmesi yoluna başvurulmaktadır. Büyük bütçeli bir animasyon filminin üretim projesinde, yüzlerce kişi görev almakta ve bu kişiler arasında görev dağılımları yapılmaktadır. Her animatör, mekan ve modelleri oluşturan, doku üreten, karakterleri canlandıran gibi, kendisinin branşlaşmış olduğu bölümlerde devreye girmektedir. Bütün bunlara rağmen bilgisayarla üretilen bir animasyon filminin tamamlanması, bir yıl gibi bir süreden önce gerçekleşmemektedir. Yine de bunu, yapılan animasyonun karmaşıklığı, kullanılan donanımın hızı, çalışacak kişilerin sayısı gibi etkenler belirlemektedir.

Bunun yanında, kişisel bilgisayarlar her geçen gün yeni bir hız ve teknik sürümüyle karşımıza çıkmaktadır. Bu teknik ilerleme ve rekabet bilgisayarların bir önceki donanım fiyatlarının düşmesine neden olmaktadır. İnternet gibi büyük bir kitle iletişim olayının devreye girmesiyle de güncelliğini zirvede tutan bilgisayarlar, artık

¹⁶ Parent. **Ön.ver.**

¹⁷ Barbara Robertson, “Feature: Toy Story: A Triumph of Animation”, **CGW Magazine**, August 1995, <http://207.137.152.31/cgw/Archives/1995/08/08stry1.html>.

evlerimize bir telefon gibi ihtiyaç olarak girmektedir. Bununla birlikte, bundan birkaç yıl önce bilgisayar ortamında bir animasyon üretme ortamı kurmanın maddi karşılığı, çok yüksek rakamları bulurken, bugün, orta düzeyde teknik olanaklara sahip, kişisel bilgisayarlara uyarlanabilen, ucuz ve kolay yollarla ulaşılabilen yazılımlar mevcuttur. Yaratıcı kişiler, bir stüdyo ya da laboratuvara ihtiyaç duymaksızın artık evlerinde oturup kendi animasyon filmlerini oluşturmakta, görüntülerini istedikleri doğrultuda kurgulayarak video ya da CD'lere aktarabilmektedir.

Bilgisayar ortamında gerçekleştirilecek bu çalışmanın amacı, bir öykünün, senaryo aşamasından başlayıp, bilgisayarın ve animasyon yazılımının teknik olanaklarını kullanarak üç boyutlu animasyon filmi hazırlamak ve gösterim ortamına aktarmaktır. Uygulama boyunca karşılaşılabilecek sorunlar ve uygulanacak yöntemler, çalışmanın sonucunu belirleyecektir.

Bu amaca yönelik olarak uygulama sürecinde, aşağıdaki aşamaların gerçekleştirilmesi planlanmıştır:

- Senaryonun yazılması, çekim senaryosu ve öykü akış şemasının (storyboard) hazırlanması.
- Üç boyutlu modellerin üretilmesi ve yüzey niteliklerinin belirlenmesi.
- Üretilen modellerin, kamera ve ışık kaynaklarının, sahne düzeninde yerleştirilmesi.
- Çekim senaryosu ve öykü akış şeması doğrultusunda nesne, karakter ve kameraların hareketlendirilmesi.
- Sahnelerin, bilgisayar ortamında sıvanması (rendering) yoluyla, hareketli görüntüler elde edilmesi.
- Elde edilen hareketli görüntülerin, bilgisayar ortamında ses ve müzikle birleştirilmesi ve videoya aktarılması.

Bu çalışmada, uygulama aşamalarının gerçekleştirilmesi, öykünün içeriği ve elde edilen bilgisayar donanımı ile kullanılan yazılımların kapasiteleriyle sınırlandırılmış,

Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Animasyon biriminin ve araştırmacının kişisel teknik olanaklarının yeterli olduğu varsayılmıştır.

Çalışma ile, bilgisayarla üç boyutlu animasyonun nasıl bir ortamda, ne gibi sistem gereksinimleriyle birlikte gerçekleştirilebileceği, üretim boyunca hangi aşamalardan geçileceği, hangi yöntemler kullanılacağı ve ne tür sorunlarla karşılaşılacağı sonucu, bu alanda çalışmalarını gerçekleştiren ya da gerçekleştirmek isteyen diğer yaratıcı kişilere bir yol olarak sunulabilecektir.

BİRİNCİ BÖLÜM

BİLGİSAYARDA ÜÇ BOYUTLU ANİMASYON FİLMİ ÜRETME SÜRECİ

1. BİLGİSAYARDA ÜÇ BOYUTLU ANİMASYON FİLMİ ÜRETME AŞAMALARI

Bilgisayarda üç boyutlu animasyon filmi yaratma işlemlerini, uygulama ve içerik anlamında farklılaşmasından dolayı, başlangıcından sonuç aşamasına kadar bölümlere ayırarak değerlendirmemiz olasıdır. Her bölümün de kendi içerisinde, yapım ve üretim aşamaları vardır. Bu aşamalar, belli bir sıralama içerisinde gerçekleştirebileceği gibi, bilgisayarın, geriye dönerek önceki işlemlere müdahale etme ve yenileme olanağı vermesi özelliği ile sıralamada değişiklik gösterebilir:

- 1- Tasarım ve Öykü Akış Şeması (Storyboard)
- 2- Modelleme
- 3- Modellerin Yüzey Niteliklerinin Belirlenmesi
- 4- Sahne Düzenlemesi
- 5- Hareketlendirme
- 6- Üç Boyutlu Nesnelerin Sıvanması İşlemi (Rendering)
- 7- Birleştirme ve Özel Efektler
- 8- Medya Ortamına Aktarım

1.1. Tasarım ve Öykü Akış Şeması

1.1.1. Üç Boyutlu Bilgisayarlı Animasyon Filminin Planlanması

Bir animasyon filminin gerçekleştirilmesinde ilk yapılacak uygulama, tasarım (planlama) aşamasıdır. Tasarım aşaması gerçekleştirilecek olan animasyon filminin altyapısını oluşturur. Tasarım ne kadar doğru ve güvenilir olursa, filmin sunumuna kadar olan tüm aşamalar sorunsuz ve daha sağlam bir yapıya dayalı olarak gerçekleşir.

Tasarım aşaması bir çeşit planlamadır. Animasyon filmde konu, iletilmek istenen amaç, iletilmesindeki amaç, mesajla izleyicinin nasıl özdeşleşeceği, temel bilgilerin sunumunda izlenecek yol, süre, anlatım özellikleri tasarım aşamasında ele alınmalıdır.¹⁸ Senaryo yazılmışsa eldeki veriler incelenmeli, yazılmamışsa olabilecek verilere dayanılarak bir gelişim sağlanmalıdır. Bu veriler; yapım süresi, uygulamanın gerçekleştirileceği kaynak ya da yazılımın olanakları, istenen etkilerin uygulanabilirliği gibi göz önünde bulundurulması gereken teknik unsurlardır. Bilgisayarla gerçekleştirilecek animasyon filmde ne tür bir yazılım, cihaz ve yöntem kullanılacağına tasarım aşamasında karar verilmelidir. Eğer uygulamada birden fazla yazılım ve cihaz kullanılacaksa, bunların arasında uyum olmasına ve birbirlerini desteklemelerine ilerideki aşamalarda karşılaşılabilecek sorunlar açısından dikkat edilmelidir. Günümüz animasyon yazılımları model oluşturmaktan, medya ortamına aktarım sürecine kadar olan aşamalarda kullanıcıya birçok seçenek ve olanaklar sunmaktadır. Yönetmen ve animatör bir araya gelerek bu seçenekleri gözden geçirmeli ve alternatifler getirmelidirler. Bununla bağlantılı olarak da filmde canlandırılacak karakterler, modeller, görüntü ve ses efektleri gibi öğeler zihinde oluşturularak, taslakları çıkarılmalıdır.

¹⁸ Birnur Karatimur, "Yeşil Bulut." (Yayınlanmamış Sanatta Yeterlik Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 1998), s.46.

1.1.2. Öykü Akış Şeması

Herşeyi ile benimsenmiş bir plan ve tasarım aşamasından sonra, öykü akış şemasına (storyboard) geçilir. Öykü akış şemaları genel olarak film yönetmenleri, animatörler, reklamcılar ve günümüzün eğlence ve eğitim sektörünün büyük bir payını elinde tutan multimedya ve bilgisayar oyun tasarımcılarının öncelikle başvurdukları bir film ya da genel kavramın taslak olarak görselleştirilme aşamasıdır. Öykü akış şeması, temelde yer alan olguların hikayenin, canlandırılmadan önceki, basit ama kesin nitelikleriyle verildiği bir çeşit görsel sunumudur. Animasyonda oluşturulacak tüm ana sahneler, karakterler ve yerleşimleri, kamera açıları ve diyaloglar gibi olaylar bu şema üzerinde belirlenir. Karakterlerin ve sahnedeki modellerin hareketleri, uygulanılacak görüntü ve ses efektleri, müzik, diyalog ve süreler gibi notlar da ilave edilerek kağıt üzerinde kalem ya da markörle bir çeşit resimli roman gibi görsel taslağı ortaya çıkarılır.

Öykü akış şeması, animasyonun ana gidişatını tam olarak verir. Çekim senaryosundaki ayrıntılara göre sade ya da karmaşık olabilir. Genelde hazır bir senaryo üzerine kurulmasına karşılık bazen de bu aşama esnasında senaryo yazılabilir ya da senaryoda bir takım değişiklikler yapılabilir.

Öykü akış şemasının gerçekleştirilmesinin faydalarını maddeler halinde gösterebiliriz:

- Yönetmen ve animatör yaratıcı yönlerini kullanarak eksiklerini giderme yollarına gider.
- Süreler netlik kazanarak, animasyonun akış temposu ayarlanır.
- Zamandan ve dolayısıyla maddi kayıptan büyük ölçüde kurtarır.
- Bir müşteri için gerçekleştiriliyorsa, firma ya da alıcının, olayı kafasında daha anlaşılır bir halde canlandırması sağlanır. İlaveler ya da çıkarmalar yapmaya olanak tanır.

Öykü akış şeması, bir canlandırma filminin ortaya çıkışında gerekli bir olmakla birlikte hareket, ses ,diyalog, müzik ve efekt olmadığı için filmin esas niteliklerine sahip değildir. Bir son ürün değil, son ürüne doğru gelinmesini sağlayan yoldur.¹⁹

1.2. Modelleme

Bilgisayarda animasyon yaratmanın ilk aşaması modelleme aşamasıdır. Tasarım aşamasında ortaya konulmuş, öyküye ya da fikre uygun düşecek karakterler ve bu karakterlerin iletişim içinde bulunacağı nesnelere yaratılma sürecidir. Bilgisayar ortamında karakterler; animatörün canlandırdığı, belli bir yaşantıları ve duyguları varmış gibi gösterilebilecek her türlü nesnedir. Bu karakterler, duygularını hal, hareket ve mimikleriyle çok rahat bir şekilde anlatabilecek bir insan figürü olabileceği gibi, bu his ve duyguların benzetiminin uyarlanabileceği her türlü hayvan, eşya ya da doğaüstü yaratıklar olabilir. İnsanların peşinde koşuşturan bir dinazor, boynu bükük bir bisiklet, uzaydan gelmiş yaratıklar bu karakterlerin içinde yer alabilir. Üzüntüsünü olduğu yere yayılarak, sevincini zıplayarak, korkusunu kaçıp saklanarak ifade edebilen bir jöleyi, animasyonun monte edildiği bir film içinde karakter olarak görmemiz mümkündür.

Bilgisayarda model yaratmanın birçok yolu ve tekniği vardır. Kolayca yaratılabilen ilkel objeler ve bu objelerin birleşim kombinasyonlardan üretilebilen basit nesnelere oluşturulabildiği gibi, bir heykeltıraş yaklaşımıyla bir kütleyi yontarcasına elde edilebilecek karmaşık nesnelere oluşturmak modellemenin çeşitliliğini belirler. Bu işlemler uygulamanın gerçekleştirileceği yazılımın olanakları dahilinde gerçekleştirilse de, günümüzde kullanılan geliştirilmiş birçok yazılımın temelini oluşturan teknikler şunlardır:

1.2.1. Nokta (Point)

Bilgisayarın üç boyutlu uzaysal mekanında oluşturulabilecek en küçük birim, noktadır. Noktalar uygulaması gerçekleştirilecek modellerin temelini oluşturur.

¹⁹ Aynı, s.49

Noktaların birleştirilmesi yöntemleriyle eğriler ve yüzeyler oluşturulur. Koordinat sisteminde x,y ve z' deki değerlerini alarak nesnenin şeklini ve konumunu belirlerler. Elde edilen yüzeylere yeni noktalar ilave edilerek nesnenin yapısında değişimler yaratılabilir.

1.2.2. Çokgen Modelleme (Poligonal Modeling)

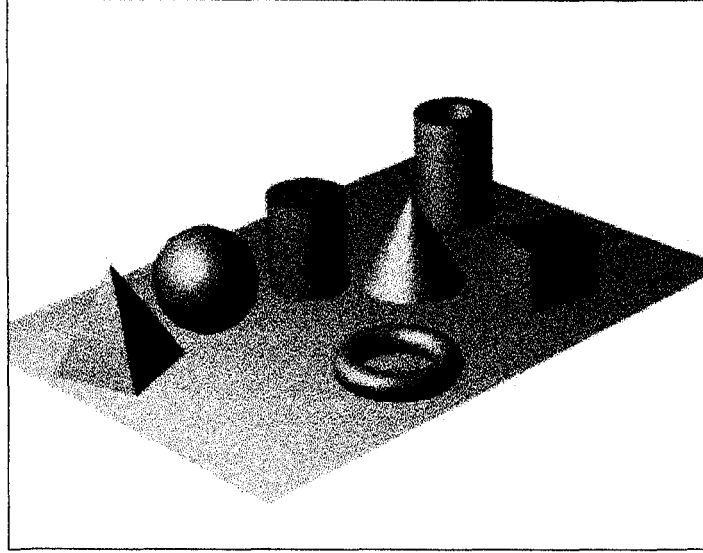
Çokgenler, en az üç noktanın birleşimiyle oluşturulan kapalı yüzeylerdir. Bu yüzeyler çokgen modellemenin temelini oluşturur. Çokgenlerin diğer çokgenlerle birleşerek üremesi üç boyutlu model oluşturmaya gitmenin bir yoludur. Çokgen modellere, yeni çokgenler ve noktalar ilave edilerek karmaşık yapıda modeller elde etmek mümkündür. Bu modellere örgü yüzeyli model (mesh model) denir. Örgü yüzeyli modeller parametrik değildir. Köşelerin meydana düzlem yüzeylerden oluşur.²⁰ Eğri ve yumuşak hatlara sahip bir yüz modeli elde etmek için, çokgen sayılarının artırılması gerekir. Ancak bu işlem de bilgisayarın belleğinde oldukça yer kaplamasına ve işlem hızının azalmasını beraberinde getirir.

1.2.3. İlkel Nesnelere (Primitives)

Bilgisayar animasyon yazılımlarında iki ve üç boyutlu basit geometrik şekiller olarak yer alan nesnelere dir. Genel olarak modelleme bölümünde yer alırlar ve ilkel nesnelere olarak anılırlar. Daha çok katı mekanik model uygulamalarının gerçekleştirildiği Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) alanında çokça kullanıldığı bir yöntemdir. Küp, küre simit, tüp, koni gibi üç boyutlu katı nesnelere ile, çokgen, daire, elips, yıldız, harf gibi iki boyutlu yüzeyler ve düz, eğri, yay gibi çizgileri kapsar (Şekil 1). Bu ilkel nesnelere oldukları şekilde kullanıldıkları gibi, bazı modelleme yöntemlerinin kombinasyonu ile şekil ve yapı bozumlarına uğratarak karmaşık yapıdaki modellerin üretiminde kullanılmaktadır. İlkel nesnelere onlara verilecek parametrik değerleriyle belirlenirler ve şekillenirler. Bir küre, merkez ve yarıçapı ile tanımlanırken; küp, merkez, en, boy ve yüksekliği ile boyutunu alır. Günümüzde

²⁰ Nezih Kanbur, **3D Studio Max**, 1.Baskı:Hanlar Matbaası, Pusula Yayıncılık ve İletişim Ltd. İstanbul,1998, s.329

kullanılan yazılımların çoğu klavyeden girilen sayısal parametreler ya da farenin sürükleyip bırak özelliği ile kolayca formu oluşturabilecek özellikler sahiptir. Bu parametreler daha sonradan değiştirilebilir ve canlandırma sırasında kullanılabilir özelliklere sahiptir.



Şekil 1. İkel Nesne Örnekleri

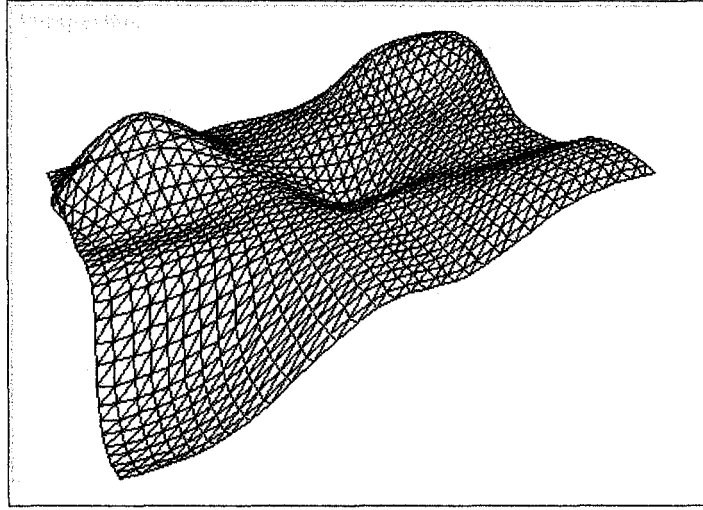
Gelişmiş bilgisayar yazılımlarında bu ilkel nesnelere ilave geometrik şekiller vardır. Bunlar; topuz, kenar yüzeyleri kesilmiş kutu, kapsül, çokgen prizma gibi kullanıcının model üretimini hızlandıracak nitelikteki nesnelere dir.

1.2.4. Yama Yüzeyle Modelleme (Patch Surface Modeling)

Yüzeylerin daha düzgün görüntülerini elde etmek için kullanılan bu yöntem, 1974 yılında Edwin Catmull tarafından geliştirildi. Catmull, yüzeylerin çokgen yama dizileri ile üretilmesinden çok, denklemlerin direkt olarak ortaya çıkardığı yamalar olarak üretimini önerdi. Bi-kübik yamaları (bicubic patches), kenarları eğri paralelkenar oluşturuyor ve x, y, z gibi üç değişkenle tanımlanabilen parametrik denklemlerle ifade edilebiliyordu.²¹

²¹, Stephen Wershing and Paul Singer, **Computer Graphics and Animation for Corporate Video**, Knowledge Industry Publications Inc., White Plains, NY, 1988, s.73

Bi-kübik yama, bilgisayar grafiği için atılımdı. Çünkü muntazam düz yüzeyler oluşmasını sağlıyor, böylece çokgenlerle yaklaşık eğriler yapılmasına son veriyordu. II. derece türev denklemleri ile de yama modelleme işlemi geliştirilmiş ve tek bir denklemlerle birçok yamanın tanımlanması sağlanmıştır. Böylece sıvama işleminde de daha düzgün ve pürüzsüz yüzeyler elde edilmesi sağlanmıştır.



Şekil 2. Yama Yüzeyle Modelleme

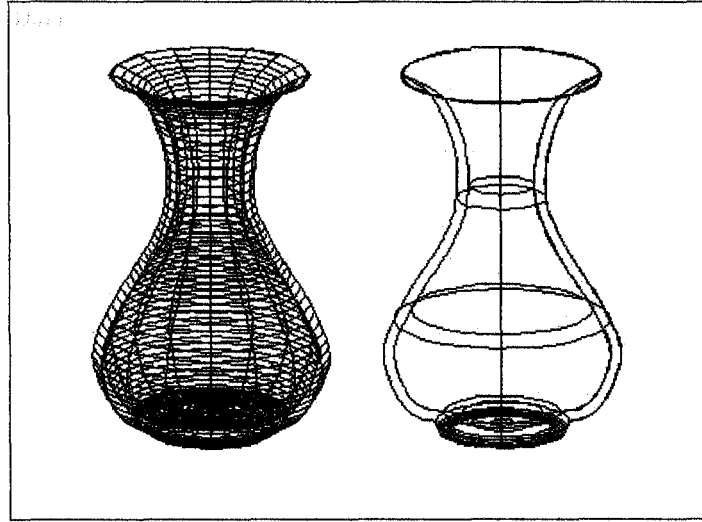
Parametrik yüzey yamaları üç boyutlu yüzeyleri de tanımlarlar. Bu nesnelere, şekil ve yüzeyin eğimini tanımlayan sınırlı sayıda kontrol noktalarıyla oluşturulurlar. Bu noktalar bilgisayarca oluşturulan yönlendirici noktaları belirtirler.²² Yama yüzeyli modellerde, tüm yüzeyler birbiriyle ilişkili haldedirler. Kontrol noktalarından biri hareket ettirildiğinde, buna bağlı olan diğer yüzeyler de hareket ederler. Yamalarla oluşturulacak nesnelere çok az sayıda nokta ile tanımlandığı için, geniş alanlı yüzeylere sahip nesnelere yüzeylerinde yapılacak genel değişimleri kontrol etmek kolaylaşmaktadır. Ovalar, vadiler gibi doğadaki nesnelere bu yöntemle çok kolay bir şekilde elde edilebildiği gibi, ayrı yamaların birleştirilmesiyle insan yüzü gibi daha karmaşık modeller, yumuşak eğrilerle kontrol edilerek oluşturulabilir (Şekil 2).

²² Isaac Victor Kerlow & Judson Rosebush, **Computer Graphics for Designers & Artists**, New York: Van Nostrand Reinhold, 1986, s.166.

1.2.5. NURBS Modelleme (Non-Uniform Rational B-Splines)

Nurbs modelleme yöntemi, parametrik nesneyi oluşturan düşey ve yatay çizgileri eğrilere çeviren ve modeli eğrilerin üzerine örülen yüzeyler olarak ifade eden bir modelleme sistemidir.²³

“Non-Uniform Rational B-Splines “ ın kısaltması olan NURBS modellemenin en büyük avantajı matematiksel eğriler ve yüzeyler ile çalışmaktır. Bu sayede modelleme yapılırken, yüzeyler ve eğriler, tanımlı kontrol noktaları ile şekillendirilir.²⁴



Şekil 3. Çokgen Örgü Yüzey ve NURBS Model Örneği

Pürüzsüz organik formlar bu yöntemle kolaylıkla modellenebilir. Bu modellemenin en büyük özelliği, az sayıdaki noktadan ve bunları oluşturan eğrilerden meydana geldiği için kolayca şekillendirilebilir olmasıdır (Şekil 3). Bu yöntem kullanılarak yumuşak geçişli eğriler ve yüzeyler elde edilir. Noktaların belli bir yönde kaydırılması, bu yüzeyi oluşturan eğrilere yansır ve yüzeydeki değişim sonunda yine pürüzsüz ve esnek yüzeyler elde edilir.

²³ Kanbur. **Ön.ver.**, s.327.

²⁴ “3D Studio MAX R2’nin NURBS Modelleme araçları”, **Sanal Gazete**, Mart 1998, s.24.

NURBS modelleme yöntemi keskin yüzeylere sahip modellerden çok, yumuşak hatlı modellerin oluşturulmasında başvurulan ve bu anlamda oldukça başarılı olan bir yöntemdir. Bugün kullanılan gelişmiş yazılımları gerçekleştiren yazılımcılar bu teknik üzerinde daha fazlasıyla durmakta ve onu geliştirme yoluna gitmektedirler.

1.2.6. Parçacık Sistemler (Particle Systems)

Parçacık sistemleri Lucas Film' de Bill Reeves tarafından geliştirildi. Teknik olarak rasgele taneciklerden oluşan iki parametrelili bir sisteme dayalıydı. Bu parametreler taneciklerin ortamda kalacakları zaman süresi ve hareket edecekleri yöndü.²⁵

Parçacık sistemleri ateş, duman, sis, bulut gibi oynak ve değişken nesnelerin modellenmesinde kullanılır. Bunlar düzgün doğru tanımlanabilen kenarlara sahip olmayan ve katı olmayan cisimlerdir. Kendi içlerinde rastlantısal hareket ve akışkanlığa sahiptirler. Parçacık sistemleri normal görüntü sentezi sunumlarından üç şekilde ayrılır.²⁶

1. Bir objenin hacimsel tanımı, bir dizi basit yüzey elemanlarından –çokgen ya da yama yüzeyler- değil, bu yüzey elemanlarının bulutsu dağılımından oluşmaktadır.
2. Bir parçacık sistemi durağan bir biçim değildir, parçacıklar şekil değiştirir ve oynarlar. Yeni parçacıklar oluşur ve eski parçacıklar yok olurlar.
3. Parçacık sistemleri ile sunulan bir obje tanımsızdır, şekli ve yapısı tam olarak belirlenemez. Objeyi yaratmak ve şeklini değiştirmek için tahmini (stochastic) işlemler kullanılması gerekir. Parçacık sistemleri tanımlanabilir bir obje içinde kullanılabilir.

Parçacık sistemlere fiziksel ve davranışsal etkiler uyarlanarak patlama, sıvı akışı gibi olayların benzetimleri gerçekleştirilebilir.

²⁵ Wershing-Singer, **Ön.ver.**, s.81

1.2.7. Sayısallaştırıcılar (Digitizer)

“Sayısallaştırıcılar iki veya üç boyutlu nesnelere koordinatların yüklenmesinde kullanılabilir. Sayısallaştırıcı, çizim veya nesnelerin köşelerini işaretleyerek sonlu x ve y koordinat kümelerinin oluşmasını sağlar. Ardışık koordinatlar düz çizgiler ile birleştirilerek, sınırlar elde edilebilir.”²⁷

Sayısal verileri bilgisayara girmenin en temel yolu klavye üzerindedir. Fare (mouse), iz topu (track-ball), oyun çubuğu gibi araçlar verileri bilgisayara kolayca girmeyi sağlarlar. Tarayıcılar (scanners), fotoğraf ve diğer resimleri sayısal veriler olarak bilgisayar ortamına aktarırlar. Sayısal kamera (digital camera) video görüntüsünü direkt olarak bilgisayara girebilir.

Dışarıdan üç boyutlu nesnelerin verileri de bilgisayara girilebilir. Bu işlem, üç boyutlu sayısallaştırıcılar (3D digitizers) aracılığı ile gerçekleştirilir. Bu işlem çok farklı şekil ve boyutlardaki uygulamalarda gerçekleştirilebilir. Genellikle bir şeklin üç boyutlu noktalarını ve modelini elde etme yöntemi olarak, lazer tarayıcılar kullanılır. Sıkça kullanılan diğer bir yöntem ise, bir çeşit armatürlerin ucuna bağlı kalemin, gerçek objelerin üzerinde belli yerlere dokundurulmasıdır.²⁸ Bu noktalar hesaplanarak sayısal olarak bilgisayara gönderilir. Böylelikle gerçek objenin üç boyutlu modeli bilgisayarda elde edilir.

1.2.8. Basit dönüşümler (Transformation)

Dönüştürme (transformation); bir verinin biçiminin, anlamını değiştirmeksizin, belirli, belirlenmiş kurallara göre değiştirilmesidir.²⁹ Geometrik dönüşümler, objelerin

²⁶ Scott Owen, "Particle Systems", **Computer Animation**, <http://www.education.siggraph.org/materials/hypergraph/animation/particle.html>, Temmuz 1998.

²⁷ Bülent Özgüç, "Bilgisayar Grafiğinde Donanım", **Bilim ve Teknik / 325**, Aralık 1994, s.44.

²⁸ Krys Cybulski & David Valentine, "Digitizing", **Traditional Methods**, http://www.bergen.org/AAST/ComputerAnimation/CompAn_Graphicx.html, Mart 1998.

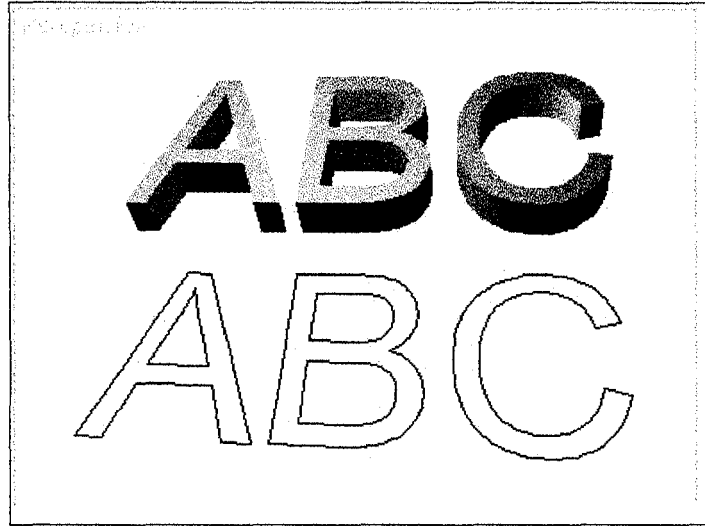
²⁹ Hilmi Özenli. **Elektrik-Elektronik Nükleonik-Bilgisayar Terimleri Sözlüğü**, İstanbul:Universal Sözlük ve Kaynak Yay., 1992, s.1157.

konumlarının ve boyutlarının, iki ya da üç boyutlu uzayda değişmesi eylemleridir.³⁰ Bilgisayarda iki ve üç boyutlu olarak yaratılmış nesnelere, nakil (translation), büyüklük değişimi (sizing) ve döndürme (rotation) gibi basit dönüşümler uygulanarak yeni modellerin üretimine gitmek, modelleme aşamasında en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Bütün bu dönüşüm işlemleri bilgisayarın uzaysal mekanında ve x, y ve z koordinatlarında gerçekleştirilir. Bu işlem sırasında nesnelerin biçimlerinde bir değişim gerçekleşmez. Nakil dönüşümü ile nesne, x, y ve z eksenleri doğrultusunda hareket ettirilerek konumu değiştirilir. Döndürme dönüşümü ile, belli bir eksen etrafında döndürülerek, pozisyonunun açısı değiştirilir. Büyüklük dönüşümü ile ise, nesnenin x, y ve z sayısal değerleri değiştirilerek boyutunda büyüme ya da küçülme elde edilir.

1.2.9. Biçim Değiştirme Yöntemleri (Deformation)

- **Çıkarma (Extrude):** İki boyutlu yüzeylerin dış hatlarının ileriye doğru itip çıkarılması ile üç boyutlu objeler yaratma işlemidir. İki boyutlu bir daireden silindir, kareden küp elde edilebilir. Bununla birlikte ekranda çizilmiş iki boyut herhangi bir şekil ya da kesit de üç boyutlu bir nesne durumuna getirilebilir. Genellikle harflere boyut kazandırılma işleminde yararlanılan bir yöntemdir (Şekil 4).. Bu işlem iki boyutlu tek bir şekle uygulanabildiği gibi, ağ örgülü nesne üzerinde tanımlanmış belli yüzeylere de uygulanabilir. Böylelikle nesne üzerinde girintili ve çıkıntılı yüzey bölümleri elde edilir.

³⁰ Kerlow-Rosebush, **Ön.ver.**, 1986, s.168.



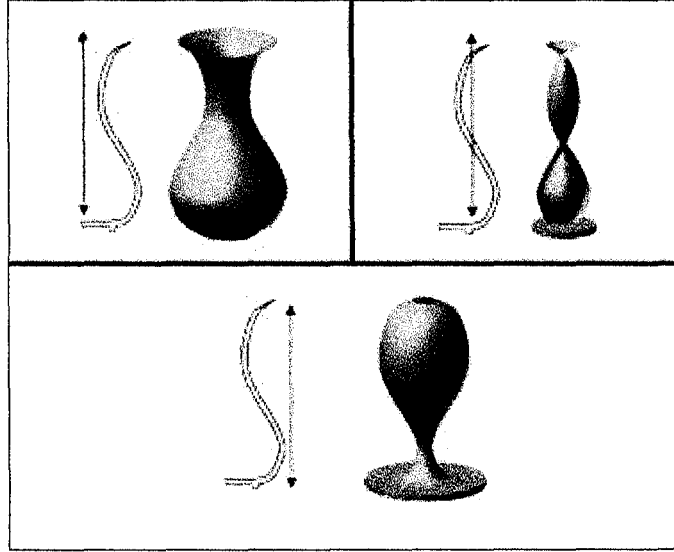
Şekil 4. İki Boyutlu Yüzeiden Çıkarma Yöntemiyle
Model Oluşturma

- **Atkılama (Lofting):** Bu yöntem “Aslen, gemicilerin gemi yapmakta kullandığı bir tekniğin adıdır. Bu teknikte geminin tüm kesitleri üretilir ve kesitler bir ana omurga üzerinde olmaları gereken yere monte edilerek geminin iskeleti oluşturulur. Daha sonra iskelet boyunca tahtalar çakılarak yan yüzeyler üretilmiş olur.”³¹ Bu yöntemde de aynı işlemler uygulanır. Bir doğru ya da eğri boyunca yerleştirilen kesitlerin kenarlarının çokgen yüzeylerle doldurulmasıyla üç boyutlu nesnelere elde edilir. Kesitlerin şekilleri farklı olsa da nokta sayıları aynı olmak zorundadır. İşlem, kolay görünmesine karşılık karmaşık nesne üretimlerinde kesitlerin birbirine uyumlu hassas şekillerin oluşturulmasını gerektirmektedir. Bu işlemle en basit haliyle bir saksıdan, oldukça karmaşık insan ya da yaratık yüz ve vücutlarının yaratılması mümkündür. Ancak sonuç için oldukça fazla sayıda çokgen kullanmak gerekecektir.

Bu teknik ile ön, yan ve üst görünüşleri verilen kesitlerden bir nesnenin üç boyutlu hali kolay bir şekilde elde edilebilir.

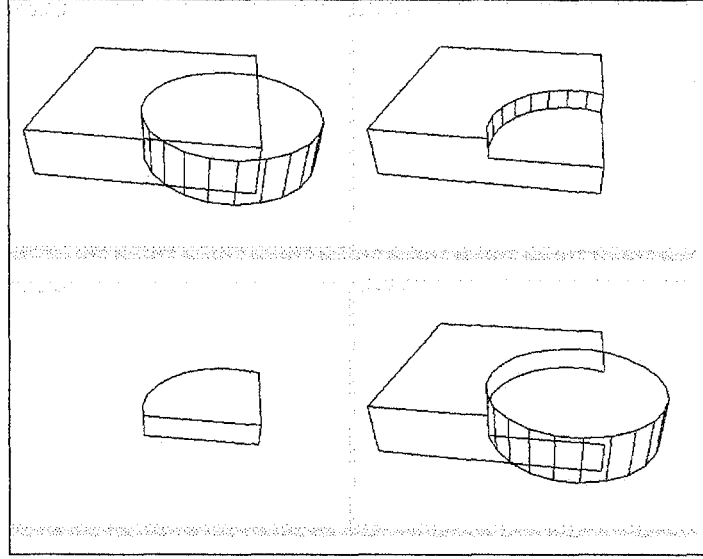
³¹ Kanbur **Ön.ver.**, s.384.

- **Tornalama (Lathe):** İki boyutlu kesitlerin, bir eksen etrafında döndürülmesi ile üç boyutlu objeler elde etme yöntemidir (Şekil 5). Yarım daireden küre, dikdörtgenden silindir elde etmek gibi.



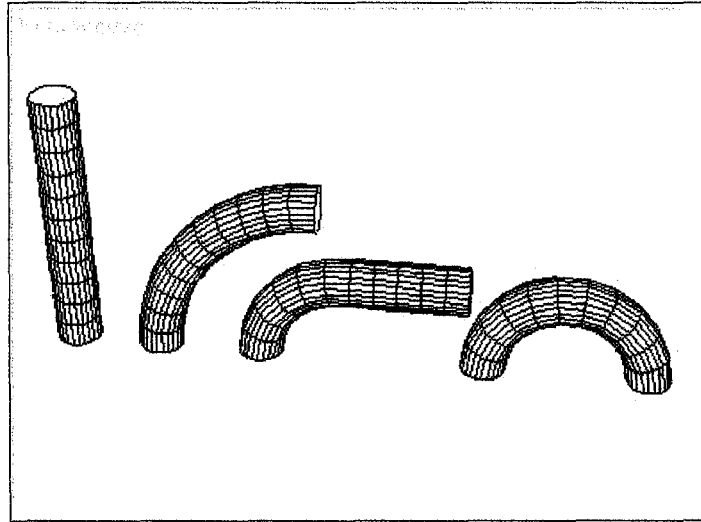
Şekil 5. İki Boyutlu Yüzeyden Tornalama Yöntemiyle Model Oluşturma

- **Birleşim, Kesişim, Çıkarım (Boolean):** Oluşturulmuş bir model ile, aynı düzlemdeki bir başka modelin birleştirilme işlemidir. Bu işlemler birleşim, kesişim ya da çıkarım olarak tanımlanırlar (Şekil 6). Bu nesnelere ilkel nesnelere ya da diğer ağ örgülü nesnelere olabilirler. Birleşim işleminde bir nesneye bir başka nesne katılır ve bir bütün haline getirilir. Çıkarım işleminde ise işlem yapılacak nesneden diğer nesnenin temas ettiği bölümü çıkarılır. Kesişim işlemi de nesnelerin temas eden kısımlarının iç ya da dış bölümlerinin elde edilmesi işlemidir.



Şekil 6. Kesme, Çıkarma ve Ekleme Yöntemi

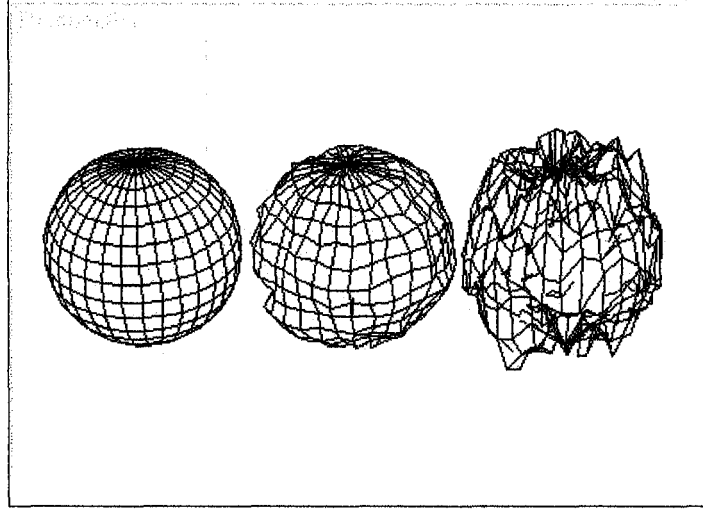
- **Bükme (Bend):** Nesnelere bir çeşit eğme işlemine yarayan bir değiştiricidir (Şekil 7).



Şekil 7. Bükme Yöntemi

- **Kaydırma (Skew):** Nesnenin bir ucunun bir yöne, diğer ucunu ise ona paralel doğrultuda ters yöne doğru kaydıran bir değiştiricidir.

- **Gürültü (Noise):** Nesnenin yüzey yapısını rasgele rakamlarla bir çeşit tümsekli alan haline getirmeye yarar (Şekil 8).



Şekil 8. Gürültü Yöntemi

1.3. Modellerin Yüzey Niteliklerinin Belirlenmesi ve Doku Tanımlama

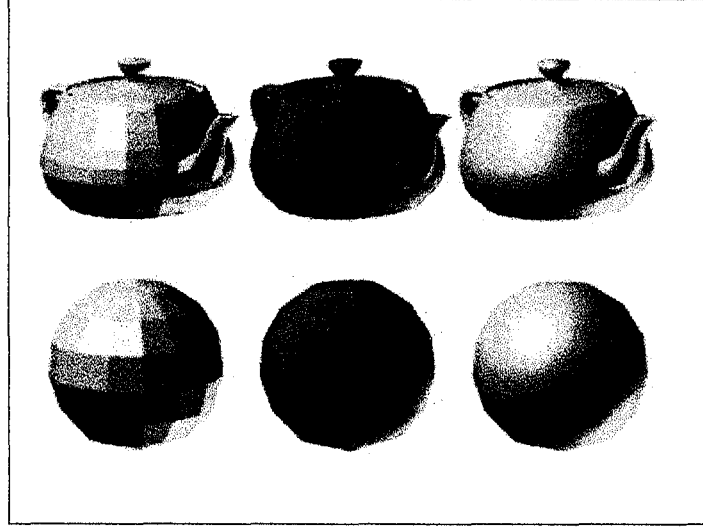
Gerçek hayatta yer alan bütün nesnelerin kendine ait bir rengi ve dokusu vardır. Birçok nesne bu özellikleriyle tanınır ve değerlendirilirler. Nesnelerin, düz-pütürlü, parlak-donuk, şeffaf-mat gibi yüzey nitelikleri, onların görsel yapıları hakkında bilgiler verirken, sert-yumuşak, ağır-hafif gibi durumları hakkında da tahminlerde bulunma imkanı verir. Nesnenin üzerindeki aydınlanma, renk tonları ve ışık almayan kısımlarında oluşan gölge de onun ortam içindeki pozisyonunu belirleyecek niteliktedir.

Üç boyutlu bilgisayarlı animasyon yazılımlarında da, oluşturulmuş modellerin gerçek hayattaki nesnelere benzetiminde, nesnenin ne tür bir malzemeden yapılmış olduğunun bilgilerini verecek bir takım yöntemler geliştirilmiştir. Genel olarak kullanılan yöntemler aşağıdaki başlıklar altında tanımlanmışlardır.

1.3.1. Gölgeleme (Shading)

Gölgeleme tekniği nesnenin yüzey nitelikleri ve ışık kaynağının aydınlatmasıyla ilişkilidir. Yüzeyin şekli ile onun rengi ve tonlaması arasındaki ilişkiyi belirler. Gölgeleme tekniklerini üç bölümde toplayabiliriz:

- **Düz Gölgeleme Tekniği (Flat Shading):** Gölgeleme teknikleri içinde en basit ama en hızlı görüntü elde etmeyi sağlayan bir tekniktir. Nesne üzerinde yer alan bütün çokgen yüzeylerin her biri aynı yoğunlukta renge sahiptir. Birbirine bağlı yüzeyler arasındaki renk geçişleri keskindir. Bir küp gibi düzgün yüzeylere sahip nesnelere kullanılabilir ancak yumuşak görümlü yüzeylerde iyi sonuç vermez.
- **Gouraud Gölgeleme Tekniği (Gouraud Shading):** Henry Gouraud tarafından geliştirilen, köşeli çokgen yüzeylerde pürüzsüze yakın görüntüler elde etmeyi sağlayan bu teknikte, düz gölgeleme tekniğine göre oldukça gerçeğe yakın görüntüler üretilir. Birbirine bağlı çokgen yüzeylerin renkleri arasında düzgün geçişler sağlanır. Bu teknikte gölgeleme nesnelere yumuşak ve düzgün geçişli görüntü elde etmek için yüzey sayılarını çok fazla arttırmaya gerek yoktur.
- **Phong Gölgeleme Tekniği (Phong Shading):** Gouraud gölgeleme tekniğinin Bui-Thong Phong tarafından geliştirilmiş halidir. Bir objenin yüzeyi üzerindeki her bir piksel için bir renk hesaplaması gerçekleştirir. Bu yüzden yüzeyler arası renk geçişleri oldukça yumuşaktır ve nesnelerin sıvanması işleminde de fazla zaman almadan gerçekçi görüntüler elde etmek mümkündür.

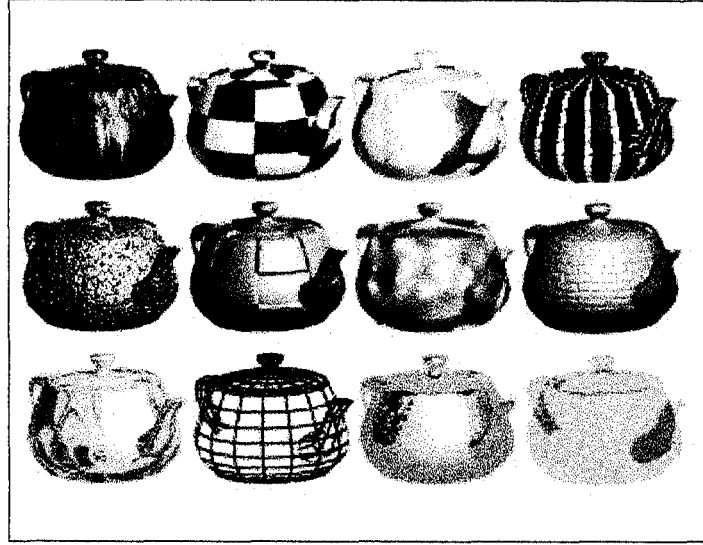


Şekil 9. Düz, Gouraud ve Phong Gölgeleme Teknikleri

1.3.2. Desen Tanımlama

Bilgisayarda üretilen üç boyutlu nesnelerin her birinin kendine ait renk, desen, parlaklık, saydamlık, yansımaya ve kırılma gibi nitelikleri olmak zorundadır. Bu nitelik tanımlamaları o nesnenin yapısını ve durumunu belirler. Bir nesnenin sert, yumuşak ya da pürüzlü olduğu ona verilecek renk ve doku tanımlamalarıyla belirlenir. Doğada rastladığımız her maddenin bir rengi ve dokusu vardır. Bir portakalı ele aldığımızda rengi turuncu, dokusu da pürüzlüdür. Şeklinin dışındaki bu özellikler portakalın niteliğini oluşturur. Ağaçların girintili çıkıntılı, cinsine göre kahverengi tonlarında kabuğu vardır. Doğadaki bu gibi nesnelerin benzetiminde bu amaçla geliştirilmiş ve bilgisayara uyarlanmış kaplama türleri ile birçok desen tanımlama öğeleri mevcuttur (Şekil 10).

Kaplama türlerini düz, küre ve silindir olarak ele alabiliriz. Düz kaplama tekniğini resmin belli bir obje üzerine bir projeksiyon aracı ile yansıtılması gibi düşünebiliriz. Masanın düzgün yüzeyini bu yöntemle ağaç dokusuyla kaplayabiliriz. Bir şişe etiketi silindir kaplama yöntemiyle şişe modelinin etrafına sarılabilir. Bir kürenin üzerine de, küre kaplama yöntemiyle basket topu dokusu geçirilebilir.



Şekil 10. Desen Tanımlama Yöntemlerinden Örnekler

Desen tanımlama yöntemlerinden bazılarını açıklayalım:

- **Renk Kaplama (Color Map):** Her objenin kendine özgü bir rengi vardır. Kırmızı, mavi, yeşil gibi renkler nesnelerin yapı ve cinsine göre uyarlanır. Renk doygunluğu, parlaklığı ya da matlığı belirtilir.
- **Doku Kaplama (Texture Map):** Doğadaki nesnelerin bilgisayar ortamındaki nesnelere benzetiminde en çok kullanılan yöntemdir. İki boyutlu olarak üretilmiş ya da dışarıdan tarayıcı aygıtlarla bilgisayar ortamına geçirilmiş resimleri nesne üzerine kaplama işlemidir. Mermer, ağaç, kumaş, toprak, çimen gibi doku resimleri nesne üzerine kaplanmasıyla nesnenin dokusu oluşturulur. Dünya haritası resminin küreye kaplanması ile animasyonda bir uzay mekanı yaratılabilir.
- **Tümsek Kaplama (Bump Map):** Pürüzlü yüzeyleri olan nesnelere nesnenin kendi yapısına dokunmadan bu kaplama yöntemiyle pürüzlü hissi verilebilir. Bu teknikte doku tanımlamanın bir çeşididir. İşlem aynıdır. Kaplanacak resimdeki siyah beyaz renk tonları tümsek ya da çukur alanları belirler. Beyaz tonlar kabartı, siyah tonlar ise çukur alanları oluşturur. Verilecek

yoğunluk derecesiyle bu tümseklerin etkisi ayarlanır. Örneğin duvar olarak üretilen üç boyutlu bir nesneye kaplanacak tümsek tanımlaması o duvarın nasıl bir malzemedен yapıldığını belirleyecektir. Duvar düzgün bir yüzeye mi sahip yoksa tuğla gibi bir malzemedен mi yapıldığı bu sistemle benzetim yolana gidilir. Yeryüzünde toprak zemin dümdüz değildir. Yaratılacak üç boyutlu bir yeryüzü nesnesinin bu kabartılı dokusunu, tümsek kaplama yöntemiyle çok kolay bir şekilde elde edebiliriz.

- **Şeffaf Kaplama (Transparency):** Geçirgenlik anlamına gelmektedir. Doğada bu tür geçirgen nesnelere karşılaşıyoruz. Bir camın ya da deniz suyunun geçirgenlik katsayısı farklıdır. Bu yöntem cam gibi geçirgen nesnelere uygulanır.
- **Yansıma Kaplama (Reflection Map):** Bu yöntemle metal gibi parlak nesnelere benzetimi elde edilir. Nesne üzerine uygulanan yansıma, gerçekte nesnenin etrafındaki diğer nesnelere yansıtma olayı değildir. Herhangi bir resmi nesne üzerine kaplayarak yansıma hissi verilir. Gerçek yansıma ışın izleme yöntemiyle elde edilir.
- **Opak Kaplama (Opacity Map):** Bir çeşit şeffaf tanımlamaya benzer. Ancak bu işlemde nesneye kaplanacak resme göre bazı yerler şeffaf, bazı yerlerse mattır. Siyah değerinin olduğu yerlerde tam bir saydamlık oluşturularak arkaasında yer alan nesne ya da görüntülerin görünmesini sağlar. Beyaz değerlerin olduğu yerler opaktır ve birer yüzey görüntüsü oluştururlar. Bir çeşit maskeleyme yöntemidir.
- **Kırılma ve Yansıma Kaplama (Refraction Map):** Bu teknik gerçekçi görüntüler elde etmede oldukça başarılıdır. Etrafındaki ve içindeki nesne, malzemeleri ve şekilleriyle ilişki halindedir. Üzerinde nesnelere yansımaları ya da kırılmış görüntüleri sıvama işleminden sonra belirir. Cam gibi şeffaf malzemelerin kırılma katsayısını, metal gibi malzemelerin yansıtma derecesini belirler. Sıvama işlemi oldukça uzun sürer.

- **İşlemsel Doku Kaplama (Procedural Map):** Kaplama çeşitlerinde kullanılan resim ve dokulardan farklı olarak geliştirilmiş bir yöntemdir. Matematiksel hesaplamalar ile bilgisayar tarafından oluşturulan doku görüntüleridir. En büyük özellikleri hafızada çok az yer kaplamaları ve uygulandığı yüzeylerde çoğaltma yapılsa dahi ek yerlerinin olmaması, bir bütün olarak kesiksiz gözükmeleridir. Bir gökyüzünü üç boyutlu bilgisayar ortamında elde etmeyi düşündüğümüzde, normal kaplama yöntemleriyle, kürenin içine geçirilen gökyüzü resminin birleşim yerlerinde kesiklik oluşacaktır. Bu kesiklik işlemsel dokularla ortadan kaldırılmıştır. Dokular verilen değerlerle kendi kendilerini üretmektedir.
- **Ortamsal Kaplama (Environment Map):** Etrafındaki nesnelere üzerinde yansıtması gereken bir objenin üzerine kaplanan bir nevi yapay çevredir. Sahnenin uzaysal mekandaki farklı altı yönden görüntünün nesne üzerine kaplanması ve çevresindeki nesnelere yansıtıyormuş etkisi verilmesi amacını taşır. Bu altı yön; üst, alt, sağ, sol, ön ve arkayı temsil eder.

1.4. Sahne Düzenlemesi

Modelleme işlemi bilgisayarın üç boyutlu mekanı içerisinde gerçekleştirilir. Üretilmiş modellerin yüzey nitelikleri de tanımlandıktan sonra, animasyonun, daha doğrusu olayların geçeceği sahne yaratılır. Bu, bir anlamda mekan tasarımıdır. Animasyon boyunca nesnelere ve karakterlerin birbirleriyle kuracakları ilişkiler zaten çekim senaryosu ve bu doğrultuda çizimleri gerçekleştirilmiş öykü akış şemasında belirlenmiştir. Öyküde olaylar farklı birkaç mekanda geçiyor olabilir. Bu durumda kararlaştırılmış sahne geçişlerine ve kurgu aşamasına uygun olarak sahneler yaratılır. Her sahnede, olması gereken karakter ve nesnelere yer alır.

Sahne oluşturma işlemi; bilgisayarda üç boyutlu olarak üretilmiş modellerin, animasyonun ilk karesini oluşturacak görüntüde yerlerini alacak şekilde, bilgisayar

Üç boyutlu animasyon yazılımlarında yaygın olarak kullanılan ışık çeşitleri çevresel ışık (Ambient light), nokta ışık (point light), paralel ışık (paralel light) ve yönlendirilmiş ışıktır. Bazı gelişmiş yazılımlarda güneş ışığı (sun light) gibi gün, saat, dakika ve bölge gibi ayrıntıların belirtilerek gerçek yaşantımızdaki güneş ışığının ortama yansıtılması sağlanmaktadır.

- **Çevresel Işık (Ambient Light):** Çevresel ışık sahnenin ve sahnede yer alan nesnelerin tamamına uygulanan bir ışık türüdür. Nesnelerin gölgede kalan kısımlarındaki rengin yoğunluğunu belirler. Bunun yanında diğer ışık kaynaklarının ışık şiddetini de artırır ya da azaltır.
- **Nokta Işık (PointLight, Omni Light):** Nokta ışık isminden de anlaşılacağı gibi ışık kaynağının merkezinden her yöne doğru yayılan bir ışık çeşididir. Uzayda güneşin gezegenleri aydınlattığı ya da bir odadaki ampulün çevresindeki eşyaları aydınlatması olarak düşünebiliriz. Nokta ışık kaynaklarına üç boyutlu ortamdaki nesnelere gölge verme özelliği tanımlanabilir.
- **Paralel Işık (Parallel Light):** Bu ışık kaynağı türünü belli bir düzlemden bütün ortama ışınların birbirine paralel olarak gönderilen bir ışık kaynağı olarak tanımlayabiliriz. Sahnedeki bütün nesnelere aynı oranda ışık alırlar.
- **Yönlendirilmiş Işık (Spot Light):** Bu ışık kaynağı belli bir noktadan sahnenin belli bir alanını aydınlatır. Tanımlanan değerlere göre merkezinde ışığın şiddeti fazla, yayılımında ışığın şiddeti azalır ve dışındaki alanlar karanlıkta kalır. Bunu bir el feneri ile aydınlatma gibi düşünebiliriz. Belli bir noktadan çıkan ışık koni şeklinde ışın demetleri halinde yayılır. Işığın düştüğü yüzeyde dairesel bir aydınlatma söz konusudur. Bugün kullanılan gelişmiş animasyon yazılımlarında buna ilave olarak dikdörtgen aydınlatma da mevcuttur. Aydınlatmada ışın demetleri prizma şeklinde belirir.

- **Hacimsel Işık (Volume Light):** Bu aydınlatma çeşidi diğer ışık kaynaklarını aydınlatma tarzına benzer. Ancak bunda yayılan ışığın kütlelesel yoğunluğu vardır. Sisli bir havada araba farlarının yaydığı ışığa benzer.
- **Projektör Işık (Project Light):** Bilgisayar ortamında tanımlanacak iki boyutlu bir resmin, sanki projektörden yansıtılmış gibi, ışık olarak mekana gönderilmesi ve nesnelerin üzerinde resmin görüntüsünün yansımaları işlemini gerçekleştiren ışık kaynağı türüdür.

2.4.2. Kameralar

“Film kamerası, bir optikten ve hareket mekanizmasını oluşturan içeren donanımdan oluşan bir araçtır ... Optik, ışığında yardımıyla, bir görüntünün ortaya çıkarılmasına neden olur ve bir objenin durumunu veya biçimini betimler.”³³

Üç boyutlu animasyon yazılımlarında kullanılan kameralar gerçek hayatta kullanılan kamera özelliklerini taşırlar. Sahnedeki nesnelerin çalışma esnasında ve sıvama işleminden sonraki çıkacak görüntünün hangi açıda ve nasıl görüntüleneceği kamera ile belirlenir. Hazırlanan sahneye derinlik kazandırarak, nesneler arasında dolaşma imkanı sağlar. Mercekleri vardır. Bu merceklerin açı değerlerini değiştirerek sahnenin ve burada yer alan üç boyutlu nesnelerin dar, normal ya da geniş açıda gösterimi sağlanır. Kameraların hedef noktaları vardır. Bu hedef noktaları bilgisayarın uzaysal mekanı içinde kaydırılarak çekimin yapılacağı alan belirlenir.

Üç boyutlu sahne, uzaysal mekânın bir yerine konumlandırılmış kameranın görüş noktasından (POV-Point of view), bakılmak istenen alanı çevreleyen pencereye doğru genişleyen bir görüntü piramitinin açıları dahilinde ekranda görüntülenir. Bu

³³ Nadi Kafalı, “Kamera ve İletişim Sanatı Olarak Görüntü”, *Kurgu/8*, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, İ.B.Y.O. Yay., 1990, s.311.

pencere, kameradaki filme ya da gözün retina tabakasına benzer. Tek fark, onun görüş noktasının arkada değil de, ön planda yer almasıdır.³⁴

1.5. Hareketlendirme

Üç boyutlu bilgisayarlı animasyonda, hareketleri objelerin konumlarındaki yer değişimleri, biçimlerindeki değişimler, kamera konum ve açılarındaki değişimler, sahneyi aydınlatan ışıklardaki değişimler ve özel efektler oluşturur. Genel bir anlamda ifade etmek gerekirse; objeler zaman içinde hareket edebilir, büyüklükleri değişebilir, dönebilir ve şekil değiştirebilirler. Yüzeylerdeki renk ve dokular kendi içerisinde harekete sahip olabilirler. Kameranın konumu değişebilir, dönebilir ya da odak uzaklığı değişebilir. Aynı zamanda ışıklar sahneyi tarayabilir, şiddeti azalır, çoğalabilir ve rengi değişebilir.

1.5.1. Anahtar Kare (Key Frame) Yöntemi

Üç boyutlu bilgisayarlı animasyonda anahtar kare, sahnede gerçekleşen hareketlerden her birinin temel konumlarını ve duruşlarını tanımlayanlardır. Anahtar kareler, zaman içinde sahnede geçen bütün değişken olayların başlangıç ve sonucundaki sayısal değerleriyle belirlenir. Bu yöntemle gerçekleştirilen hareketlendirmede, başlangıç ve sonuç arasında kalan ara karelerin hesaplamaları, bilgisayar tarafından gerçekleştirilir.

1.5.2. Dönüşüm (Transformation) Yöntemi

Bilgisayarın uzaysal mekanında yer alan nesnelerin, zaman içerisinde, bir yerden başka bir yere kaydırılması, döndürülmesi ve boyutlarının değiştirilmesi işlemidir. Kaydırma işlemi belirlenecek bir doğrultuda ya da eğri bir yol üzerinde gerçekleştirilir. Bu yöntemle, sahnede bir yerde konumlandırılmış olan kamera ve ışık kaynakları da hareket ettirilebilir.

³⁴ Kerlow-Rosebush, *Ön.ver.*, s.172-174.

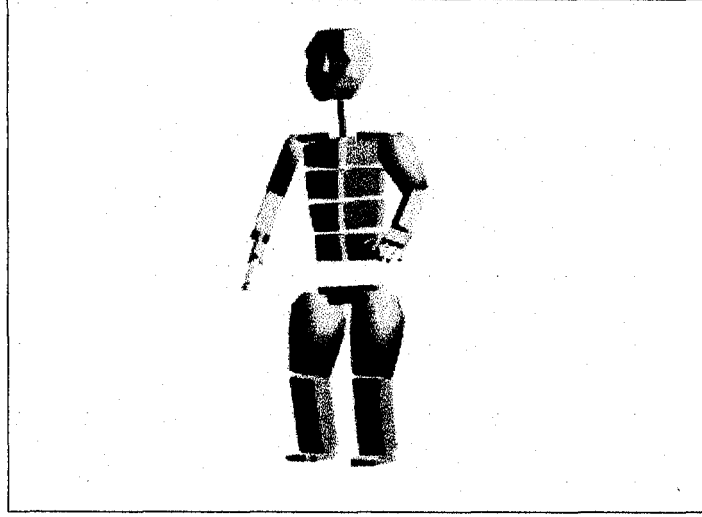
1.5.3. Düz Kinematik ve Ters Kinematik (Kinematics and Inverse Kinematics)

Kinematik, “harekete ait” anlamına gelmektedir.³⁵ Kinematik üzerinde uğraşan bilim adamları, hareketin nedenleri olarak ve hareketle ilgili konum, hız, ivme gibi bağımsız güçler üzerinde araştırma ve çalışmalar yapmaktadırlar.

Düz ve ters kinematik, üç boyutlu animasyonda, insan, hayvan gibi eklemli nesnelere ve mekanik olarak çalışan nesnelere hareketlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bir dizi halinde birbirlerine bağlanmış (link) farklı nesnelere, içlerinden herhangi birinin hareket ettirilmesi yoluyla, diğer nesne konumlarının bu hareket doğrultusunda otomatik olarak değişmesi işlemidir.

Eklemli nesnelere bağlantılar, bir iskelet yapısı olarak kurulur. Modeli oluşturan nesnelere bir insan figürünü verecekse, bu yapının, omurga ve omuzlardan meydana gelen ana gövdesi oluşturulur. El, kol, bacak, ayak ve parmaklar gibi diğer uzuvların yerini alacak nesnelere, kendi içlerinde de dizi oluşturacak şekilde bu gövdeye bağlanır. Düz kinematik yönteminde, bölümlerden oluşan bu nesnelere hareketi ileri doğrudur. Omuz hareket ettirildiğinde, buna bağlı olan sıralama doğrultusunda, kol, el ve parmaklar hareket edecektir. Kol bölümü oynatıldığında ise sadece buna bağlı olan el ve ele bağlanmış diğer parmaklar hareket edecektir. Ters kinematik yönteminde ise bu işlemin tam tersi gerçekleşir. El oynatıldığında hareket geriye doğru yansır ve bunun sonucu olarak, kol, omuz ve sırasıyla diğer bölümler hareket eder. Animasyon sırasında bir elin, baş üzerine gitmesi gerekiyorsa, eli, başın üzerine taşımak yeterlidir. Kolun bölümleri, otomatik olarak eli takip edecek ve omuz öne çekilecektir. Düz kinematikte yönteminde ise bütün bölüm hareketlerinin değerleri girilmek zorundadır. Önce omuz hareket ettirilecek, daha sonra sırasıyla kolun bölümleri ve el hareket ettirilerek, işlem tamamlanacaktır.

³⁵ İngilizce-Türkçe Sözlük, “kinematik”, Redhouse, yedinci basım: Aralık, 1990, s.543.



Şekil 12. İnsan İskeleti Yapısında Oluşturulmuş Bir Model

Ters kinematik yöntemlerinde, uçtaki nesnenin hareketlendirilmesinden etkilenen diğer nesnelere, istek dışı gerçekleşen sapmaları önlemek ve hareketleri kontrol altında tutmak için, hareket kısıtlaması seçeneği bulunmaktadır. Bu kısıtlamalar verilen değerlerle belirlenir. Örneğin modelin baş hareketi kendi etrafında 360 derece dönebilirken, verilecek sağa 90, sola 90 derecelik dönme sınırı ile hareket uygulama sırasında ve diğer bölüm hareketlerinin yansımaları sonucunda, başın dönme hareketi, toplam 180 derecelik bir dönme değerinin üzerine çıkamayacaktır. Bu hareket sınırlaması ile, kafanın geriye doğru bakması gibi, istenmeyen hareketler önlenecektir.

Ters kinematik yöntemiyle gerçekleştirilen hareket uygulamalarından, düz kinematik yöntemine oranla, daha yumuşak ve doğal sonuçlar elde edilir.

1.5.4. Parçacık Animasyonu (Particle Animation)

Parçacık animasyonu, ateş, duman, sis, bulut gibi oynak ve değişken nesnelerin üretildikten sonra, belirlenen özellikler doğrultusunda hareketlendirilmesi ve sıvama (render) yöntemiyle görüntülerinin elde edilmesidir. Katı nesne yapısına sahip düzgün bir doğru olarak tanımlanabilecek kenarları yoktur. Kendi içlerinde rastlantısal hareket

ve akışkanlığa sahip olan parçacıklar, ancak tanımlanan özellikler doğrultusunda sıvama (render) işleminden sonra biçim alırlar.

Parçacık sistemlere fiziksel ve davranışsal etkiler uyarlanarak patlama, sıvı akışı gibi olayların benzetimleri gerçekleştirilebilir. Bir patlamanın ne zaman olacağı, patlamadan sonraki parçacıkların ne kadar süre canlı kalacağı, hız ve doğrultusu yerçekiminin parçacıklara olacak etkisi gibi değerler önceden tanımlanır. Parçacık sistemleriyle oluşturulacak nesnelerin bilgisayar tarafından hesaplanması ve ekranda oluşturulması oldukça karmaşık ve zaman alan bir işlemdir. Bu karmaşıklık nesnelerin sıvanması işleminde de kendini gösterir ve parçacıkların yüzey nitelikleriyle de bağlantılı olarak sonuç görüntüsünü elde etmek için, bilgisayarın oldukça fazla hesaplama yapması gerekir.

Parçacık sistemleri, bir objeyi oluşturan pek çok küçük parçacığın toplamıdır. Parçacık animasyonunda her kare için aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir.³⁶

- 1- Yeni parçacıklar oluşur.
- 2- Her yeni parçacığa konum, hız, boyut, yaşam süresi gibi kendine ait özellikler verilir,
- 3- Yaşam süresi biten her parçacık yok edilir,
- 4- Geri kalan parçacıklar özelliklerine göre bazı rasgele modülasyonlarla hareket ettirilir,
- 5- Bu parçacıklar render edilir.

1.5.5. Başkalaşım (Morphing)

Üç boyutlu animasyon sistemlerinde başkalaşım, bir nesne yapısının, zaman içerisinde değişerek, farklı bir yapıya dönüşmesi işlemidir. Bu işlem, kaynak modeli oluşturan nokta ve çokgenlerin, hedef olarak seçilen modele karşılık gelen nokta ve

³⁶ Münevver Kökür, **Bilgisayarla Grafik**, Eğitim Sağlık ve Bilimsel Araştırma Çalışmaları Vakfı Yayınlar, No:138, Eskişehir, 1998, s.29.

çokgenlere taşınması ile gerçekleşir. Bu nedenle başkalaşım uygulanacak üç boyutlu nesnelere, aynı nokta ve çokgen sayısına sahip olmalarını gerekmektedir.

1.6. Üç Boyutlu Nesnelere Sıvanması İşlemi (Rendering)

Sıvanma işlemi, üç boyutlu olarak yaratılmış sahne ve bu ortam içinde yer alan nesnelere, bir bakış açısından, nesnelere yüzey özellikleri ve sahnedeki ışıkların ortamı aydınlatma ilişkileri birebir bilgisayar tarafından hesaplanmasıyla bir çeşit boyanması ve gösteriminin yapılması işlemidir. “Üç boyutlu modelleme çok genel anlamda bir mimari oluşturmak, bir mimariyle sonlanmak zorundadır. “Render” edildiğindeki durağanlığı, dinginliği bir sinema karesini anımsatır. Görselleşen hem mekandır, hem de sinematografik zamanın en küçük birimidir. Bir andır.”³⁷

Sıvanma işlemiyle nesnelere gerçek şekilleri ve yapıları belirir. Bununla birlikte nesnelere; tanımlanmış olan renk ve doku nitelikleri, gölgeleri, birbirleri üzerindeki yansımaları, ışığa karşı olan etkileri gibi, ortamda belirtilen bütün özellikleriyle görselleştirilir.

“İlk görselleştirme sistemlerinde üç boyutlu “kafes” (wireframe) nesnelere yüzeyi, çokgen (polygon) dizileri halinde tanımlanır, sonra (gouraud ya da phong gölgelemesi [-shading] gibi) düz gölgeleme teknikleriyle pürüzsüz bir yüzey yaratılırdı. Günümüzdeki görselleştirme sistemlerinde ise çok değişik teknikler bir araya getirilmiştir: Işın izleme (ray tracing), yayılım (radiosity), doku eşleme (texture mapping), kabartı eşleme vb.”³⁸

- **Işın İzleme Tekniği (Ray Tracing):** Sıvanma tekniklerinin en kaliteli sonuç verenidir. 1980’de Amerikalı Turner Whitted tarafından, ışığın yansıma ve kırılması olayını bilgisayarda üç boyutlu cisimler üzerinde göstermek için geliştirilmiştir.³⁹ Üç boyutlu bir sahnede ışık kaynaklarından yayılan ışınları izleyip, ortamdaki cisimlerin bu ışınları kırma, yansıtma gibi hallerini

³⁷ Yılmaz Zenger, “Canlandırmada Zaman”, *Sanal Gazete*, Eylül 97, s.24

³⁸ Resimli Terimler Sözlüğü. ” Rendering Engine”, *Ön.ver.*, s.174.

³⁹ Onar. *Ön.ver.*, Eylül 1992, s.108.

hesaplayarak kaplama işlemidir.⁴⁰ Bu teknikle foto-gerçekçi görüntüler elde edilmektedir. Ancak bu işlemi gerçekleştirmek günümüzdeki hızlı bilgisayarlarda dahi son derece zaman almaktadır.

- **Yayınım Tekniği (Radiosity):** Bilgisayarlı grafik sistemlerinde bir görünüm içindeki nesnelere yarattığı yayılan ya da yansıyan ışık yansımalarının kesin benzetimini sağlayan bir tekniktir.⁴¹ Sahnede yer alan nesnelere sahip oldu renk parlaklıklarının etraflarına yaydıkları ışıkların diğer nesnelere olan etkilerini de hesaplar. Yansıma ve kırılmalar en hassas derecede değerlendirilir ve sıvamadaki sonuç mükemmelere ulaşır.
- **Ortam Efektleri (Environment Effect):** Birçok üç boyutlu model oluşturma ve animasyon yazılımı, gerçekçi görüntülere daha da yaklaşmak ve özel etkiler yaratmak amacıyla geliştirilen ortam efektlerini bünyesinde barındırır. Bunlar sıvama sırasında uygulamaya geçirilen, sis, ateş, hacimsel ışık gibi atmosfer efektleridir.

Animasyon birbiriyle ilişkili ardışık resimlerin belli bir hızda gösterimidir. İnsan gözü art arda gösterilen bu sıralı resimleri hareket ediyormuş gibi algılar. Araştırmalar sonucunda insan gözünün saniyede ardışık 10 resim gösteriminde algılamada devamlılık sağladığı saptanmıştır. Bu araştırmalara dayanılarak çizgi filmlerde (Cartoons) bir saniye için 12 ya da 24 resim yapılmaktadır. Sinema gösterimlerinde (motion pictures) saniyede 24 kare gösterilirken, televizyon sistemlerinde bu gösterim sayısı PAL (Phase Alternating Line) her saniye için 25, NTSC (National Television System Commite) her saniye için 30 resim karesidir.⁴² Sıvama işlemiyle bilgisayarın uzaysal mekanındaki üç boyutlu nesnelere görüntüleri, bilgisayarın ekranında (perspektif, nesnelere boyutlarındaki orantı, aydınlatma ve gölge gibi özelliklerle) derinlik hissi veren iki boyutlu resimlere dönüşür. Hazırlanan animasyonun süresi kadar, olan bütün kareler sıvama işleminden geçer ve bilgisayarın hafızasına durağan resim ya da hareketli resim formatında aktarılırlar. Bu formatlar farklı başlıklara ve kendilerine ait gösterim

⁴⁰ Tolga Yanaşık. "3 Boyutlu Animasyon", *PC Magazin*, Eylül 1996, s.156

⁴¹ Resimli Terimler Sözlüğü, "Radiosity", *Ön.ver.*, s.173.

kalitelerine sahiptir. Bunlardan bazıları; Gif, Targa, JPEG, Pic, RGB, Bmp gibi durağan resimler; AVI, MPEG, Flic gibi hareketli resimleri oluşturan format başlıklarıdır.

1.7. Birleştirme ve Özel Efektler

Bu aşama belli bir senaryo ve öykü akış şeması doğrultusunda gerçekleştirilen parça görüntülerin ve görüntülerle eşleşecek seslerin, gerekiyorsa özel efektlerin bir araya getirilme aşamasıdır. Günümüzdeki animasyon yazılımlarının bir kısmı bu işlemi kendi içindeki yardımcı yazılımlar ile çözmüş durumdadır. Yani bir animasyonun üretim aşamasından aktarım aşamasına kadar olan bütün süreçleri kendi içinde çözmüş durumdadır. Bu bir sonradan üretim aşamasıdır ve gerçekleştirilecek animasyon filminin son şeklini belirler. Bu bölümde storyboarda sadık kalmak gerekse de eksiklik ya da fazlalıklar bu aşamada çok daha rahat gözlemlenir ve ilaveler ya da çıkarmalar yapılabilir.

Bu görüntünün sunulacağı son aşama oldukça önemlidir. Bu yüzden bazı yazılım şirketleri bu aşama için çok zengin seçenekler sunan yazılımlar üretmişlerdir. Bunlar yönetmenlerin, animatörlerin ve sanatçıların hizmetine sunulmuş bir avantajdır.

Bu görüntüleri ve sesleri kurgulama ve özel efektleri ekleme aşamasında belli bir sıra takip edilmese de uygulama belirli safhalar çerçevesinde gerçekleşir.

1.7.1. Görüntü Birleştirme

Birden fazla bölüm olarak yaratılan görüntülerin senaryoya uygun olarak devamlılık sağlayacak şekilde birleştirme safhasıdır. Bu görüntülerin birleştirilmesi işleminde hikayenin etkisini artıracak etkiler yaratılabilir. Bazı temel görüntü birleştirme efektleri vardır. Kesme, erime, miks, kararma ve aydınlanma bu uygulamalara sadece birkaç örnektir. Bazı görüntülerde sonradan ilave edilmesi öngörülen farklı efektler vardır. Görüntü üzerinde belli bir yerde parlama, mozaikleşme,

⁴² Autodesk, **3D Studio-Release 2 Reference Manual**, Autodesk Inc., Publication, 1992, Chapter 8-1.

netsizlik gibi etkiler yaratılmak istenebilir. Bu tür etkiler bu gibi yazılımlarla çözümlenmektedir.

1.7.2. Müzik ve Ses Efektleri

Ses ve müzik, görüntüyü destekleyecek en önemli öğedir. İzleyici seyrettiği filmi ya da animasyonu ses yardımıyla daha iyi özümser ve görüntüyle bağdaştırır. Ekranda görünen bir arabanın eski ya da yeni olduğunu görüntünün yanında ses de belirleyebilir. Zemine düşen bir nesnenin çıkardığı ses, zemin ve nesne hakkında bilgi verir. Ses ve görüntünün birlikteliğinin verdiği etki, bu alanda çok daha geniş araştırma ve tahliller gerektirir. Ses ya da müzik arka planda ikincil bir sırada yer alabildiği gibi vurgulayıcı niteliğinde en ön plana da çıkabilir. Ancak, sesin bu destekleyici özelliği kaçınılmazdır. Bu alanda da bilgisayar ortamında ses efektleri yaratmak ve kurgulamak amacıyla pek çok yazılımlar geliştirilmiştir. Dışarıdan girilen müzik aletleri, video, CD oynatıcı, kaset çalar gibi aygıtlardan ses, bilgisayarın hafızasına kaydedilmekte ve işlenmektedir. Hatta müzik ve ses efektleri sayısal olarak bilgisayarın kendi bünyesinde yaratılmaktadır. Bu elde edilen ses ya da müzikler bilgisayarın başındaki kullanıcının hizmetindedir. Uygulayıcı bunların üzerinde değişiklikler yapabilir ve efektler yaratabilir. Bu efektler yankı, derinlik, tekrarlama, uzatma-kısaltma ve sesin alçalıp yükselmesi gibi etkilerdir.

1.7.3. Ses ve Görüntünün Birleştirilmesi

Ses ve görüntü birleştirilmesinde iki çeşit yöntem uygulanır. Ya ses, görüntü üstüne uyarlanacak ya da sese göre görüntü üretilecektir. Eskiden beri klasik animasyonlarda süregelen geleneksel işlem, hazır ya da hazırlanmış ses üzerine animasyonun uyarlanmasıydı. Bu kesinlikle uyulması gereken bir yöntem değildir. Seçilmiş belli bir müzik değiştirilemeyeceği için buna görüntüyü uydurmak zorunludur. Ancak ses efektlerinde genellikle bu uygulama geçerli değildir. Efekt görüntüyü desteklemelidir.

Ses ve görüntüsü birleştirilmiş, gerekli ise özel efektler eklenmiş animasyon filminin artık son aşamasına gelinmiştir. Bir başka ortamda hazırlanmış jenerik kurgu ile birleştirilerek sunuma hazır hale getirilir. Sırada bu filmin gösterim ortamına aktarılma aşaması vardır. Bu işlem için animasyon filmi gerekli formata çevrilir.

1.8. Medya Gösterim Ortamına Aktarım

Senaryodan başlayıp, öykü akış şemasına uygun bir şekilde gerçekleştirilen animasyon filmi kurgu aşaması da tamamlandıktan sonra gösterim için medya ortamına aktarılır. Bu aktarım için çok çeşitli yöntemler vardır. Ne tür bir medya ortamında sunumunun yapılacağı bu yöntemi belirler. Eğer televizyon ya da video ortamında gösterilecekse onların yayın formatına uygun olmalıdır. Bu formatları görüntünün de kalitesine bağlı olarak televizyon tarama formatlarına uyarlanmalıdır. Şayet bilgisayar ekranında ya da bilgisayar çıkışlı bir gösterim aracında sunulacaksa, bu ortama uygun formatta olmalıdır.

Her ne çeşit bir gösterim ortamına aktarılacak olsa da sonuçtaki gösterim gerçek zamanda olmalıdır.

İKİNCİ BÖLÜM

BİLGİSAYARDA ÜÇ BOYUTLU ANİMASYON FİLMİ UYGULAMASI

1. “BİR BAŞINA OYUN” FİLMİNİN GÖRSELLEŞTİRME AŞAMALARI

“Bir Başına Oyun” filminin görselleştirilmesinde, daha önce araştırma süreçlerinde tanımlamaları yapılan yöntemlerin, uygulama süresince amaca uygun olanları kullanılmış, diğer yöntemlerin tanımlamaları bilgi vermek amacıyla açıklanmıştır. Bu araştırma sürecinde elde edilen yöntem bilgileri ve filmin yaratımında izlenen yol birbirini desteklemiştir.

Filmin yapım aşamasına Kinetix animasyon ve yazılım firmasının yeni bir animasyon yazılımı olarak piyasaya sürdüğü 3D Studio MAX'in 1.2 sürümü ile başlandı, yapım sürecinde 3D Studio MAX 2.0 versiyonunun piyasaya sunumuyla, film, yazılımın bu sürümü ile tamamlandı. MAX' in kullanımındaki esneklik, sahne içinde yer alacak nesne, kamera, ışık, renk gibi malzemelerin kolay işlemlerle uygulanması ve değiştirilmesi, bu değişimlerin her birinin anime edilmesi, bu yazılımın uygulamada tercih edilme nedenlerindedir. Ayrıca farklı firmaların ve kişilerin hazırladığı, bu yazılımı destekleyici ve yazılıma ilave edilebilir özellikli yüzlerce küçük yazılımlarından (Plug-in) yararlanabilme özelliği 3D Studio MAX'i kullanmak için geçerli bir sebep olmuştur.

1.1. Tasarım ve Öykü Akış Şeması Hazırlanması

Filmin görselleştirilme aşaması film oluşturulma sürecinin planlanmasıyla başlamıştır. İlk başta neyin nasıl gerçekleştirileceği, hangi yazılımların kullanılacağı,

eldeki bilgisayar donanımının kapasitesi gözden geçirildi. Yaratılmak istenen karakterler, modeller ve filmin geçeceği mekan, fikir olarak tasarlandı. Filmin süresiyle ilgili bir kısıtlama düşünülmeden, animasyonun akıcılığı, hareketlerdeki zamansal tutarlılık ön planda tutuldu. Filmin geçeceği mekan ve bu mekanlarda yer alacak nesnelere ne olacağına karar verildi. Bu mekanlardan biri bir lunaparktı. Lunaparktaki modellerin neler olabileceği ve bu modellerin nasıl bir yapıya sahip olduğunu gözlemlemek amacıyla araştırmalar ve gerçek bir lunaparka gidilerek incelemeler yapıldı. Modelleme aşamasında yararlanılmak üzere lunaparktaki araçlardan detaylar alındı, mekanın fotoğrafları çekildi.

Filmin çekim senaryosu oluşturuldu. Çekim senaryosuna göre filmin oluşturulması, mekanlar, kamera hareketleri ve sahne geçişlerine göre 16 ayrı görüntü düzenlemesine ayrıldı.

Çekim senaryonun sağlam bir yapıya oturduğuna karar verildikten sonra öykü akış şemasının çizimlerine başlandı. Bu aşamada, animasyon boyunca gerçekleştirilecek hareketler, mekan tasarımı, modellerin yerleşimi ve birbirleri ile olan ilişkileri göz önünde bulundurularak kaba çizimleri kağıt üzerine döküldü. Kamera hareket ve açıları, karakterlerin hareketleri, kullanılacak efektler, ses ve müzikler, görüntü geçişleri, öykü akış şemasının temelini oluşturdu.

1.2. Modellerin Üretilmesi ve Yüzey Niteliklerinin Belirlenmesi

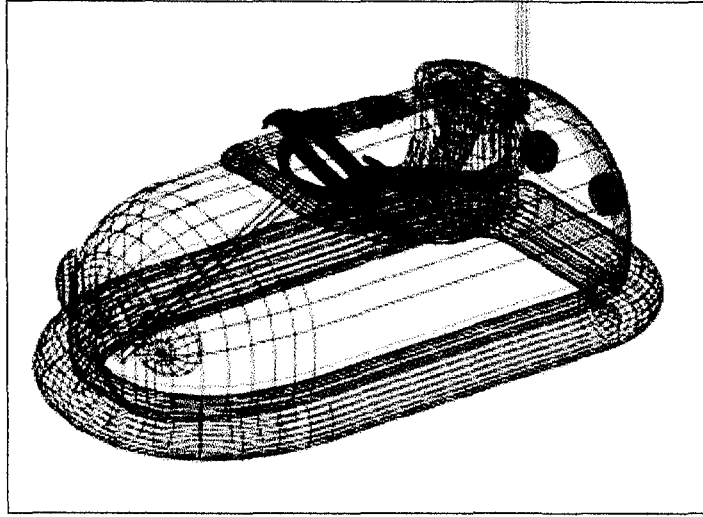
Filmin yaratılma sürecinde öykü akış şeması tamamlandıktan sonra modelleme aşamasına geçildi. Modelleme ve modellerin yüzey niteliklerinin belirlenmesi birbirlerini tamamlayan aşamalar oldukları için, oluşturulan model parçalarının tamamlanmasıyla, yüzey niteliklerini belirleme işlemleri aynı süreç içerisinde gerçekleştirildi. Böylelikle modelleme işlemi tamamlandığında, nesnelere tanımlanmış yüzey nitelikleriyle birlikte, karakteristik özellikleri de tamamlanmış oldu.

Animasyonun gerçek anlamda görselleştirme aşamasına, modellerin üretilmesi ile başlandı. Filmde iki ayrı mekan üretilirdi. Birinci mekan bir apartman ve bu apartmanın içindeki bir oda, ikinci mekan geniş, yeşillik araziye kurulmuş bir lunapark olardı. Her mekanı oluşturan farklı nesnelere olduğu gibi ortak olarak kullanılabilir nesnelere de vardı. Lunaparkın yapısını şekillendirecek olan nesnelere, en başta lunaparkın oturacağı zemini belirleyecek olan arazi, lunaparkın sınırlarını oluşturacak ağaç, duvar, çit gibi nesnelere ve lunaparkın özünü temsil edecek olan gondol, galaxy, çarpışan otolar, atlı karınca, balerin vs. gibi eğlence araçlarıydı. Filmde, bu araçlar olabildiğince çok çeşitte kullanılmıştır.

Filmin giriş ve sonuç sahnesinin geçmesi planlanan apartman katındaki bir oda (ki bu oda filmin ana karakteri olan çocuğun odası) içinde yer alması düşünülen karakter ve nesnelere şunlardır; filmin ana karakteri olacak çocuk, lunaparka ait oyuncaklar, resimler, ve mekanı görsel olarak zenginleştirecek yatak, kitaplık gibi malzemelerdir. Lunaparka ait eğlence aracı modellerinin bazıları bu oda içinde kullanılacaktır. Bazıları da ufak tefek ayrıntıları değiştirilmesi ile atlı karıncadaki at, sallanan at, sekolinin salınacağı ev içinde kullanılan oyuncak salıncak olarak kullanılması ile lunaparktaki araçlar oyuncaklar gibi temsil edilmiştir. Bu aşamada lunapark içerisinde birebir oluşturulan modellerin boyutları küçültülmüş, olması gereken bölümler ilave edilmiş, gerekli olmayan malzemeler de çıkartılmıştır.

Çarpışan otoların modellenmesi: Modelleme aşamasına ilk olarak, çocuğun odasında geçecek sahnede de kullanılması düşünülen lunapark eğlence araçlarından başlanmasına karar verildi. İlk olarak çarpışan otonun yapımına başlandı. Ön, yan ve üstten görünüşleri verilen araba şeklinin “lofting” bölümünde “fit” tekniği kullanılarak arabanın gövdesi ortaya çıkarıldı. Bu obje içerisinden “boolean” tekniği ile belli bir parça çıkarılarak oturma bölümü oluşturuldu. Bir daire çizilen oval bir şekil doğrultusunda yerleştirilerek oval bir simit elde edildi. Bu simit arabanın tabanını ve yan kolçaklarını oluşturdu. Boyutunun bir tek yönde ezilmesi ile oluşturulan yarım küre arabanın farları elde edildi. Bu yarım daireye verilen renk değeri , “Self Illumination” ve yansıma özelliği ile birlikte kullanılarak arabanın farlarının yanıyormuş etkisi yaratıldı. L şeklindeki bir yüzeyin “extrude” yöntemi ile boyut kazandırılması ile

arabanın koltuğu oluşturuldu. Üretim aşaması belki en kolay olabilecek olan direksiyon, ilkel nesnelere "torus" ile oluşturuldu.

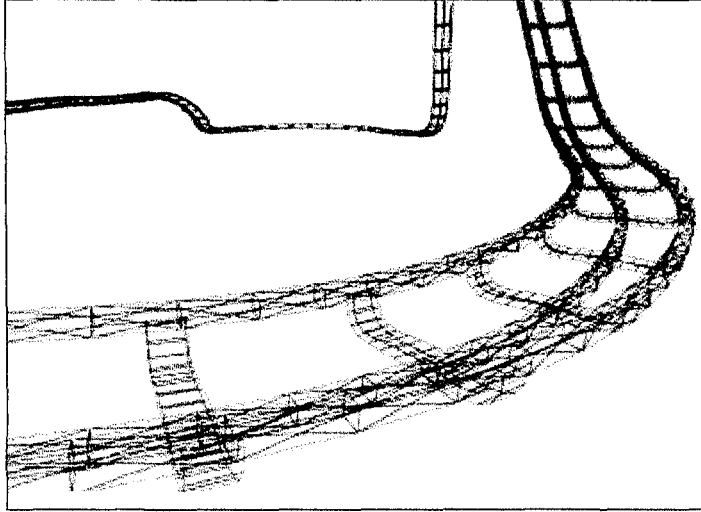


Şekil 13. Çarpışan Araba Modelinin Tel Kafes Görüntüsü

Çarpışan arabaların bulunduğu bölümün tavanını ortaya çıkaracak olan teller "wireframe" doku kaplama özelliği ile oluşturuldu. Dokunun kaplandığı yüzey, yüzlerce küçük üçgenden meydana gelen bir "Patch"den elde edildi. Arabanın kıvılcıklar çıkaran elektrik aksamının oluşturulması için, arkada yer alan borunun üzerindeki tel bölümüne, parçacık efektlerinden "Spray" efekti eklendi. Zeminde az bir yansıma ve bu yansımanın bulanıklığı etkisi ile, zeminin kirli metalik bir malzemedeki hissi verildi. Çarpışan oto alanın etrafını çevreleyen parmaklıklar silindirelerin birleştirilmesi, eğilmesi ve bunların belli aralıklarla çoğaltılması yolu ile oluşturuldu. Oluşturulan araba modeli çoğaltılarak renkleri değiştirilerek farklı başka arabalar üretildi.

Galaxy'nin modellenmesi: İkinci model üretimi olarak galaxy seçildi. Galaxy'nin raylar üzerinde hareket edecek olan araç için çarpışan otonun arabası kullanıldı. Direksiyon ortadan kaldırılmış, yerine "lofting" de oluşturulan, borudan bir tutamaç konuldu. Rayları oluşturmak için üç boyutlu mekanda düz bölümleri, inişleri, çıkışları ve dönüşleri olan, başlangıç noktası sonuç noktasıyla birleşik bir yol çizildi. İki adet

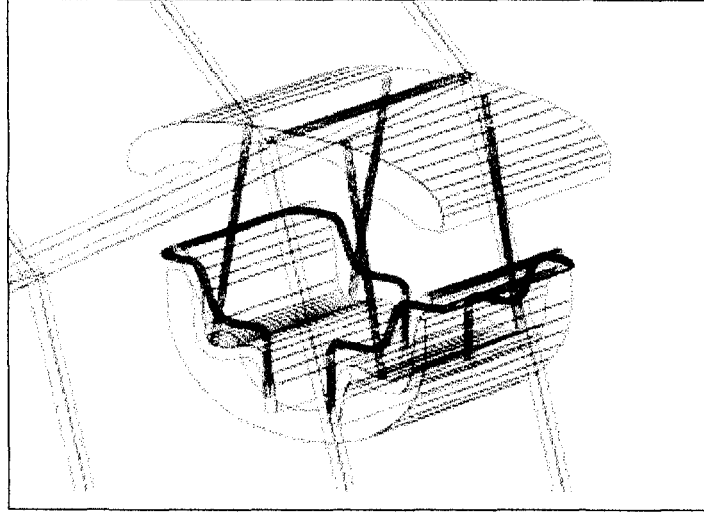
dikdörtgen şekil bu yol üzerinde devamlı bir şekilde belli aralıklarla kullanıldı. Bu şekillerin dış yüzeylerinin bilgisayar tarafından birleşmesi ile arabanın üzerinde gideceği ray ortaya çıkarıldı.



Şekil 14. Galaxy Raylarının Tel Kafes Görüntüsü

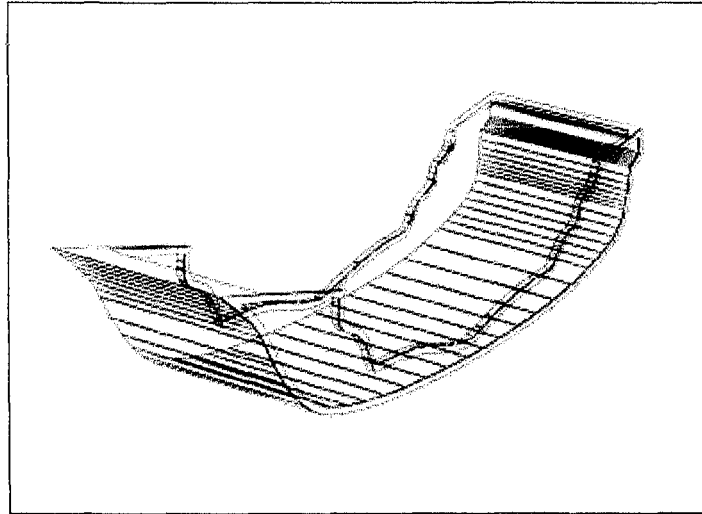
Ahşap doku niteliği verilmiş dikdörtgen kutuların yine bu yol üzerinde belli aralıklarla çoğaltılması ve silindirik direklerin de ilave edilmesiyle bu rayların dayanakları belirlendi.

Dönme dolabın modellenmesi: Dönme dolabın modellenmesinde ise çoğunlukla yan görünüşleri çizilmiş şekillerin “extrude” yöntemi ile boyut kazandırılmasıyla elde edildi. Kolçaklarını oluşturan demirler silindirlerin çoğaltılması, bükülmesi, boyutlarının uzatılma ve kısaltılması gibi yöntemler kullanılarak üretildi. Bu silindirlerin çaplarının değiştirilmesi ile değişik bölümlerin oluşturulmasında da yararlanıldı.



Şekil 15. Dönme Dolap Kabininin Üç Boyutlu Tel Kafes Görüntüsü

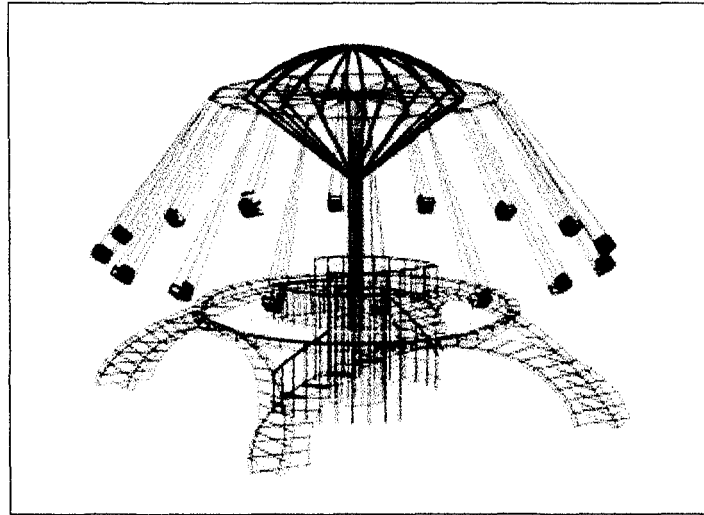
Dönme dolabın bir kabini tamamen oluşturulduktan sonra, bu kabinler çoğaltılarak, dönme dolabın ana iskeleti oluşturan demir borular üzerine belli aralıklarla yerleştirildi. Gondolun üretilme aşamasında da aynı yöntemler kullanıldı. Bu yöntemlerle elde edilen parçalar birleştirilerek gondolun genel yapısı ortaya çıkarıldı



Şekil 16. Gondol Modelinin, "Extrude" Yöntemiyle
Üretilmiş Kayık Bölümü

Sekolinin modellenmesi: Çarpışan oto için oluşturulmuş koltukların et kalınlığı inceltilerek sekolinin oturakları oluşturuldu. Gerçek hayattaki zincirlerin yapı ve

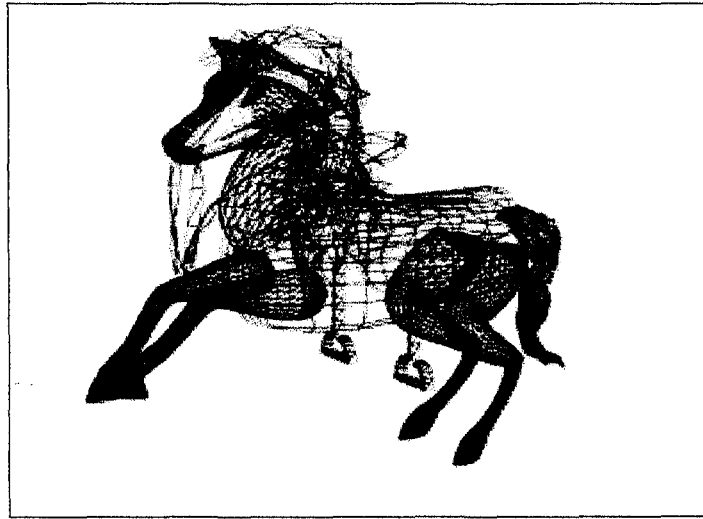
görüntü nitelikleri, bilgisayar ortamında gerçeğe çok yakın olarak elde edilebilecekken, bu modelde kullanılacak zinciri oluşturacak bölümler çok fazla çokgenden oluşacağı ve bunun bilgisayarın hafızasında fazla yer kaplayacağı göz önüne alınarak bu etkiyi verebilecek yollar arandı. Biçim değiştirme yöntemlerinden biri olan “Lattice”nin “tetra” özelliği zincir etkisini verebileceği düşünüldü. “Lattice” ile elde edilen üçgen prizmaların, bir doğrultu boyunca tekrarlarıyla zincirin elde edilmesi yoluna gidildi. Bu yöntemle hafızada büyük yer kaplayacak yüz binlerce çokgen üretiminden kazanç sağlandı. Gövdeyi oluşturan yapı, silindirler ve bu silindirlerin ortalarının delinmesi yöntemi ile elde edilen nesnelere oluşturuldu. “Extrude” yöntemi ile oluşturulan tahta parçaları, dönerek yükselen bir spiral üzerinde çoğaltılması ile sekolinin gövdesine çıkan döner merdivenin basamakları oluşturuldu. Silindirden borular bu merdivenin korkuluklarını belirledi.



Şekil 17. Sekolin Modelinin Tel Kafes Görüntüsü

Atlı karıncanın modellenmesi: Lunapark içinde yer alması düşünülen diğer bir oyun aracı da atlı karınca oldu. Atlı karıncayı oluşturacak atların üretimi için yöntemler araştırıldı ve denemeler yapıldı. Bilgisayar ortamında, organik modellerin benzetimi oldukça zor bir aşamadır. Son yıllarda araştırma ve geliştirmelerde İnsan, hayvan gibi kolları, bacakları olan yumuşak geçişli yüzeylere sahip olan canlıların üretimi üzerinde durulmaktadır. Bu üretime en yakın olan teknikler “NURBS” ve “Lofting” teknikleridir.

Atlı karıncada kullanılacak atların çok gerçekçi olmasının gerekmeysi, parçaların birleşim yerlerinin görünmesinin bir sakınca doğurmayacağı düşüncesi ile atlı karıncayı oluşturacak atların bölümler halinde elde edilmesi ve sonra bu parçaların birleştirilmesi yöntem olarak seçildi. Bacaklar, gövde, baş ve boyun olarak bölümlere ayrıldı. Bacakların oluşturulmasında “Lofting” yöntemi kullanıldı. Eğimleri belirlenen bir yol üzerinde iki boyutlu şekillerin ilerletilmesi ve bu şekillerin dış kenarlarının bilgisayar tarafından örülerek yüzeyler haline getirilmesi yolu ile oluşturuldu. Gövde, kafa boyun ve yele de bu yolla oluşturuldu. Bu parça parça üretilen bölümler birbirleri üzerine bindirilerek atın ana yapısı oluşturuldu.



Şekil 18. “Lofting” Yöntemi ile Üretilen At Modeli

Atın yelesi olarak oluşturulan parça üzerinde “Noise” değiştiricisi uygulanarak gelişigüzel, keskin çıkıntılar elde edildi. Baş, boyun ve gövdenin birleştirilmesi ile oluşturulmuş ana yapının üzerine oturtuldu. Yele üzerindeki belli noktaların çekilip taşınması ve yeleyi oluşturan sivri çıkıntıların kaydırılması ile kafa, boyun ve gövdenin birleşiminde ortaya çıkan ek izleri gizlendi. Yeleyi oluşturan ilk yapı kopyalandı ve bu yapı eğme, bükme, uzatma gibi yöntemlerle değişime uğratarak atın kuyruğu elde edilmiş oldu.

Lunapark ve çevresinin modellenmesi: Lunapark eğlence araçlarının tamamlanmasından sonra, bu araçların yerleştirileceği zeminin tasarımı yapıldı. Bu zeminin, lunaparkın yerleşim düzenine uygun olarak doğal arazi şeklinde yaratılması düşünüldü. Bu doğallığı sağlamak amacıyla, arazinin düzlükleri, tepeleri vb. gibi biçimsel özellikleri bilgisayar ortamında tasarlandı. Bu tasarıma uygun olarak ilk önce bilgisayarın uzaysal mekanında x ve y koordinatlarında bir “patch” yaratıldı. Düz bir alana sahip olan bu yüzeyi oluşturan üçgenler ve noktacıklar z koordinatında çekilerek dağlar, tepeler ve çukurlar elde edildi. Noktaların çekilmesi işlemi “Free Form Deformation” biçim değiştirme yöntemi ile gerçekleştirildi. Bu yöntemle nesne üzerine bindirilen “Free Form Deformation”un tanımladığı noktaların hareket ettirilmesi ile geniş alan üzerinde belli bölümlerin yükseltilmesi ve alçaltılması sağlandı. Lunaparkın yerleştirileceği alan düz bırakılarak, işlem bu alanın çevresine uygulandı. Doğal bir ortam yaratmak amacı ile bu zemin üzerine çimen dokusu kaplandı. Çimenin kendine özgü dokusunu elde etmek için de tümsek kaplama malzemesi olarak “cellular” kullanıldı.

Lunaparkın içerisinde yer alması planlanan eğlence araçlarının tamamlanmasıyla lunaparkın sınırlarının belirlenmesi ve bu araçların yerleştirilmesi aşamasına gelindi. Bu aşamada ilk olarak lunaparkın genel yapısını etkileyen havuzun şekli oluşturuldu. Bu şekil “extrude” yöntemiyle boyut kazandırıldı ve zeminin üstüne bindirilerek “boolean” yöntemiyle kesilerek, zeminde oyuk açıldı. Bu oyuk, fayans dokusunda bir resim malzemesi ile kaplandı. Havuzun içini doldurulacak suyun oluşturulması için, aynı şekil kopyalanarak çoğaltıldı. Suyun özelliklerini verecek olan şeffaflık, yansıma ve dalga doku malzemeleri ile kaplandı. Havuzun etrafına belirli aralıklarla fiskiye özelliğini verecek olan “Spray” parçacık sistemleri yerleştirildi. Bu “Spray” parçacıkların hız, yön, tanecik sayısı ve yer çekim sayısal değerleri verildi.

Lunapark eğlence araçları bu havuz etrafında bir düzen içinde yerleştirildi. Böylece lunaparkın genel yerleşim planı ve sınırları belirlendi. Sınırları belirleyen parmaklıklar “lofting” ve “extrude” yöntemleri ile oluşturulduktan sonra çoğaltılarak yerleştirildi. Bu sınırlar içinde eğlence araçların olduğu zemin, taş malzemesi ile kaplandı. Parmaklıkların etrafına ve boşta kalan alanlara konulacak ağaçlar için ise

farklı bir yöntem uygulandı. Üç boyutlu ağaçların çok sayıda kullanılmasından dolayı oluşacak çokgen yoğunluğundan kurtulmak için, üç boyutlu ağaç etkisi verebilecek, iki boyutlu yüzey üzerine saydam kaplama tekniği ile kaplanmış ağaç resmi kullanıldı. Bu iki boyutlu yüzeyler çoğaltıldı, boyutları değiştirilerek farklı büyüklükte ağaçlar elde edildi.

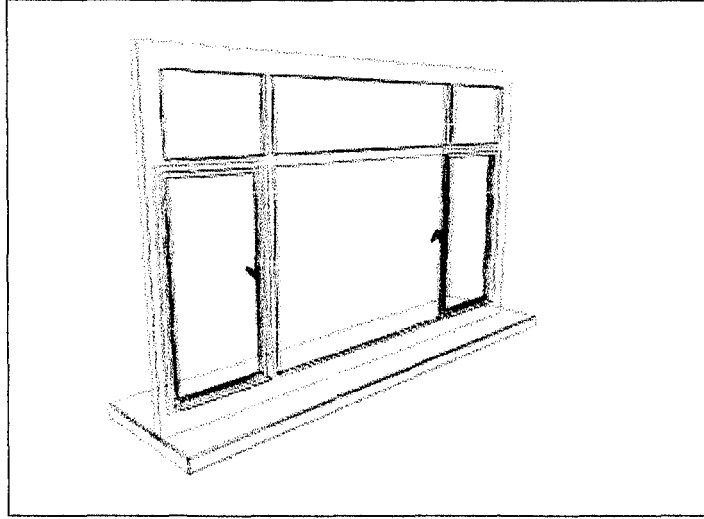
Bütün bu çevre düzenini tamamlayacak olan ve lunaparktaki olayların, içerisinde gerçekleşeceği gökyüzü ise etrafı çevreleyen bir küreden oluşturuldu. Bu küre gökyüzü resmi ile kaplandı. Bu işlem ile lunaparkın yerleşim düzeninin tasarımı tamamlanmış oldu.

Lunapark sahnesine ışık kaynaklarının yerleştirilmesi: model üretimi tamamlanmış lunaparkın aydınlatılması için “omni” ve “spot” ışık türleri yerleştirildi. Bu ışıklar filmin tasarımı doğrultusunda gün ışığı verebilecek değerlerle oluşturuldu. Işıkların renk ve gölge tonlarını doğru biçimde verebilmesi için sayısal değerler girildi. Denemeler sonucunda en doğru ışık rengi ve şiddetine karar verildi. Nesnelere yansıyan gölgeleri oluşturmak için “spot” ışık, istenmeyen gölge keskinliklerini önlemek için ise “omni” ışık türü kullanıldı.

Işık fonksiyonunun lunapark sahnesi üzerindeki etkisi ayarlandıktan sonra yeni bir sahne olan çocuğun yaşadığı apartman, çocuğun odası ve içindeki karakterler ile ayrıntıların tasarımına geçildi.

Apartmentın Modellenmesi: İlk olarak çocuğun odasının bulunduğu apartman modeli üretilmeye başlandı. Olay sadece çocuğun odasında geçeceği için apartmanın yalnızca dış yüzeyleri oluşturuldu. Apartman duvarlarının kalınlığı “extrude” yöntemi ile elde edildi. Yüzeyler dikdörtgen prizma şekilleriyle delinerek pencere boşlukları elde edildi. Bir pencere boşluğunun üzerinde pervaz, çerçeve ve camlar oluşturuldu (Şekil17). Bunlar nesnelere çoğaltılarak diğer pencerelere taşınma yöntemiyle yerleştirildi. Camlara şeffaf malzeme verilerek oda içlerinin görünmesi sağlandı. Pervazlar da yansıma özelliği olan mermer dokusu ile kaplandı. Oda içlerine dikdörtgen

prizmalar yerleştirilerek oda duvarları elde edildi. Apartmanın dışına ve oda iç duvarlarına renk ve doku değerleri verildi.



Şekil 19. Pencere Modeli

Oda içindeki nesnelerin modellenmesi: Oda içindeki yatak, dolap, halı, sandalye ve duvardaki resim çerçeveleri gibi eşyaların üretimine başlandı. Bu eşyaların üretiminde küp, dikdörtgen prizma gibi ilkel nesnelerin boyutlarının değiştirilmesi, çoğaltılması ve birleştirilmesi gibi yöntemler kullanıldı. Her bir parçanın özelliğine uygun olacak doku malzemeleri kaplandı. Örneğin dolaba ahşap, halıya geometrik desenlerden meydana gelmiş bir resim bir resim kaplanarak nesnenin malzemesinin niteliği belirtildi. Halıya tümsek kaplama yöntemiyle noktacık resimlerinden oluşan “cellular” dokusu da ilave edilerek halıya özgü bir doku benzetimi elde edildi. Duvardaki resimleri bir çocuk odasında olabilecek resimlerin dikdörtgen levhalara kaplanması oluşturdu.

Oda içine yerleştirilmesi planlanan ve lunapark sahnesi için daha öce üretilen eğlence araçlarından bazılarının birebir kopyaları alındı. Küçük ayrıntılar değiştirildi ya

da ilave edildi. Boyutları küçültülerek oda içinde birer oyuncak maketi durumuna getirildi.

Senaryoda, yerde çocuğun yaptığı resimlerin yer alması planlanmıştı. Bu resimler çocuğun kendi çizim kapasitesinde ve karakterinde olmalıydı. Okul çağı gelmemiş bir çocuğun yapabileceği, iç dünyasını ve hayallerini yansıtan resimler “Photo Shop” çizim ve boyama programında çizildi. Bilgisayar resmi formatında kaydedilen bu resimler, 3D Max programının malzeme kütüphanesine taşınarak, yerde oluşturulmuş iki boyutlu yüzeylere kaplandı. Resimlerin, çocuğun o anki ortamda kendisinin yapmış olduğunu belirtecek boya kalemleri yerdeki resimlerin etrafına yerleştirildi.

Çocuk modelinin, ana karaktere uyarlanması: Senaryoda filmin baş karakteri olan çocuğun modeli için, Character Studio ilave yazılımının model kütüphanesinden yararlanıldı. Bu kütüphaneden çocuğun karakteri yapısı için uygun olabilecek model seçildikten sonra 3D Studio MAX yazılımının içerisine çağırıldı. Filmde istenilen çocuk yapısını elde etmek için üzerinde birçok değişiklikler yapıldı. İlk önce karakterin şişkin olan göbeği, “Free Form Deformation” değiştiricisi ile geri çekildi. Sıra modelin çıplak olan vücuduna elbise giydirmeye işleme geldi. Bu işlem için modelin vücudunda, elbise formuna uyacak çokgen alanlar belirlendi. Bu alanlar seçilerek, yine “Free Form Deformation” değiştiricisi kullanılarak elbise alanları bollaştırılıp farklı renk niteliği verildi. Böylelikle vücudun üzerini saran bir T-Shirt elde edildi. Bu T-Shirt in üzerine doku tanımlanması ile desen yapıldı. Çocuğun şortu için de aynı işlemler gerçekleştirildi. “Free Form Deformation” değiştiricisi ile modelin kafa yapısında da birtakım değişiklikler yapıldı. Dışarıda olan alın bölgesi geri çekildi, şişkin olan yanaklar indirildi. Modelin saçsız olan kafasına saç yapıldı. Bu işlem için ilkönce “Nurbs” tabanlı bir küre yaratıldı. Bu kürenin kontrol noktaları çekilerek modelin kafasına oturtulmuş bir tas elde edildi. Daha sonra bu “Nurbs” obje, “Mesh” obje niteliğine döndürüldü. “MeshSmooth” değiştiricisi ile yumuşak detaylar elde edildi. Saçlarındaki dalgaları oluşturmak için “Noise” değiştiricisi uygulandı. Kabaran çokgenlerin uç noktaları (vertex) çekilerek düzene sokuldu. Renk tanımlaması ile saç elde etme işlemi tamamlanmış oldu. Kopyalanan modeldeki gözler küçüktü. Filmde çocuğun ifadelerinde daha vurgulayıcı etkiler yaratmak amacıyla gözlerin büyütülmesi

gerekiyordu. Bunun için modelin gözleri kaldırıldı, yerine ve göz bebekleri elde edilmiş kürelerden oluşan gözler konuldu. Göz kapakları yarım kürelerin bu kürenin üzerine altı üstlü bindirilmesiyle oluşturuldu. İki boyutlu olarak serbest çizimle elde edilen yüzeyler, göz kapaklarının üzerine konularak çocuğun kaşları elde edildi.

Sihri oluşturan parçacıklarının üretilmesi: Filmde çocuğun şaşırmasına neden olan sihri oluşturmak için, küçük, parlak parçacıklar kullanıldı. Bu parçacıkların elde edilmesi parçacık sistemlerine dayanan “Sand Blaster” adında ilave bir yazılım ile gerçekleştirildi.

1.3. Hareketlendirme Aşaması

Çekim senaryosuna göre filmde yer alması gereken, yüzey nitelikleri de tanımlanan modeller üretildikten ve sahnelerde olması gereken yerlerine yerleştirildikten sonra, planlanmış ve çekim senaryosunda bölümlere ayrılmış sahneler doğrultusunda hareketlendirme aşamasına geçildi. Bu aşamada ön planda tutulan amaç, model ve kamera hareketlerinin gerçekçi olması, gerçek dünyadaki hareketlerin animasyon ortamına uyarlanabilmesiydi.

Filmde kamera iki ayrı amaçla kullanıldı. Biri çocuğun gözünün bakış açısına uyarlanmış, ortamı onun gözüyle bakıyormuş hissini veren “özel kamera”, diğeri genel görüntülerde serbestçe gezdirilebilecek “genel kamera”ydı. Film boyunca değişik sahnelerde bu iki kameradan yararlanıldı.

Ayrı sahnelerden oluşması planlanan filmin, bu sahne görüntülerinin birbirleriyle ilişkilendirilmesi ve devamlılığın sağlanması yönünde, çekim senaryosu ve öykü akış şemasının gerçekleştirilmesi, hareketlendirme aşamasının hangi sahneden ve modelden başlanacağı hakkında fikir verdi. Lunaparktaki sahnelerde hareketlerin her biri farklı bir ortamda geçiyordu. Birbirleriyle olan bağlantıları sadece görüntü geçişlerinde ve genel görüntülerdeydi. Bu anlamda hareketlendirmelere bölüm bölüm başlanmaya karar verildi. Bu sahneler daha sonra kurgu aşamasında birleştirilecekti.

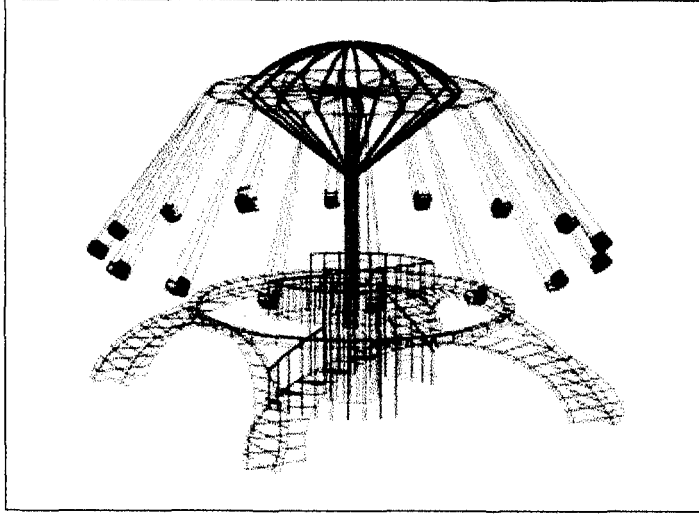
Galaxy arabası ve “özel kamera”nın hareketlendirilmesi: İlk olarak galaxy’de gerçekleştirilecek hareketler yaratıldı. Galaxy arabasının raylar üzerinde hareket etmesi, arabanın belli bir yol (path) üzerine tanımlanmasıyla gerçekleştirildi. Bu yol için, rayların modelini oluşturmada kullanılan yol kullanıldı. Arabanın bu yolu izleyerek raylar üzerinden çıkmaması ve belirlenen doğrultuda hareket etmesi sağlandı. Yukarı doğru çıkarken yavaşlama ve aşağı doğru kayarken hızlanması, yazılımın hareket bölümündeki “Ease to” ve “Ease from” değerleriyle ayarlandı. Kamera, çocuğun bakış açısından görüntü verebilecek şekilde, çocuğun gözlerinin hizasına, ileri bakar doğrultuda yerleştirildi. Böylece kameranın hedef noktası sağa-sola kaydırılarak çocuk başını döndürüyormuş ya da ileri-geri sallıyormuş etkisi yaratıldı. Arabanın ray üzerindeki sert dönüş hareketlerinde, arabada bulunan çocuğun, dönüş yönünün tersine savrulması gerekiyordu. Bu amaçla kamera kaynağı ve hedefi birlikte hareket ettirildi. Kameranın bakış açısından bakıldığında çocuğun vücudunun ve bununla birlikte kafasının savrulduğu etkisinin alındığı görüldü. Bunun gibi, araba raylarda düz giderken aniden yukarı çıkmaya başladığı ilk anda, kamera öne ve daha sonra bakış açısı gökyüzünü gösterecek şekilde geriye yatırıldı. Böylelikle çocuğun keskin bir sarsıntı ve daha sonra ağırlığının etkisiyle geriye doğru yattığı izlenimi yaratıldı. Aşağıya doğru kayma hareketinde ise, kamera ilk olarak öne doğru eğdirildi, daha sonra da hızın verdiği etkiyi yaratmak amacıyla kamera geriye doğru yatırıldı. Böylece de çocuk tam normal pozisyonunu almaya başlamışken, arabanın aşağıya doğru hızlı hareketinden dolayı koltuğa sıkıca dayandığı etkisi yaratılmış oldu. Bütün bu kamera hareketleriyle, vücudun, fiziksel etkiler karşısında gerçek hayattaki tepkilerinin benzetimi uyarlanmaya çalışıldı. Çocuğun ellerinin kameranın bakış açısı içerisinde görüntüye sokulmasıyla da, ekrana yansıtılan görüntünün havada gezen bir kamera ile elde edilmediği, çocuğun etrafını kendi gözüyle izlediği anki görüntüler olduğu etkisi artırıldı.

Çarpışan otolar ve “özel kamera”nın hareketlendirilmesi: Galaxy sahnesindeki kamera hareketlerinde yaratılan aynı etkiler, çarpışan araba sahnesindeki arabaların çarpışmaları ve ani hareketlerine de uygulandı. Bu sahnedeki arabaların hareketleri “keyframe” (anahtar kare) tekniği ile gerçekleştirildi. Arabalar belli süreler içinde ilk, ara ve son karelerde olması gereken durak noktalarına taşındı. Ortaya, ara

karelerinin bilgisayar tarafından belirlendiği yollar (path) çıktı. Hareket bölümündeki “Ease to” ve “Ease from” değerlerinin değiştirilmesi ile, belirlenen bu yollardaki ilerlemelerde yavaşlamalar ve hızlanmalar elde edildi. Yol üzerindeki ana karelerin belirli olduğu yerlerdeki noktalar kaydırılarak, hareketlerin son hali belirlendi. Arabanın kıvılcımlar çıkararak elektrik aksamını oluşturan spray efektinin hareketlendirilmesi için bu efektin içeriğinde bir etki olarak bulunan yer çekimi etkisinin uygulanması ile bu parçacıkların aşağı doğru dökülüyormuş etkisi yaratıldı. Parçacıkların görüntüde kalış sürelerinin belirtilmesi ile de kıvılcım etkisi tamamlanmış oldu.

Dönme dolap ve “özel kamera”nın hareketlendirilmesi: Dönme dolap, sekolin, gondol ve atlı karıncanın hareketleri birbirine bağlantılı mekanik hareketlerden oluşuyordu. Dönme dolabın ana silindir bölümü yuvarlanır yönde, merkezde z ekseninde döndürüldü. Dönme hareketine bu bölümüne “link” yöntemi ile bağlanan kabinlerde katıldı. Kabinlerin, silindirle birlikte her yönde dönmesi istenmeyen bir hareketti. Çünkü kabinler, silindirin dönme hareketi ile tepe noktasına geldiğinde ters yönde duruyordu. Bu yanlış hareketi yok etmek için x,y ve z bağlantı özelliklerinden z eksenindeki bağlantı kaldırıldı. Böylelikle kabinlerin zemin yüzeylerinin, dönme hareketi boyunca aşağıda kalması sağlandı. Anahtar kare yöntemiyle kabine z eksenini yönünde kısa döndürme hareketleri ilave edildi. Sonuçta kabinlerin, dönme dolabın ana bölümüyle birlikte dönmesi sırasında hafif hafif sallanması elde edildi. Kamera çocuğun bakış açısını oluşturacak şekilde oluşturuldu. Kamera hedef noktasının, anahtar kare yöntemiyle hareket ettirilmesiyle, çocuğun etrafa baktığı izlenimi verildi.

Sekolin salıncaklarının ve “özel kamera”nın hareketlendirilmesi: Sekolinin hareketleri de, dönme dolabın mekanik hareketlerinin benzeriydi. Sekolinin salıncakları, dik bir milin üzerine ana bölümün oturttuğu silindir üzerine bağlandı. Bu milin döndürülmesi ile salıncaklarda milinle birlikte döndü. Salıncakların yere doğru dik olan açısı, döndürme (rotate) yoluyla değiştirilerek eğim verildi (Şekil 18). Böylelikle dönüş hızıyla birlikte açılan sandalyelerin fiziksel etkisi yaratıldı.



Şekil 20. Sandalyelerine Eğim Verilmiş Sekolin Modelinin
Tel Kafes Görüntüsü

Kamera burada da çocuğun bakış açısını verecek şekilde yerleştirildi. Yine kamera hedef noktasının, anahtar kare yöntemiyle hareket ettirilmesiyle, çocuğun etrafa baktığı izlenimi verildi. Bu sahnede bir etki olarak çocuğun bacakları görüntü açısına sokuldu.

Gondol kayığının hareketlendirilmesi: Gondolun hareketinde, diğer araçların hareketlerine oranla daha basit mekanik bir hareket vardı. Bir mile bağlı olan gondolun sallanan ana yapısı, bir ekseninde belli bir açıda döndürülerek, bu açının aksi yönde de tekrarlanmasıyla gondolun ileri geri sallanması sağlandı. Bu hareketlerde de anahtar kare yöntemi uygulandı. Gondolun sallanmasındaki uç hareket noktalarında “Ease to” ve “Ease from” özelliğinden yararlanıldı. Böylelikle gondolun kayığının uç noktaya gelirken yavaşlaması, bu noktadan ayrılırken hızlanması sağlandı.

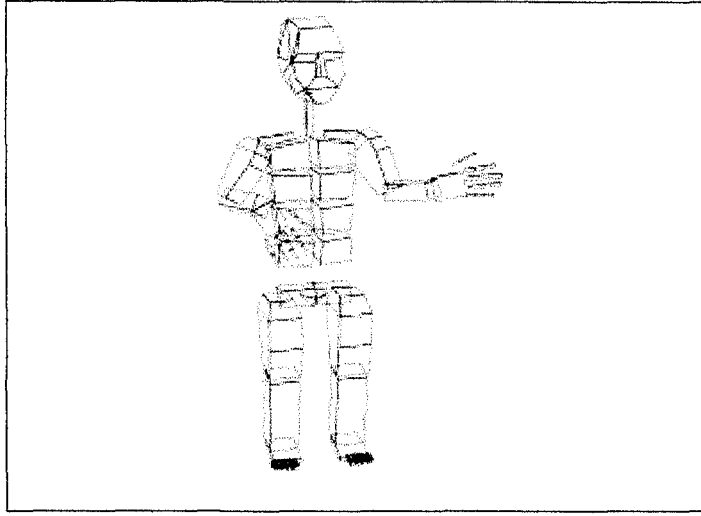
Atlı karıncanın hareketlendirilmesi: Atlı karıncanın hareketlerinde, sekolinde gerçekleştirilen hareket yaratma yöntemleri uygulandı. Bundaki fark mile bağlantılı olarak dönen atlarda, dik bir ekseninde inme ve çıkma hareketi vardı. Bu iniş ve çıkışlar da, anahtar kare yöntemiyle çözümlendi. Atların aşağı ve yukarıdaki anahtar kareleri belirlendi. Atlar bu yol doğrultusunda döngüsel bir harekete girdi.

Lunapark “genel kamerası”nın hareketlendirilmesi: Lunaparkın çevresindeki ve içindeki görüntüleri elde etmek amacıyla çocuğun bakış açısını gerçekleştiren kamera dışında genel bir kamera daha kullanıldı. Bu kamera çekim senaryosu ve öykü akış şeması doğrultusunda bir yol (path) üzerinde hareket ettirildi. “Ease to” ve “Ease from” özelliklerinden yararlanılarak hareketlere yumuşaklık kazandırıldı. Bu kamera çarpışan oto sahnesinden dönme dolap sahnesine geçiş arasında, havuzun üzerinden atlı karıncaya yaklaşma anında ve lunaparkın içinden kapının dışına çıkma sahnelerinde kullanıldı.

Oda sahnesi: Lunapark içerisinde geçecek kamera ve modellerin hareketleri tamamlandıktan sonra filmin giriş ve sonuç sahnesini oluşturan çocuğun odası sahnesine geçildi. Burada yaratılacak sahneler, çekim senaryosu ve öykü akış şemasında birkaç bölüme ayrılmış olsa da hareketlerin devamlılığının olması ve bir bütünlük içerisinde yer alması gerekiyordu. Bu amaçla, hareketleri tamamlanmış bir sahnenin bitimindeki son hareketlerin konumları, bir sonraki sahnenin başlangıcını oluşturacak şekilde planlama yapıldı. Böylelikle diğer sahneye geçişte hareket, devamlılığını kaybetmeyecekti. Bu sahnelerde şimdiye kadar uygulanan modellerin mekanik hareketlerinden farklı bir tarz olarak, çocuğun hareketleri giriyordu.

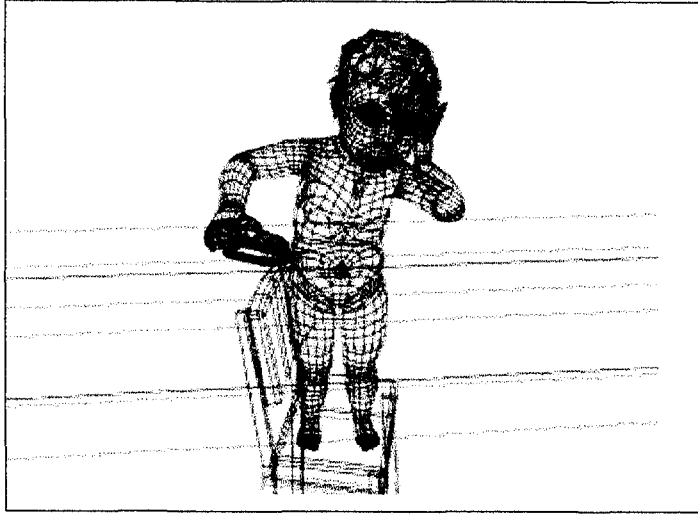
Çocuk karakterinin hareketlendirilmesi: Çocuğun hareketlendirilmesinde, 3D Studio MAX’in karakter animasyonlarında iki ayaklı insan, hayvan ya da yaratık karakterlerinin hareketlerini en kolay şekilde gerçekleştirmek amacıyla geliştirdiği “Character Studio” ilave yazılımı kullanıldı. Bu ilave yazılımın, ayak izi temelli (Footstep-Driven Animation) ve serbest form (Free-Form) animasyon yöntemleri kullanıldı. Animasyonun kimi yerlerinde bu iki yöntem birleştirilerek ya da birbiri arasında geçişlerle kullanıldı.

İlk olarak, “Biped” bölümünde yaratılan insan yapısındaki iskelete (Şekil 19), “Physique” modülü ile çocuğun üç boyutlu modeli tanımlandı. Böylelikle “Character Studio” ilave yazılımının ana özelliğiyle, iskelete verilen hareketler, çocuğun modeline yansyarak, aynı hareketleri çocuğun da yapması gerçekleştirildi.



Şekil 21. Character Studio'nun "Biped" İskeleti

Senaryoda belirtilen filmin giriş sahnesinde, çocuk, camın önündeki sandalyenin üzerinde, elindeki arabayı ileri-geri hareketlerle pervaz üzerinde gezdirmektedir. İlk olarak iskeletin pozisyonu, bu hareketin başlangıcını verecek şekilde yerleştirildi (Şekil20). Çocuğun oynadığı araba elinin altına yerleştirildi ve parmaklarıyla kavratıldı. Çocuğun el hareketleriyle beraber, tutmuş olduğu arabanın da hareket etmesini sağlamak amacıyla, araba iskeletin el bölümüne "Link" komutu ile bağlandı. Bu bölümde serbest form animasyon yöntemi kullanıldı. Bu yöntemin kendi içindeki anahtar karelerini belirlemek için iskeletin eli, zaman içinde olması gereken yerlere taşınarak hareket noktaları verildi. Bu hareket noktaları tekrarlanarak, çocuğun elinin bir yönde gidip gelmesi sağlandı. Bu hareketle iskelete bağlanmış araba da hareketlendirilmiş oldu. Çocuğun gözlerini kırpması, anahtar kare yöntemiyle gerçekleştirildi. Göz kapaklarını oluşturan yarı kürelerin merkezden belli bir açıda döndürülüp, tekrar eski pozisyonlarını alması ile kırpma işlemi gerçekleştirildi. Bu işlem, çocuğun hareketleri boyunca, istenen etki doğrultusunda belli aralıklarla tekrarlandı.



Şekil 22. Çocuk Karakterinin Tel Kafes Modeli

Serbest form animasyon yöntemi, çocuğun sandalyeden aşağıya atlama sahnesine kadar kullanıldı. El, kol ve vücut hareketleri iskeletin bölümlerinin zaman içinde hareket ettirilmesi ve anahtar karelerinin belirlenmesi ile elde edildi.

Çocuğun sandalyeden aşağıya atlama sahnesinden itibaren “Character Studio” ilave yazılımının en büyük özelliği olan ayak izi temelli animasyon yönteminden yararlanıldı. Bu yöntemle çocuğun gitmesi ve olması gerektiği yerlerdeki ayak izleri, belli zaman aralıkları içinde belirlendi. Çocuğun bu ayak izlerini takip etmesiyle birlikte, olduğu yerden döndürülmesi ve ilerleyerek hareket etmesi sağlandı. Başlangıçta sandalyenin üzerinde olan ayak izleri, odanın zeminine taşınmasıyla çocuğun bu ayak izlerini takip etmesi sonucunda sandalyeden aşağı atlaması sağlandı. Atlama, düşme ve yürüme sahneleri yazılım aracılığıyla otomatik olarak hesaplandı ve hareket kaba bir şekilde ortaya çıktı. Ortaya çıkarılan bu hareketler üzerinde, daha sonra, ilk atlama hareketi, vücudun gerilmesi, düşme esnasındaki çömelme, yürüyüş süresince kolların sallanması gibi ince ayrıntılar, serbest form animasyon yöntemiyle şekillendirildi. Ayak izlerinin yerleri, hareketlere uyumlu olacak şekilde tekrar düzenlendi. Hareketlerin yavaşlama ve hızlanması gerektiği yerlere “Ease to” ve “Ease from” özellikleri uygulandı.

Animasyon boyunca, sihirden gözünü ayırmayan çocuğun baş hareketleri de, “Biped” iskeletinin baş bölümünün hareket ettirilmesiyle elde edildi. Daha sonra kaldırılmak üzere yararlanılan uzun bir silindir, çocuğun bakış yönü doğrultusunda iskeletin baş bölümüne bağlandı. Bu silindirin uç noktası, çocuğun bakış noktasını belirledi. Böylelikle çocuğun sihirden ayırmadığı gözleriyle birlikte, başının hareketini kontrol altına almak kolaylaştı. Hareket tamamlandıktan sonra silindir yok edildi.

Sihri oluşturan parçacıkların hareketlendirilmesi: Bir başka teknik olarak, arabanın küçük parçacıklara ayrılarak yıldız öbeği oluşturmasında ve çocuğun parçalar halinde bölünerek yerde duran resmin içine girmesi hareketlerinde “Sand Blaster” adında ek yazılım kullanıldı. Oluşturulmuş üç boyutlu bir nesneyi ya da grupları kendi yapısı içinde belirlenmiş küp, küre, üçgen prizma gibi küçük nesnelere ayırarak, tekrar bir başka nesne üzerinde birleşebilmesi ve o nesnenin yapısını oluşturabilme özelliği, animasyonun bu bölümünde “Sand Blaster” parçacık üreticisinin seçilme nedenini belirledi.

1.4. Üç Boyutlu Modellerin Sıvanma (Rendering) Aşaması

Sahnelerdeki hareketler de tamamlandıktan sonra ayrı ayrı hazırlanan her sahnenin boyanarak üç boyutlu izlenimi veren iki boyutlu hareketli resimler elde etme aşamasına geçildi.

Bilgisayarın hafızasına kaydedilen bu sahneler bölüm bölüm çağırılarak render işlemine bırakıldı. Bu işlemde uygulayıcının ilk komutları vermesinden başka bir işlevi yoktur. Sadece gerekli olan değerleri ve özellikleri girer ve sonucun çıkmasını bekler. Bu işlem süresince bilgisayara müdahale edemez. Bilgisayar bütün verileri değerlendirerek, istenilen çözünürlük (Resolution) ve görüntü formatında sonucu ortaya çıkarır.

Hazırlanan sahnelerin, Targa grafik kartı kullanılması ve görüntü birleştirme aşamasında Adobe Premier görüntü-ses birleştirme ve efekt yazılımının kullanılacağı

göz önüne alınarak, görüntülerin 720x576 çözünürlükte, Targa MPEG Avi formatında render işlemi yapıldı ve bilgisayarın hafızasına kaydedildi.

1.5. Birleştirme ve Özel Efektler

Elde edilen ve bilgisayarın hafızasına kaydedilmiş görüntüleri birleştirme aşamasında “Adobe Premier v4.2” görüntü-ses birleştirme ve efekt yazılımı kullanıldı. Bu yazılımın içerisinde mevcut olan görüntü ve ses efektlerini uygulamada yeterli olması, hareketli görüntüleri özel grafik kartı yardımıyla, bilgisayar ortamından video gösterim ortamına gerçek zamanda aktarabilme özelliği bu yazılımın seçilmesinde belirleyici bir neden oldu.

Hazırlanmış hareketli görüntüler, bilgisayarın hafızasından, yazılımın video bölümüne çağırıldı. Çekim senaryosu ve öykü akış şemasına bağlı kalınarak görüntüler arasında “kesme” ve “mix” geçişleri uygulandı. İstenmeyen bölümler görüntüden çıkarıldı. Görüntülerin birleştirilmesinde hareketin tamamlandığı bir ortamdan farklı bir hareketin geçtiği ortama geçişlerde “mix”, aynı ortamda, farklı görüntü açılarına geçişlerde “kesme” geçiş işlemleri uygulandı.

Galaxy'nin aşağıya doğru hızlanarak kayma hareketinde görüntü bulanıklığı elde edilmek isteniyordu. Bu etkiden elde edilmek istenen sonuç, kamera bakış açısından elde edilen görüntünün merkezde net, kenarlarına doğru bulanıklaşmasıydı. Amaç doğrultusunda sahnenin bu bölümüne “Radial Blur” efekti uygulandı. 3D Studio MAX yazılımında da bu etkiyi “Motion Blur” yöntemiyle yaratabilmek mümkün olsa da, render işleminin uzun sürmesi nedeniyle, efektin bu aşamada gerçekleştirilmesi düşünülmüştür. Aynı efekt, oda sahnesinden lunapark sahnesine geçişte, yerdeki resimde de kullanıldı. Bir yandan resimden lunaparkın ilk sahnesinin görüntüsüne mix ile geçiş yapılırken, aynı anda “Radial Blur” efektinin kullanımı ile, zaman içinde bir boyuttan başka bir boyuta geçiş etkisi yaratıldı.

Animasyon filminin bazı sahnelerinde ışık parlaması gerekiyordu. Bu özel görüntü efekti, 3D Studio MAX yazılımındaki “Flare” seçeneği ile gerçekleştirilmesine karşılık render işleminin süresini uzatıyordu. Adobe Premier yazılımının “Lens Flare” efektinin de ulaşılmak istenen sonucu vermesi, kontrol edilebilmesi ve daha kısa sürede sonuç elde edilebilmesi üzerine bu efektin uygulanması, görüntü birleştirme aşamasına bırakılmıştı. Çocuğun elindeki oyuncuğun parçacıklara ayrılma anındaki ve daha sonra bu parçacıklara dokunmasından sonraki parlama ile diğer oyuncaklardan havalanan parçacıkların çıkışlarındaki ışık parlamaları . Adobe Premier v.4.0 yazılımının “Lens Flare” efekti ile gerçekleştirildi.

Lunapark sahnesinden tekrar oda sahnesine geçiş, çekim senaryosu ve öykü akış şeması doğrultusunda çocuğun gözünden bir çıkış olarak uygulandı. Bu geçiş, görüntülerin birleştirilme aşamasında gerçekleştirildi. İlk önce lunaparktan çıkış sahnesinin son karesi, durağan olarak bilgisayarın hafızasına atıldı. Adobe Premier yazılımının video bölümüne kameranın gözden çıkarak uzaklaşma sahnesi çağrıldı. Diğer yandan bilgisayarın hafızasına atılan durağan görüntü karesi “Mask” yöntemi ile gözün üzerine oturturuldu. Kameranın geri çekilme hızıyla orantılı olarak zaman içinde küçültüldü. Aynı zamanda da “Mix” yöntemi ile görüntü içinde eritilerek yok edildi. Ortaya çıkan görüntülerin üzerine de “Lens Flare” efekti ile parlama konuldu.

Filmin girişinde, siyah bir ekran görüntüsünden film görüntüsüne geçişte “Fade In”, filmin bitişinde de hareketli görüntüden siyaha geçiş için “Fade Out” geçişleri yöntemleri kullanılarak görüntü birleştirme işlemi tamamlanmış oldu.

Görüntünün ses ile birleştirilme aşamasında da Adobe Premier v4.2 yazılımı kullanıldı. Ancak bazı ses efektlerinin (yankı, derinlik, uzatma-kısaltma vs) elde edilmesinde ve yeni seslerin yaratılmasında diğer yardımcı yazılımlardan yararlanıldı. Sound Force, Voyetra, Music Sculptor v1.4, Gold Wave v2.11, Wired for Sound Pro CD 3.10 gibi yazılımların, yeni seslerin üretimi, efekt yaratma ve ekleme, seslerin üst üste bindirilmesi, ses formatlarının değiştirilmesi gibi işlemlerin gerçekleştirilmesinde, istenilen amaca uygun aşamalarından yararlanıldı. Ayrıca bu yazılımların ses örneklerinde hazır bulunan ses dosyalarından yararlanıldı. İstenilen ses etkisinin

bulunamadığı, parçacıkların hareketleri sahnesi için, değişik kalınlıklarda kesilmiş ince camlardan ve yine değişik boyutlardaki ince borulardan rüzgar çanı edildi. Bunların birbirlerine çarpışmalarından elde edilen sesler, stüdyoda ses bandına kaydı yapıldı. Bu bantlarda ve CD'lerdeki istenen müzik ve sesler bilgisayar ses formatına çevrilerek bilgisayarın hafızasına aktarıldı.

Adobe Premier yazılımının ses bölümüne yerleştirilen bu sesler, görüntüyle eşlenebilecek şekilde yeni bir kurgu aşamasına girdi. Filmde kullanılması kararlaştırılan sesler, görüntü akışındaki yerlerine yerleştirildi. Ses düzeyini alçaltma ve yükseltme gibi etkilerle, "Mix" ve "kesme" gibi geçiş efektleri sesler üzerine uygulandı.

Görüntü ve ses efektlerinin birbirlerini destekleyecek şekilde yerleşiminden ve bu yerleşimle istenilen etkilerin elde edilmesinden sonra, sonucun video gösterim aygıtına aktarımı için ses ve görüntünün aynı format altında birleştirilmesi işlemi gerçekleştirildi. Bu format için ses ve görüntüyü, bir arada ya da ayrı ayrı oynatabilen AVI formatı kullanıldı. Görüntü ve sesin aktarım niteliği için televizyon yayın kalitesinde, 720x576 piksel çözünürlük ve gerçek renk özelliği kullanıldı.

1.6. Medya Gösterim Ortamına Aktarma Aşaması

Avi formatında elde edilen bu ses ve görüntü, bilgisayar ortamında da gösterimi yapılabilmesi mümkünken, daha yaygın bir gösterim aygıtı olarak kullanılan ve görüntülerin uzun yıllar korunabildiği video ortamına aktarıldı. Bu işlem için, görüntü aktarım ve yakalama işlevi olan Targa 2000 Pro Kartı kullanıldı. Bu kartın en büyük özelliği bilgisayar ortamındaki yüksek çözünürlük ve renk kapasitesindeki görüntü ve sesleri, gerçek zamanda (Real Time) video kayıt aygıtına aktarabilmesidir.

Video ortamına aktarılan bu görüntülerle film medya ortamında sunuma hazır oldu.

SONUÇ

Bilgisayarla üretilen karakterlerin canlandırılması, bilgisayar grafiklerinin gelişimiyle bağlantılı olarak büyük bir ilerleme kaydetmiştir. Mühendislik, mimarlık, tıp gibi bir çok alanda gerçekçiliğin yaratılması amacıyla kullanılan üç boyutlu bilgisayarlı animasyon, sinemada gerçekte var olmayan yaratıkların üretilmesi, gerçekleştirilmesi mümkün olmayan doğal ya da doğa üstü olayların gösterimi ve özel efektlerin uygulanmasında kullanılmaktadır. Üç boyutlu animasyondaki olumlu gelişmeler, sinema yönetmenlerinin ilgisini çekmiş ve daha önceleri insanlara uygulanan makyaj ya da maketler aracılığı ile elde edilen varlıkların benzetimini, bilgisayar aracılığı ile gerçekleştirme yoluna gitmişlerdir. Bu yolla pek çok film üretilmiş, gerçek görüntülerin bilgisayarla elde edilen görüntülerle birleştirilmesi sonucunda izleyiciler, gerçek ve gerçek olmayan arasındaki ayrımı fark edemez duruma gelmiştir. Bir havuzdaki suyun kabarak insan yüzünü oluşturması, dinazorların şehir içinde dolaşmaları, uzayın derinliklerine seyahatler artık izleyicilerin alışageldikleri görüntüler olmuştur. Bu tür gerçekçi etkilerin yaratılması dışında, geleneksel animasyon yöntemlerinin bilgisayarlı üç boyutlu animasyona uyarlandığı, “Toy Story” ve “Ant-Z” gibi tamamı bilgisayar animasyonu ile üretilen uzun metrajlı filmler de gerçekleştirilmiştir.

Bilgisayarlı animasyon filmlerinin yaratma süreci, bir fikrin ya da öykünün senaryosunun yazılmasıyla başlar. Senaryonun doğrultusunda, çekim senaryosu hazırlanır ve buna bağlı olarak da öykü akış şeması çizilir. Bu aşamalardan sonra modellemesi gerçekleştirilen nesne ve karakterlerin, renk ve doku özellikleri belirlenir. Çekim senaryosu ve öykü akış şeması doğrultusunda sahnede yer alan nesne, karakter ve kamera gibi objelerin hareketleri verilir. Sıvaması sonucunda elde edilen görüntülerin, çekim senaryosu ve öykü akış şemasına göre birleştirilmesi, özel görüntü ve ses efektlerinin eklenmesi ile video gibi gösterim araçlarına aktarılır ve böylece bilgisayarda üç boyutlu film üretme işlemi tamamlanmış olur. .

Çalışmanın amacı doğrultusunda uygulaması gerçekleştirilen, “Bir Başına Oyun” filminin üretiminde de, yukarıdaki aşamalardan geçilmiştir. İlk başta filmin

senaryosu yazılmış, senaryo doğrultusunda çekim senaryosu hazırlanmış ve buna bağlı olarak da öykü akış şeması çizilmiştir. Modellerin üretilmesinden kurgu aşamasına kadar olan süreçte, 3D Studio MAX yazılımı kullanılmıştır. MAX' in kullanımındaki esneklik, sahne içinde yer alacak nesne, kamera, ışık, renk gibi malzemelerin kolay işlemlerle uygulanması ve değiştirilmesi, bu değişimlerin her birinin anime edilmesi, bu yazılımın, uygulamada tercih edilme sebeplerindedir. Ayrıca farklı firmaların ve kişilerin hazırladığı, bu yazılımı destekleyici ve yazılıma ilave edilebilir özellikli yüzlerce küçük yazılımlarından (Plug-in) yararlanabilme özelliği 3D Studio MAX'i kullanmak için geçerli bir sebep olmuştur.

Modellerin oluşturulmasında, ağırlıklı olarak, ağ örgü yüzeyler kullanılmıştır. İki boyutlu yüzeylerden “extrude“ yöntemi ile üretilen nesnelerin birleştirilmesiyle, modellerin oluşturulması yoluna gidilmiştir. “Free Form Deformation” yöntemiyle de, üretilen nesnelere üzerinde değişimler yapılarak, farklı yapıdaki nesnelere elde edilmiştir. “Lofting” yöntemi ile eğri yollar üzerinde yer alması gereken yüzeylerin oluşturulması sağlanmıştır. Aynı bir model tasarımı olarak parçacık sistemleri kullanılmıştır. 3D Studio MAX yazılımının kendi bünyesinde bulunan “Spray” parçacıklarının dışında, ek bir yazılım olan “Sand Blaster” plug-in'i kullanılmıştır.

Modelleme ve modellerin yüzey niteliklerinin belirlenmesi aşaması bir arada gerçekleştirilmiştir. Renk ve doku özellikleri belirlenerek, modelleri oluşturulan nesne ve karakterlerin yüzeylerine atanmıştır. Desen tanımlama yöntemleri olarak doku, tümsek, şeffaf, yansımaya tanımlamaları kullanılmış, bu yapılardan farklı olarak işlemsel doku özelliklerinden yararlanılmıştır.

Modelleri oluşturulan ve yüzey nitelikleri belirlenen nesnelere daha sonra kullanılmak üzere bilgisayarın kütüphanesine kaydedilmiş, sahne düzenleme aşamasında, aynı ortam içine çağırılarak bir araya getirilmişlerdir. Sahne düzenleme işlemi, öykü akış şeması doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Filmde çocuğun odasında ve lunaparkta olmak üzere iki ayrı mekan kullanılmıştır. Her iki mekanda da aynı modellerin yanı sıra, aynı modelin üzerinde bir takım değişiklik yapılarak ortak olarak kullanılan modeller de kullanılmıştır.

Işık kaynaklarıyla aydınlatma düzeni de kurulan sahnenin düzenlenmesi tamamlandıktan sonra, nesne ve karakterlerin hareketlendirilmesi aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada çocuk karakterinin hareketlendirilmesi, 3D Studio MAX'e ait bir plug-in olan "Character Studio" ile gerçekleştirilmiştir. Character Studio, ters kinematik yöntemine dayanan ve karakterlerin hareketlendirilmesinde kolaylıklar sağlayan bir yazılım olması tercih sebebi olmuştur. Ayak izi temelli canlandırmaya dayanan "Biped" ile ana hareketler verilmiş, bu hareketler üzerinde daha sonra serbest form yöntemiyle düzeltmeler yapılmıştır.

Sihri oluşturan küçük yıldızları üretmede kullanılan "Sand Blaster" plug-in yöntemi ile yine kendi yapısında ürettiği parçacıklar hareketlendirilmiştir. Oluşturulmuş üç boyutlu bir nesneyi ya da grupları kendi yapısı içinde belirlenmiş küp, küre, üçgen prizma gibi küçük nesnelere ayırarak, tekrar bir başka nesne üzerinde birleşebilmesi ve o nesnenin yapısını oluşturabilme özelliği, animasyonun bu bölümünde "Sand Blaster" parçacık üreticisinin seçilme nedenini belirlemiştir.

Lunaparktaki mekanik harekete sahip eğlence araçlarının hareketlendirilmesi "move", "rotate" gibi basit dönüşümlerle gerçekleştirilmiş, anahtar kare yöntemi uygulanmıştır. Belli bir doğrultuda ilerlemesi gereken araçların hareketlendirilmesinde "Path" izleme yöntemi uygulanmıştır.

Film süresince tür olarak farklı iki çeşit kamera kullanılmıştır. Kameranın biri, belirlenmiş bir yol üzerinde ilerleyen ve genel çekimleri görüntüleyen "genel kamera", diğeri ise çocuğun bakış açısından görüntü veren "özel Kamera"dır.

Hazırlanan sahnelerin hareketleri tamamlandıktan sonra, üç boyutlu olarak üretilen modellerin sıvanması işlemine geçilmiştir. Uygulamanın gerçekleştirildiği bilgisayar donanımında, Targa grafik kartı kullanılması ve görüntü birleştirme aşamasında Adobe Premier görüntü-ses birleştirme ve efekt yazılımının kullanılacağı göz önüne alınarak, görüntülerin 720x576 çözünürlükte, Targa MPEG Avi formatında render işlemi yapılmış ve bilgisayarın hafızasına kaydedilmiştir..

Görüntünün ses ile birleştirilme aşamasında da Adobe Premier v4.2 yazılımı kullanılmıştır. Bazı ses efektlerinin elde edilmesinde ve yeni seslerin yaratılmasında yardımcı yazılımlardan yararlanılmıştır. Bu yazılımların ses örneklerinde kütüphanelerinde hazır bulunan ses dosyalarından yararlanılmasının yanı sıra, istenilen ses etkisinin bulunamadığı durumlarda, ses stüdyosunda ses kaydı yapılmıştır.

Avi formatında elde edilen bu ses ve görüntü, bilgisayar ortamından, video ortamına aktarılmıştır. Bu işlem için, görüntü aktarım ve yakalama işlevi olan Targa 2000 Pro Kartı kullanılmıştır.

Video ortamına aktarılan bu görüntülerle “Bir Başına Oyun” isimli film uygulaması medya ortamında sunuma hazır hale gelmiştir.

Bu çalışma sonucunda, uygulamalı olarak bilgisayarda gerçekleştirilen, “Bir Başına Oyun” isimli üç boyutlu animasyon filminin, görselleştirilmesi süresince kullanılan yöntem ve teknikler ile çalışmanın amacı doğrultusunda gerçekleştirilmesi planlanan aşamalar birbirini desteklemiştir.

EKLER**EK 1: “BİR BAŞINA OYUN” FİLM SENARYOSU****EK 2: “BİR BAŞINA OYUN” FİLM ÇEKİM SENARYOSU****EK 3: “BİR BAŞINA OYUN” FİLM ÖYKÜ AKIŞ ŞEMASI****EK 4: “BİR BAŞINA OYUN” FİLM SAHNESİNDEN KARELER**

EK 1: “BİR BAŞINA OYUN” FİLM SENARYOSU

Kalabalık şehir gürültüsü içinde çocuk sesleri duyulmaktadır. Arabaların, kornaların, insanların ve çocukların sesleri birbirine karışmıştır. Uzaktan, bir apartmanın pencereleri görünür. Bu pencerelerden birinde hareket eden bir karaltı vardır. Pencereye yaklaşıldığında, camın önünde küçük bir çocuğun, belirsiz hareketler yaptığı görülür. Pencereye iyice yaklaşılır. Çocuğun elinde oyuncak bir araba vardır. Küçük çocuk, umursamaz ve dalgın bir halde oyuncak arabasını bir ileri, bir geri hareket ettirmektedir. Yalnız başınadır ve belli ki çok sıkılmıştır.

Dışarıda araba sesleri arasında belli belirsiz duyulan çocuk sesleri vardır. Çocuk, onlardan uzaktır. Pencere önünde, ama dışarıyla ilgilenmemekte ve elindeki oyuncak sürmektedir. Gözleri bir noktaya dalmış, sanki bir şeyler düşünmektedir. Odasının içinde bir sürü oyuncak vardır. İçeriye girildiğinde oyuncakların bir lunaparktaki eğlence araçlarının maketleri olduğu görülür. Çocuğun elindeki arabanın da, lunaparktaki araçlardan birinin oyuncak olduğu anlaşılır. Yerlerde, çocuğun yapmış olduğu, yarısı boyanmış, yarısı boyanmamış lunapark resimleri vardır. Bir yandan dışarıdaki karmaşa sesleri devam ederken çocuk bunlarla ilgilenmeyerek, sadece oyuncaklarını bir ileri, bir geri sürer.

Çocuğun elindeki arabada aniden bir parlama olur. Çocuk irkilir. Gözlerini oyuncakındaki değişime diker. Oyuncak arabası küçük parçalar halinde bölünmektedir. Küçük parçalar bir yandan bölünür, bir yandan da oldukları yerde yükselirler. Bu parçalar çocuğun gözleri önünde tekrar bir araya gelerek; kendi içlerinde, hareketli, belli bir şekilde kalmayıp değişen sihirli parlak yıldızlar oluştururlar. Çocuk iyice şaşırılmış ve gözleri sonuna kadar açılmıştır. Merak eden bakışlarla, önünde hareket eden parlak yıldızları incelemektedir. Küçük parçacıklardan oluşan yıldızlar, pencere pervazının bir ucuna doğru hareket etmeye başlar. Çocuk daha şaşkınlığını atamamış, meraklı bakışlarıyla onu izler. Yıldızlar pencere önünden süzülerek, odanın ortasına doğru hareket ettiğinde, çocuk da, bakışlarını ayırmadan onu takibe başlar. Pencereye

yetişebilmek için çıkmış olduğu sandalyesinden aşağıya atlar. Yıldızlarla birlikte oda içinde ilerlemektedir. Hareketleri yavaş ve temkinlidir. Gözlerini onlardan ayırmaz.

Parlak yıldızlar, odanın ortasına geldiğinde durur. Küçük, yüzlerce parçadan oluşmuştur. Her biri farklı renkte, gökkuşağının renklerini andıran yıldızlar, çocuğun gözlerinin önünde dönüp durmaktadır. Yıldızların yanına gelince, çocuk da durur. Onlara dokunmak ister. Tedirgin bir şekilde, elini onlara doğru uzatır. Hareketleri oldukça yavaştır ve gözlerini sihrin üzerinden ayırmamaktadır. Çocuğun eli yıldızlara değdiği an, yıldızlarda, gözleri kamaştıracak bir ışık belirir. Yıldızları oluşturan parçacıklar havaya doğru dağılırlar. Çocuk bakışlarını parçacıklardan ayırmadan onları izler. Parçacıklar yükseldikten sonra dağılarak yere düşerler. Düşen parçacıklar yerde bir araya gelirler ve çocuğun yapmış olduğu lunapark resimleri arasında bir resim daha oluştururlar. Çocuk olayların gelişimini şaşkınlık içinde izlerken, odanın içinde başka hareketler başlar. Etrafındaki oyuncaklarda da parlamalar oluşur. Oyuncaklarının her birinden yüzlerce pırıltı çıkan parçacıklar, ışıklar saçarak çocuğun üzerine doğru havalanır. Çocuk kendini koruma güdüsüyle ellerini havaya kaldırır. Onlar etrafında dolaşırken onlara dokunmaya çalışır. Parçacıklar çocuğun etrafında dolaşıp, daha önceki parçacıkların oluşturdukları resmin içine girmeye başlarlar. O an çocuk da küçük parçacıklara ayrılmaya başlar ve diğer parçacıklarla birlikte resmin içine girmeye başlar.

Çocuğun resme girişiyle birlikte ortam değişir, lunaparka geçilir. Çocuk lunapark eğlence araçlarının içindedir ve bu araçları kullanmaktadır. Etrafta çeşitli lunapark eğlence araçları vardır. Her birine tek tek biner. Çarpışan otolara, galaxy'e, uçan salıncaklara, dönme dolaplara..

Sırayla eğlence araçlarına binmeye başlar. Bağırış, kahkaha ve çığlık sesleri duyulmaktadır fakat etrafta hiç kimse yoktur. Çocuk her yerde ve her oyuncağa bindiğinde tek başınadır. Kendi ellerinden, ayaklarından başka hareket eden canlı yoktur. Birden lunaparktan geri çekilmeye başlar ve lunaparkın giriş kapısından geri çıkarken kapı büyük bir gürültüyle kapanır. Lunapark iyice gerilerde kalır. Çığlıklara, kahkahalara araba sesleri karışır. Korna ve siren sesleri duyulur. Gürültü artar.

Çocuğun gözünde bir ışık parlar ve söner. Çocuk evinde görünür. Aynı apartmanın, aynı penceresi önündedir. Tek başına, oyuncak arabasıyla oynamaktadır. Çocuktan ve pencereden, geri olarak uzaklaşılır.

EK: 2 “BİR BASINA OYUN” FİLM ÇEKİM SENARYOSU

Çekim			
No:	Görüntü	Müzik	Efekt
			FADE-IN
	FADE-IN		CADDE GÜRÜLTÜLERİ
1	Bir apartmanın pencereleri. Birinde hareket eden karaltı. Zoom-in karaltı olan pencere		
	MIX		
2	Tek pencere. Belli belirsiz cam önündeki çocuk.	FADE-IN 1.MÜZİK	
	MIX		
3	Pencere. Oda içi. Cam önünde çocuk. Arka planda oyuncaklar algılanıyor.		
	MIX		
4	Oyuncak arabasıyla oynayan çocuk		
	KESME		

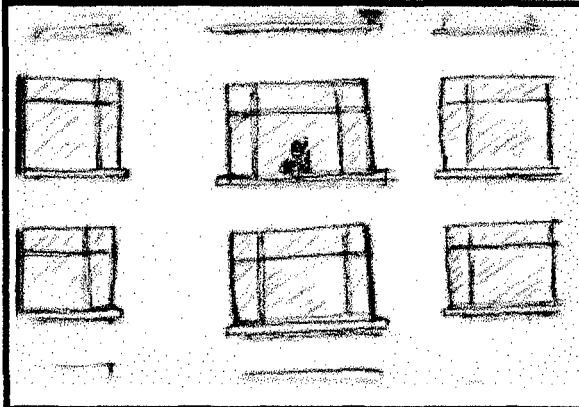
Çekim			
No:	Görüntü	Müzik	Efekt
5	Kamera oda içinde gezer. Yatak, duvar resimleri ve oyuncakları görünür. MIX		
6	Çocuğun dolabı, oyuncak at ve dönme dolap görünür. KESME		
7	Çocuk oyuncakıyla oynamayı sürdürür. KESME		
8	Halı üzerinde çocuğun yaptığı resimler görünür. MIX		
9	Oyuncak at görüntüye girer. MIX		
10	Oyuncak dönme dolap görüntüye girer. MIX		

Çekim			
No:	Görüntü	Müzik	Efekt
11	<p>Elini başına dayamış çocuk. Parlama ile çocuğun elindeki araba rengarenk yıldız öbeğine dönüşür. Çocuğun şaşkın yüzü. Yıldız öbeğinin hareketini izleyen kamera. Çocuk yıldızları gözüyle takip ederek sandalyesinden aşağı atlar. Yıldızlara doğru elini uzatır. Parlama olur. Yıldız öbeği önce yukarı yükselir. Ardından çocuğun yaptığı resimlerin arasına dökülerek bir resim oluşturur.</p> <p style="text-align: center;">KESME</p>		<p style="text-align: center;">MIX RÜZGAR ÇANI</p>
12	<p>Önde oyuncaklar, arkada şaşkın yüzüyle yıldızları izleyen çocuk. Çocuğun etrafında dönmeye başlayan yıldız öbeği. Çocuk, ayaklarından başlayarak, yıldız öbeğinin oluşturduğu resim içinde kaybolur. Resim yakından görülür. Netlik bozulur.</p> <p style="text-align: center;">MIX</p>	<p style="text-align: center;">FADE-OUT</p>	<p style="text-align: center;">MIX</p>

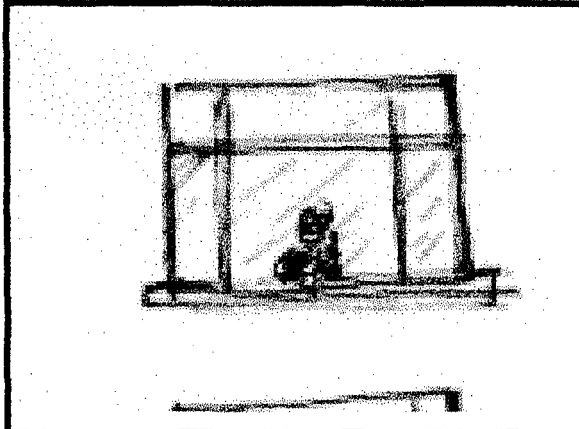
Çekim			
No:	Görüntü	Müzik	Efekt
13	Ön planda arabada oturan çocuğun elleri. Arka planda lunapark görüntüsü. MIX		LUNAPARK SESLERİ
14	Ön planda çarpışan otoparkta oturan çocuğun elleri. Arka planda lunapark görüntüsü. MIX		
15	Çarpışan otolar. Lunaparkın farklı bir bölümü. Dönme dolap. MIX	FADE-IN 2.MÜZİK	
16	Dönme dolaptan lunapark genel görünümü. MIX		
17	Uçan sandalyeler. Çocuğun elleri ve ayakları. Uçan sandalyelerden lunaparkın farklı genel görünümü. MIX		

Çekim			
No:	Görüntü	Müzik	Efekt
18	Lunaparktan genel görüntü. Atlı karınca. MIX		
19	Lunaparkın giriş-çıkış yolu, kapısı ve kapanan kapılar. MIX	MIX 1.MÜZİK 	MIX CADDE GÜRÜLTÜLERİ
20	Çocuğun gözbebeği. Açılıp kapanan uykulu gözler. Pencere. Apartmanın genel görüntüsü. FADE-OUT	FADE-OUT	FADE-OUT

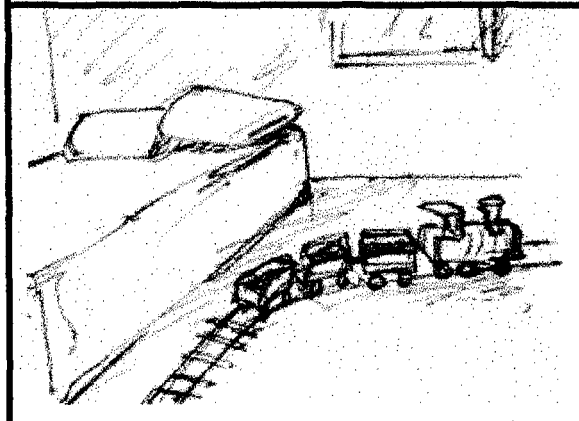
EK: 3 "BİR BAŞINA OYUN" FİLM ÖYKÜ AKIŞ ŞEMASI



- **Görüntü : Fade-in**
- Uzaktan görünen bir bina
- **Kamera:** Pencerenin birine yavaş yavaş yaklaşılır.
- **Ses:** (Fade in) Araba sesleri, kalabalık insan gürültüsü, çocuk haykırırları
- **Mix**



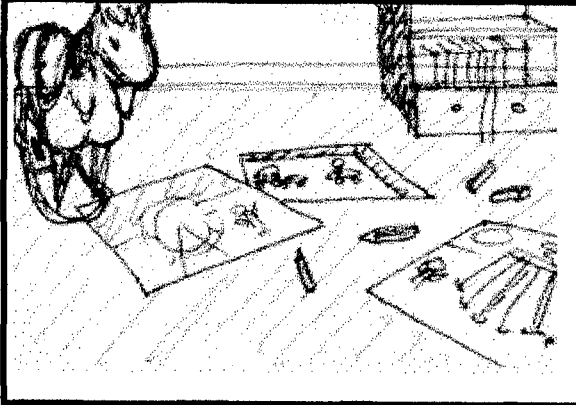
- **Kamera:** Çocuğa yaklaş
- **Ses:** Araba sesleri, kalabalık insan gürültüsü, çocuk haykırırları devam
- **Müzik:** Fon müziği -1- fade-in'le girer.
- **Kesme**



- **Kamera:** Çocuğun odasının içinden detaylar
- **Ses:** Araba sesleri, kalabalık insan gürültüsü, çocuk haykırırları devam
- **Kesme**



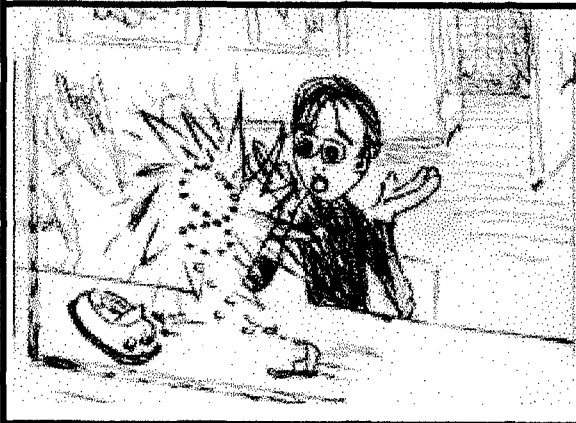
- **Kamera:** Çocuğa yaklaş
- **Ses:** Araba sesleri, kalabalık insan gürültüsü, çocuk haykırırları devam
- **Kesme**



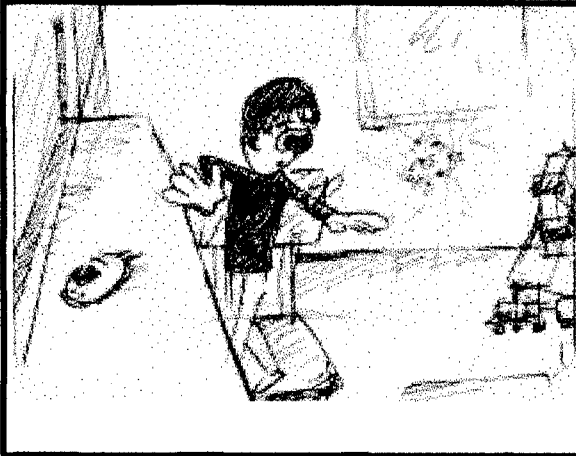
- **Kamera:** Çocuğun odasının içinden detaylar
- **Ses:** Araba sesleri, kalabalık insan gürültüsü, çocuk haykırıışları devam
- **Kesme**



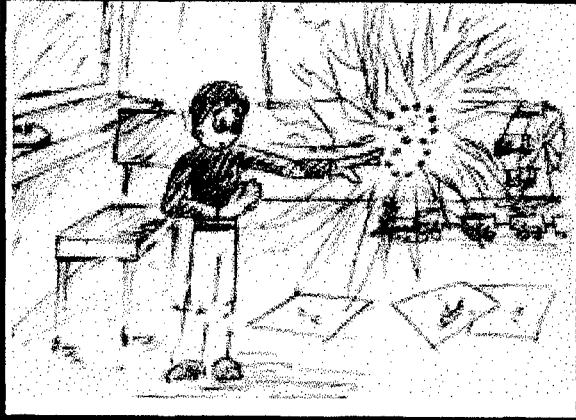
- **Kamera:** Sabit, çocuğa yakın bir açı
- **Ses:** Araba sesleri, kalabalık insan gürültüsü, çocuk haykırıışları devam



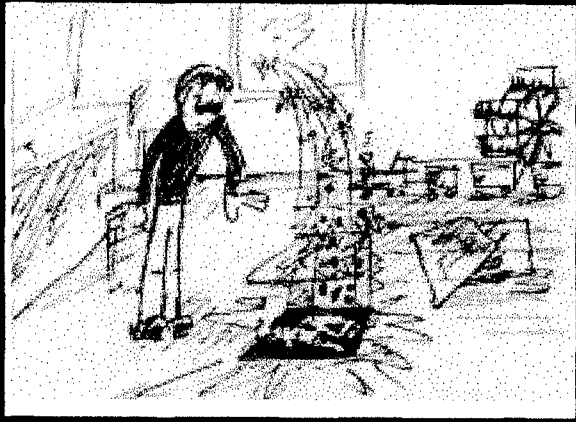
- **Kamera:** Sabit
- **Ses:** Araba sesleri, kalabalık insan gürültüsü, çocuk haykırıışları devam yavaş yavaş fade out
- **Ses:** Zil sesi efekti uygulanacak
- **Müzik:** Fon müziği -1- (ses hafif yükselecek)



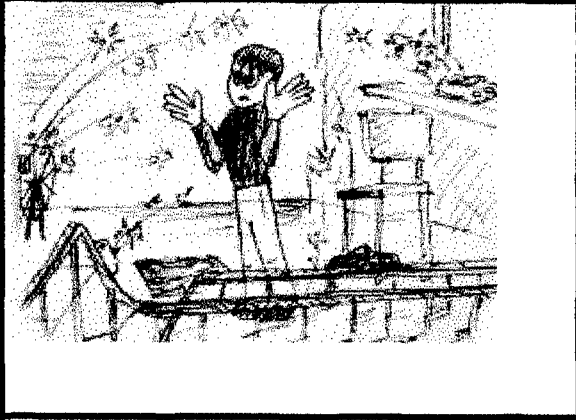
- **Kamera:** Camın içerisinden geçerek, odanın içine doğru hareket (sihri takip edecek)
- **Ses:** Sihrin çingirtısının sesi



- **Kamera:** Odanın içinde harekete devam (yavaş)
- **Ses:** Sihir çingirtı sesi devam
- **Ses:** Zil sesi



- **Kamera:** Çocuğun karşısına gelince dur (hareket yavaş)
- **Ses:** Çingirtı sesleri yükselir.
- **Kesme**



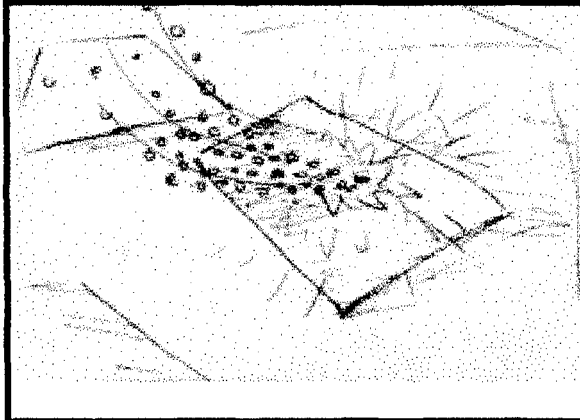
- **Kamera:** Odanın başka bir bölümünden, çocuğun karşısı açısına geç. Çocuğa yaklaş.
- **Ses:** Çingirtı ses sayısı artar.



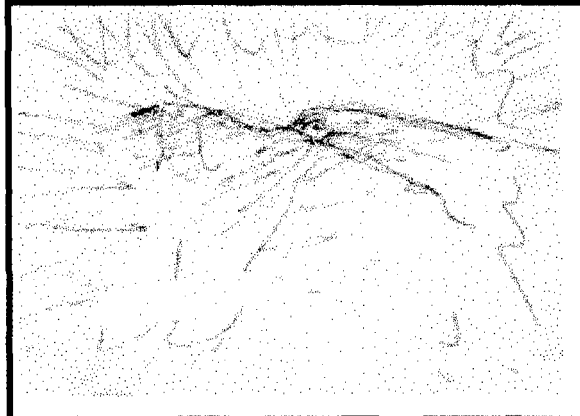
- **Kamera:** Çocuğa yaklaş.
- **Ses:** Çingirtı sesleri devam.



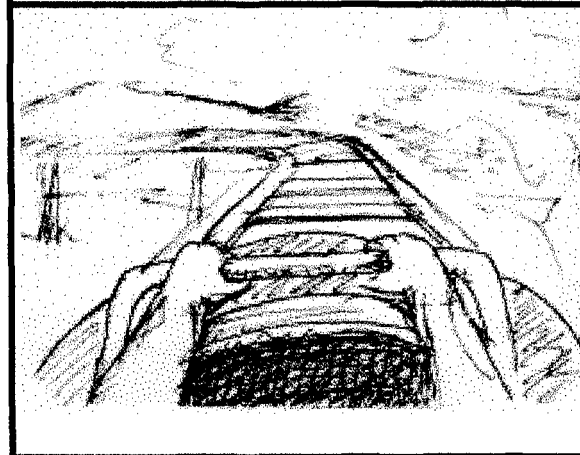
- **Kamera:** Çocuğa başının üstünden yanına yaklaş.
- **Ses:**Çıngırtı sesleri devam.



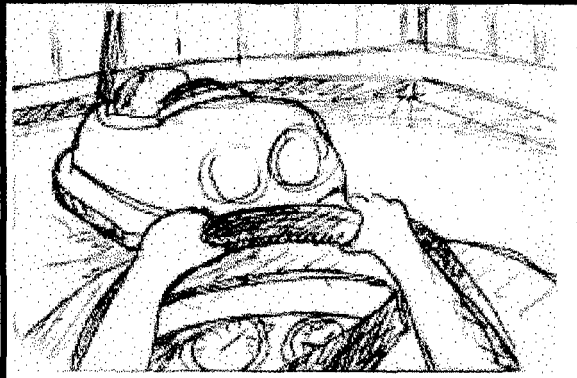
- **Kamera:** Çocuğa başının üstünden arkasına doğru geç. (Yerdeki resim görülecek)
- **Ses:**Çıngırtı sesleri devam.
- **Ses:** Zil sesi (parlama için)



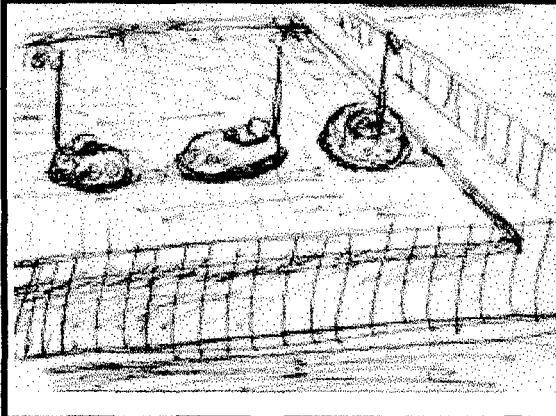
- **Kamera:** Resmin içine doğru hareket.
- **Mix** -(Resmin merkezine odaklı Motion blur efekti.)



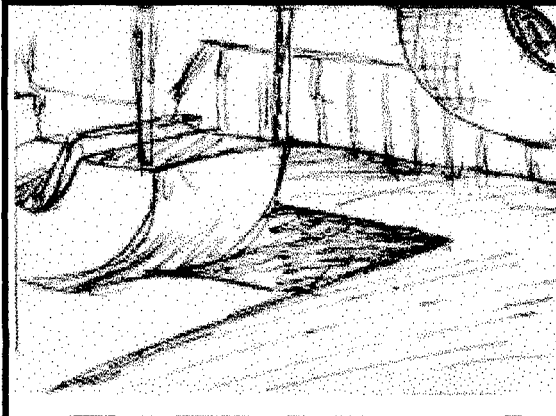
- (Motion blur efekti sona erer)
- Çocuk lunaparkta ve galaxye binmiştir
- **Kamera:** Çoğun gözünden bakıyormuş gibi onun bakış açısına geçer
- **Müzik:** Fon müziği -1- fade-out
- **Ses:** galaxi sesi fade in
- **Mix**



- Çocuk çarpışan arabanın içindedir.
- **Kamera:** Çoğun gözünden bakış açısına devam, elleri ve çevresi görülür.
- **Ses:** Çarpışan araba sesleri, ortam efektleri.
- **Mix**



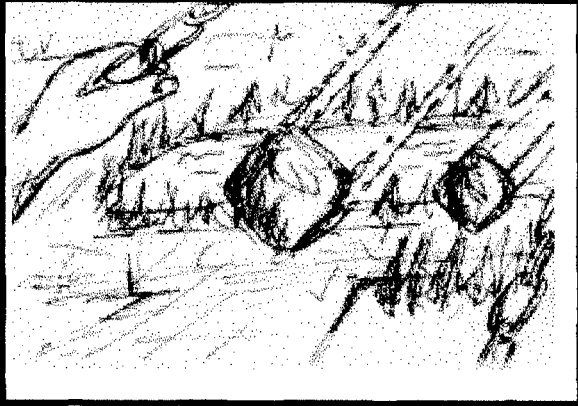
- **Kamera:** Çarpışan arabalardan geriye doğru, hafif yükselerek uzaklaşır.
- **Müzik:** Atlı karınca müziği (fade-in)
- **Ses:** Çocuk çığlıkları, kahkahalar (fade-in)



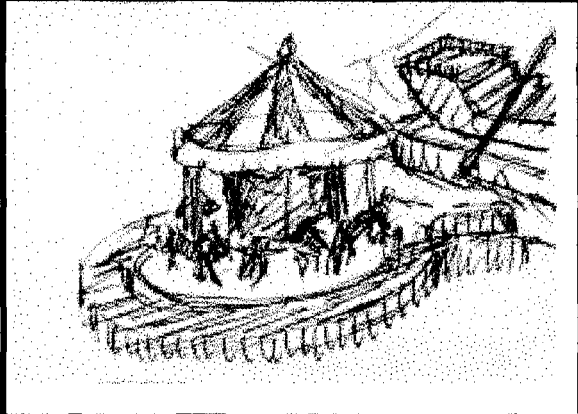
- **Kamera:** Geri hareket devam.
- Görüntüye dönme dolap girer.
- **Miz**



- Çocuk dönme dolaptadır.
- **Kamera:** Tekrar çocuğun gözünden bakış açısına geçer. Elleri görülmektedir. Etrafına bakınır, görüntüye lunaparktan detaylar girer.
- **Mix**



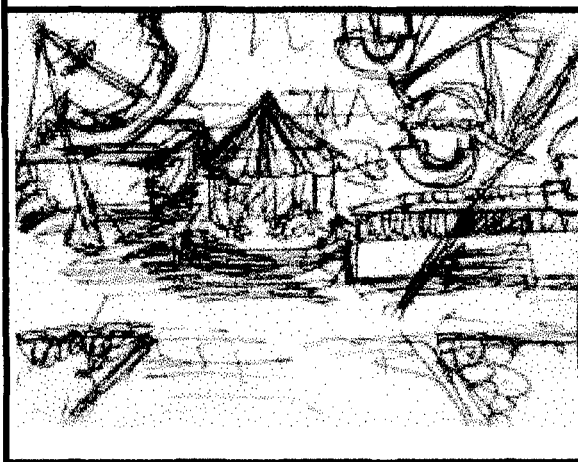
- Çocuk sekolindedir
- **Kamera:** Çoğun gözünden bakış açısına devam. Elleri görülmektedir. Lunaparktan görüntülere devam. Bir ara ayakları da görülür.
- **Mix**



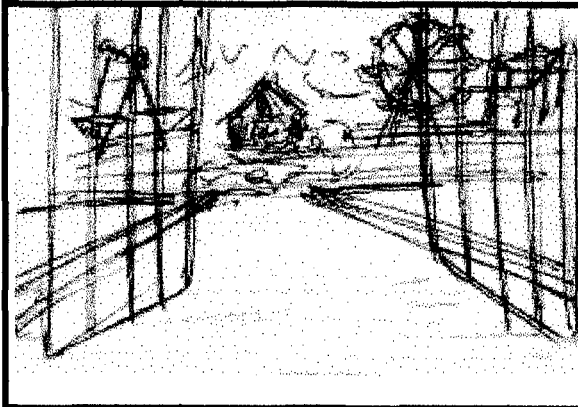
- **Kamera:** Lunapark içinde ileri doğru bir hareketle atlıkarıncaya yaklaşır.
- **Müzik:** yaklaştıkça Fon-2- müziğinin sesi yükselir.
- **Mix**



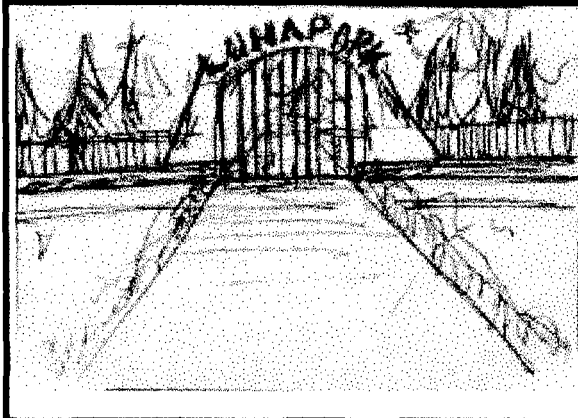
- **Kamera:** Lunapark içinde ileri doğru bir hareketle atlıkarıncaya yaklaşır.
- **Müzik:** yaklaştıkça Fon-2- müziğinin sesi yükselir.
- **Mix**



- **Kamera:** Lunaparkın genel bir görüntüsü içinden geriye doğru hareket başlar
- **Müzik:** Uzaklaştıkça Fon-2- müziğinin sesi azalır (Fade-out)



- **Kamera:** Lunaparktan geriye doğru hareket devam. Görüntüye lunaparkın kapanan kapıları girer.
- **Ses:** Havuz yanından geçerken su fıskiyesi sesi girer ve çıkar.
- **ses:** Demir kapı kapanma sesi.
- **müzik:** Fon-1- müziği Fade-in



- **Kamera:** Lunaparktan geriye doğru harekete devam. Kapılar kapanır, lunaparktan iyice uzaklaşılır.
- **Müzik:** Fon-1- müziği yükselir.

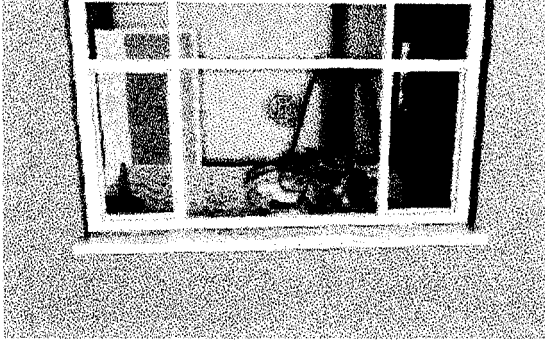


- **Kamera:** Geriye doğru harekete devam.
- **Görüntüye bir göz girer.** Lunaparkın görüntüsünün yansıması gözün içindedir.
- **Ses:** Araba sesleri girer.

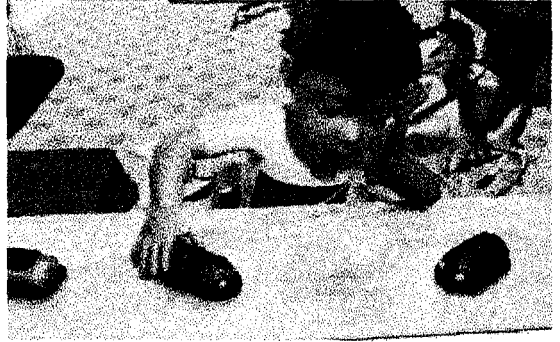


- **Kamera:** Geriye doğru harekete devam.
- **Ses:** Araba gürültülerine kalabalık .insan sesleri, çocuk haykırırları katılır.
- **Müzik:** Fon-1 müziği Fade-out.
- **Görüntü :** Fade-out

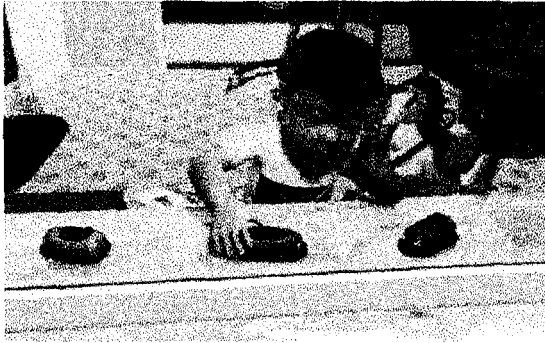
EK 4: "BİR BAŞINA OYUN" FİLM SAHNESİNDEN KARELER



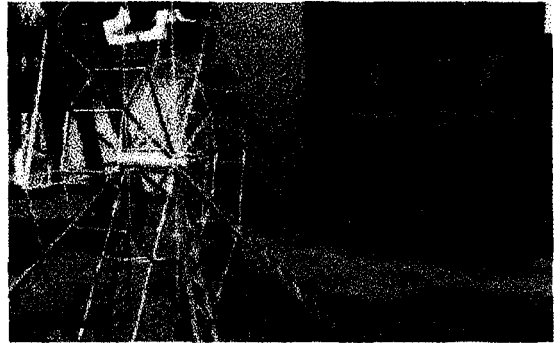
1



5



2



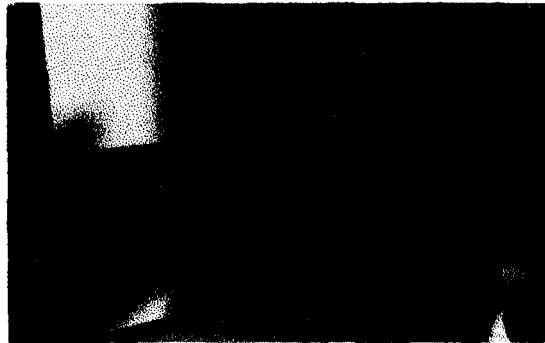
6



3



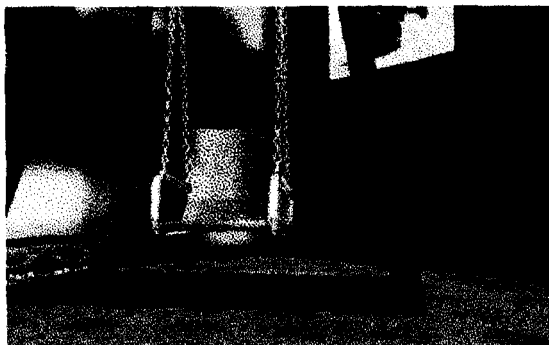
7



4



8



9



13



10



14



11



15



12



16



17



21



18



22



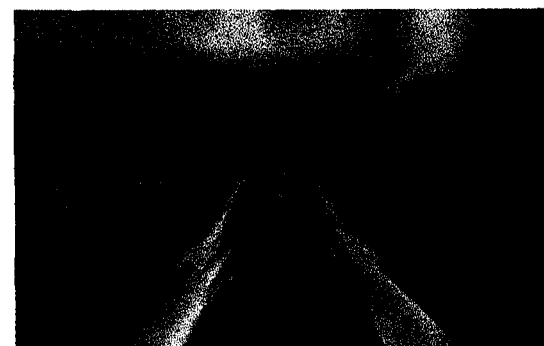
19



23



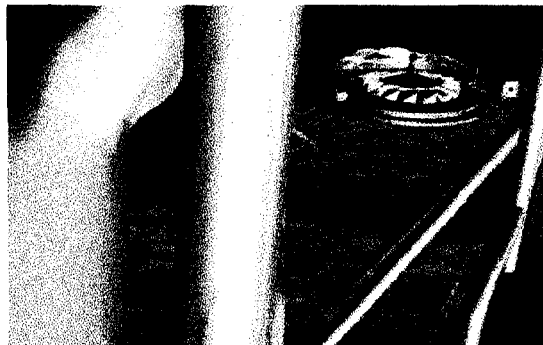
20



24



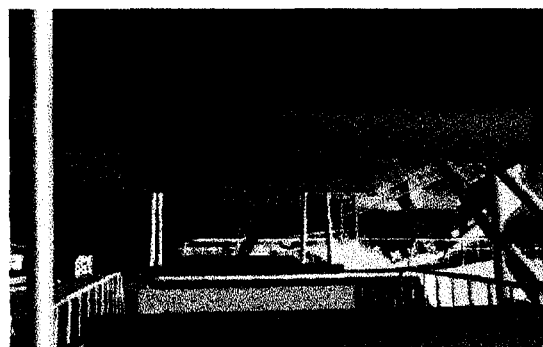
25



29



26



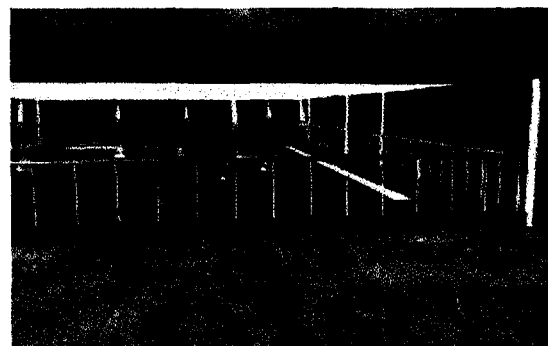
30



27



31



28



32



33



37



34



38



35



39



36



40

KAYNAKÇA

- Cybulski, Krys & David Valentine. "Digitizing", **Traditional Methods**, http://www.bergen.org/AAST/ComputerAnimation/CompAn_Graphicx.html, Mart 1998.
- Gürsaç, Yücel. "Üç Boyutlu Bilgisayarlı Animasyon ve Yaratıcılık İlişkisi." Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Haziran 1993.
- Kafalı, Nadi. "Kamera ve İletişim Sanatı Olarak Görüntü", **Kurgu/8**, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, İ.B.Y.O. Yay., 1990.
- Kanbur, Nezh. **3D Studio Max**, 1.Baskı:Hanlar Matbaası, Pusula Yayıncılık ve İletişim Ltd. İstanbul,1998.
- Karatimur, Birnur. "Yeşil Bulut.",Yayınlanmamış Sanatta Yeterlik Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 1998.
- Kerlow, Isaac Victor & Judson Rosebush. **Computer Graphics for Designers & Artists**, New York:Van Nostrand Reinhold.
- Köküer, Münevver. **Bilgisayarla Grafik**, Eğitim Sağlık ve Bilimsel Araştırma Çalışmaları Vakfı Yayınlar, No:138, Eskişehir, 1998.
- Morrison, Michael. "Advances of the 1970s", <http://www.disney.com/DisneyVideos/ToyStory/about/history/history.html>, Mayıs 1998.
- Onar ,Özer Mustafa. "Gerçek Gibi", **Bilgisayar**, Eylül 1992.

“Gerçeğe Yakın Görüntüler”, **Sistem Otomasyon/19**, Temmuz-Ağustos 1992.

Owen, Scott. ”Particle Systems”, **Computer Animation**, <http://www.education.siggraph.org/materials/hypergraph/animation/particle.html>, Temmuz 1998.

Özenli, Hilmi. **Elektrik-Elektronik Nükleonik-Bilgisayar Terimleri Sözlüğü**, İstanbul:Universal Sözlük ve Kaynak Yay., 1992.

Özgüç, Bülent. “Bilgisayar Grafiğinde Donanım”, **Bilim ve Teknik / 325**, Aralık 1994.

Parent, Rick. **Computer Animation:Algorithms and Technics**, <http://www.cis.ohio-state.edu/parent/book/outline.html>, Temmuz 1998

Robertson, Barbara. “Feature: Toy Story: A Triumph of Animation”, **CGW Magazine**, August 1995, <http://207.137.152.31/cgw/Archives/1995/08/08stry1.html>.

Türün, Cemil Şinasi, “Aktör Pixeller”, **Çözüm/1**, 1991.

Wershing, Stephen and Paul Singer. **Computer Graphics and Animation for Corporate Video**, Knowledge Industry Publications Inc., White Plains, NY.,1988.

Yanaşık, Tolga. “3 Boyutlu Animasyon”,**PC Magazin**, Eylül 1996

Zenger, Yılmaz. “Canlandırmada Zaman”, **Sanal Gazete**, Eylül 97.

“3D Studio MAX R2’nin NURBS Modelleme araçları”, **Sanal Gazete**, Mart 1998.

Araştırma. “Tasarımda ve Üretimde Bilgisayar”, **Bilgisayar**, Ocak 1989.

Autodesk. **3D Studio-Release 2 Reference Manual**, Autodesk Inc., Publication,1992.

“Character Studio”, **Sanal Gazete**, <http://www.sayisal.com.tr>, Eylül 1998.

“Fun Stuff”, **Pixar Animation Studios**, http://www.pixar.com/funstuff/sh_video_descrip.html.

Redhouse, **İngilizce-Türkçe Sözlük**, Redhouse Yayınevi, Onyedinci Basım: Aralık 1990.

Resimli Terimler Sözlüğü. **Siber Uzay Sözlüğü**, Çeviren: Özden Arıkan ve Ömer. Çendeoğlu, Birinci Baskı, Haziran 1997.

Tanıtım Broşürü. **Character Studio R2**, Sayısal Grafik, Referans: <http://www.sayisalgrafik.com.tr>.